

ВЕСТНИК НГАУ

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
VESTNIK NGAU NOVOSIBIRSK STATE AGRARIAN UNIVERSITY



№3(72)
2024

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

ВЕСТНИК НГАУ

Новосибирский
государственный
аграрный
университет

Научный журнал

№ 3(72)2024

Н.Н. Кочнев
главный редактор,
доктор биологических наук,
профессор

Учредитель:
ФГБОУ ВО «Новосибирский
государственный
аграрный университет»

Основан
в декабре 2005 года

Зарегистрирован Федеральной службой
по надзору в сфере связи и массовых
коммуникаций

ПИ № ФС 77-35145
29.01.2009.

Материалы издания
выборочно включаются
в международные базы данных
Agris, Ulrich's Periodicals Directory

Russian Science
Citation Index

Электронная версия журнала
на сайте: www.elibrary.ru

Адрес редакции и издателя:
630039, г. Новосибирск,
ул. Добролюбова, 160, каб. 106
журнал «Вестник НГАУ»
(Новосибирский государственный
аграрный университет)
Телефоны: +7 (383) 264-23-62;
+7 (383) 264-25-46 (факс)
E-mail: vestnik.nsau@mail.ru

Подписной индекс издания 94091
Тираж 500 экз.

Редакционный совет:

Рудой Е.В. – д-р экон. наук, чл.-корр. РАН., ректор ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ, председатель редакционной коллегии (Новосибирск, Россия)

Кочнев Н.Н. – д-р биол. наук, проф., профессор кафедры ветеринарной генетики и биотехнологии ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ, главный редактор (Новосибирск, Россия)

Камалдинов Е.В. – д-р биол. наук, доцент, зам. главного редактора (Новосибирск, Россия)

Члены редколлегии:

Абрамов Н.В. – д-р с.-х. наук, проф., зав. кафедрой почвоведения и агрохимии ФГБОУ ВО Государственный аграрный университет Северного Зауралья (Тюмень, Россия)

Беляев А.А. – д-р с.-х. наук, проф., зав. кафедрой защиты растений ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ (Новосибирск, Россия)

Будажапов Л.В. – д-р биол. наук, директор БурНИИСХ СО РАН (Улан-Удэ, Россия)

Булашев А.К. – д-р вет. наук, профессор кафедры биотехнологии и микробиологии Казахского агротехнического университета им. С. Сейфуллина (Нур-Султан, Казахстан)

Вышегуров С.Х. – д-р с.-х. наук, проф., зав. кафедрой ботаники и ландшафтной архитектуры ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ (Новосибирск, Россия)

Галеев Р.Р. – д-р с.-х. наук, профессор кафедры растениеводства и кормопроизводства ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ (Новосибирск, Россия)

Гамзиков Г.П. – д-р биол. наук, акад. РАН, гл. науч. сотрудник НИЧ ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ (Новосибирск, Россия)

Главендекич М.М. – д-р биотехн. наук, профессор кафедры ландшафтной архитектуры Университета г. Белграда (Белград, Сербия)

Гончаров Н.П. – д-р биол. наук, акад. РАН, гл. науч. сотрудник ФИЦ ИЦИГ СО РАН (Новосибирск, Россия)

Доброворская Н.И. – д-р с.-х. наук, гл. науч. сотрудник СФНЦА РАН (Новосибирск, Россия)

Донченко А.С. – д-р вет. наук, акад. РАН, гл. науч. сотрудник Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий Российской академии наук (Новосибирск, Россия)

Дубовский И.М. – д-р биол. наук, зав. лабораторией биологической защиты и биотехнологии ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ (Новосибирск, Россия)

Жучаев К.В. – д-р биол. наук, профессор кафедры технологии и управления качеством с.-х. продукции ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ (Новосибирск, Россия)

Кауфман О. – д-р аграр. наук, профессор Гумбольдтского университета, факультет естественных наук, Институт сельского хозяйства и садоводства им. Альбрехта Даниэля Тэера, почетный доктор ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ (Берлин, Германия)

Кашеваров Н.И. – д-р с.-х. наук, акад. РАН, руководитель СибНИИ кормов СФНЦА РАН (Новосибирск, Россия)

Коуржил Я. – Ph. D., профессор лаборатории искусственного размножения рыб и интенсивной аквакультуры факультета рыбоводства и охраны вод Южно-Чешского университета (Чешские Будеевице, Чехия)

Кочетов А.В. – д-р биол. наук, акад. РАН, директор ФИЦ ИЦИГ СО РАН (Новосибирск, Россия)

Магер С.Н. – д-р биол. наук, проф., руководитель СибНИПТИЖ СФНЦА РАН (Новосибирск, Россия)

Мейсснер Р. – д-р техн. наук, профессор кафедры управления водообеспечением, Институт сельскохозяйственных наук и проблем питания в Мартин-Лютер университете (Халле-Виттенберг, Германия)

Ноздрин Г.А. – д-р вет. наук, проф., профессор кафедры фармакологии и общей патологии ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ (Новосибирск, Россия)

Нургазиев Р.З. – д-р вет. наук, профессор акад. НАН КР, ректор КНАУ им. К.И. Скрябина (Бишкек, Кыргызстан)

Петухов В.Л. – д-р биол. наук, проф., профессор кафедры ветеринарной генетики и биотехнологии ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ (Новосибирск, Россия)

Поповски З. – д-р аграр. наук, профессор кафедры биохимии и геномной инженерии Университета Св. Кирилла и Мефодия (Скопье, Северная Македония)

Солошенко В.А. – д-р с.-х. наук, акад. РАН, гл. науч. сотрудник СибНИПТИЖ СФНЦА РАН (Новосибирск, Россия)

Шарков И.Н. – д-р биол. наук, ведущий науч. сотрудник ИПА СО РАН (Новосибирск, Россия)

Шейко И.П. – д-р с.-х. наук, акад. НАН Республики Беларусь, первый зам. ген. директора РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству» (Жодино, Беларусь)

Технический редактор *О.Н. Мищенко*

Редакторы *Н.А. Мжельская*

Компьютерная верстка *В.С. Колбин*

Дата выхода в свет 30 сентября 2024 г. Свободная цена.
Формат 60 × 84 1/8. Объем 31,5 уч.-изд. л. Бумага офсетная.
Гарнитура «Times New Roman». Заказ № 2772.

Отпечатано в ИЦ НГАУ «Золотой колос»

630039, РФ, г. Новосибирск, ул. Добролюбова, 160, каб. 106.
Тел. +7 (383) 267-09-10. E-mail: 213-45-39@mail.ru

VESTNIK NGAU

**Novosibirsk
State
Agrarian
University**

Scientific journal

No. 3(72)2024

**H.H. Kochnev
Editor-in-Chief,
Doctor of Biological Sc.
Professor**

**The founder is Federal State State-
Funded
Educational Institution
of Higher Education
“Novosibirsk State
Agrarian University”**

**The journal is based
in December, 2005**

**The journal is registered in the Federal
Service for Supervision in the Sphere
of Communications, Information
Technologies and Mass Media
Certificate PI No. FS 77-35145
29.01.2009.**

**The materials are included
into the database Agris,
Ulrich's Periodicals Directory
on a selective basis**

**Russian Science
Citation Index**

**E-journal is found at:
www.elibrary.ru**

Address:
630039, Novosibirsk,
160 Dobrolyubova Str., office 106
VESTNIK NGAU
of Novosibirsk State Agrarian University
Tel: +7 (383) 264–23–62;
Fax: +7 (383) 264–25–46
E-mail: vestnik.nsau@mail.ru

Subscription index is 94091

Circulation is 500 issues

Editors:

Rudoï E.V. – Dr. of Economic Sc., Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Rector of NSAU, the Chairman of the Editorial Board, (Novosibirsk, Russia)
Kochnev N.N. – Doctor of Biological Sc., Professor, the Editor-in-Chief, Professor at the Chair of Veterinary Genetics and Biotechnology at Novosibirsk State Agrarian University (Novosibirsk, Russia)
Kamaldinov E.V. – Dr. of Biological Sc., Associate Professor, the Deputy of Editor-in-Chief, (Novosibirsk, Russia)

Editorial Board:

Abramov N.V. – Dr. of Agricultural Sc., Professor, the Head of the Chair of Soil Science and Agrochemistry at Northern Trans-Ural State Agricultural University (Tyumen, Russia)
Beliaev A.A. – Dr. of Agricultural Sc., Professor, the Head of the Chair of Plant Protection at Novosibirsk State Agrarian University (Novosibirsk, Russia)
Budazhapov L.V. – Dr. of Biological Sc., the Head of Buryat Research Institute of Agriculture SD RAS (Ulan-Ude, Russia)
Bulashev A.K. – Doctor of Veterinary Sc., Professor at the Chair of Biotechnology and Microbiology at Seifulin Kazakh Agrotechnical University (Nur-Sultan, Kazakhstan)
Vyshegurov S.Kh. – Dr. of Agricultural Sc., Professor, the Head of the Chair of Botany and Landscape Architecture at Novosibirsk State Agrarian University (Novosibirsk, Russia)
Galeev R.R. – Dr. of Agricultural Sc., Professor of the Chair of Crop and Feed Production at Novosibirsk State Agrarian University (Novosibirsk, Russia)
Gamzikov G.P. – Dr. of Biological Sc., Academician of Russian Academy of Sciences, Chief Research Fellow at the Department of Science and Research of Novosibirsk State Agrarian University (Novosibirsk, Russia)
Glavendekich M.M. – Dr. Biological Sc., Professor at the Chair of Landscape Architecture at the University of Belgrade (Belgrade, Serbia)
Goncharov N.P. – Dr. of Biological Sc., Academician of Russian Academy of Sciences, Leading Research Fellow at Research Institute of Cytology and Genetics (Novosibirsk, Russia)
Dobrotvorskaia N.I. – Dr. of Agricultural Sc., Leading Research Fellow at Siberian Federal Research Centre for Agricultural Biotechnology RAS (Novosibirsk, Russia)
Donchenko A.S. – Dr. of Veterinary Sc., Academician of Russian Academy of Sciences, Leading Research Fellow at of Siberian Federal Research Centre of Agriculture and Biotechnology (Novosibirsk, Russia)
Dubovskii I.M. – Dr. of Biological Sc., the Head of the Laboratory of Biological Protection and Biotechnology at Novosibirsk State Agrarian University (Novosibirsk, Russia)
ZhuchaeV K.V. – Dr. of Biological Sc., Professor, Novosibirsk State Agrarian University (Novosibirsk, Russia)
Kaufmann O. – Doctor of Agricultural Sc., Professor at Humboldt University, Faculty of Life Sciences, Albrecht Daniel Thaer - Institute of Agricultural and Horticultural Sciences, Honorary Doctor of Novosibirsk State Agrarian University (Berlin, Germany)
Kashevarov N.I. – Dr. of Agricultural Sc., Academician of Russian Academy of Sciences, Head of Siberian Federal Research Institute of Feed SFSCA RAS (Novosibirsk, Russia)
Kouril Ja. – Ph. D., Professor of the Laboratory of Artificial Fish Propagation and Intensive Aquaculture at the Faculty of Fisheries and Protection of Waters at University of South Bohemia (Ceske Budejovice, Czech Republic)
Kochetov A.V. – Dr. of Biological Sc., Academician of the Russian Academy of Sciences, the Head of Siberian Federal Research Centre for Agricultural Biotechnology (Novosibirsk, Russia)
Mager S.N. – Dr. of Biological Sc., Professor, the Head of Siberian Research Institute of Animal Husbandry (Novosibirsk, Russia)
Meissner R. – Dr. of Technical Sc., Professor at the Department of Water Management, Institute of Agricultural Sciences and Nutrition at Martin Luther University (Halle-Wittenberg, Germany)
Nozdrin G.A. – Dr. of Veterinary Sc., Professor, Professor at the Chair of Pharmacology and General Pathology at Novosibirsk State Agrarian University (Novosibirsk, Russia)
Nurgaziev R.Z. – Dr. of Veterinary Sc., Professor, Academician of the National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic, Rector of Kyrgyz National Agrarian University named after K.I. Skryabin (Bishkek, Kyrgyzstan)
Petukhov V.L. – Doctor of Biological Sc., Professor, Professor at the Chair of Veterinary Genetics and Biotechnology at Novosibirsk State Agrarian University (Novosibirsk, Russia)
Popowski Z. – Doctor of Agricultural Sc., Professor at the Chair of Biochemistry and Genetic Engineering at Ss. Cyril and Methodius University (Skopje, Northern Macedonia)
Soloshenko V.A. – Doctor of Agricultural Sc., Academician of Russian Academy of Sciences, Leading Research Fellow at Siberian Research Institute of Animal Husbandry (Novosibirsk, Russia)
Sharkov I.N. – Leading Researcher at the Institute of Soil Science and Agrochemistry, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences (Novosibirsk, Russia)
Sheiko I.P. – Doctor of Agricultural Sc., Academician of National Academy of Sciences of Belarus, Vice-Head of Animal Husbandry Research Institute at National Academy of Sciences of Belarus (Zhodino, Belarus)

Typing: *Mishchenko O.H.*

Editors *Mzhelskaya M.A.,*

Desktop publishing: *Kolbin V.S.*

Date of publication September 30th 2024. Free price.

Size is 60 × 84 1/8. Volume contains 31,5 publ. sheets. Offset paper is used.

Typeface “Times New Roman” is used. Order no. 2772.

Printed in “Zolotoy Kolos” Publ. of Novosibirsk State Agrarian University
160 Dobrolyubova Str., office 106, 630039 Novosibirsk. Tel.: +7 (383) 267-09-10
E-mail: 2134539@mail.ru

АГРОНОМИЯ

- Белоусова Е.Н., Белоусов А.А., Ульянова О.А.** Оценка пространственной изменчивости агрохимических свойств агросерой почвы при планировании полевого опыта с минеральными удобрениями.
- Болсуновский А.Я., Трофимова Е.А., Орешникова О.П.** Влияние гамма-излучения в малых дозах на развитие растений из облучённых проростков *Pisum sativum* в лабораторных экспериментах.
- Ермошкина Н.Н., Артемова Г.В., Степочкин П.И., Саламатина А.А.** Комплексная оценка адаптивности, стабильности и стрессоустойчивости по урожайности сортов озимой ржи в условиях Западной Сибири.
- Ковтунова Н.А., Ковтунов В.В., Романюкин А.Е., Кравченко Н.С.** Повышение качества зеленой массы сорго с помощью гетерозисной селекции.
- Королева Е.В., Фотев Ю.В.** Интродукция и селекция нового вида кларкии (*C. purpurea*) и разработка методики оценки сортов *Clarkia pursh* на отличимость, однородность и стабильность.
- Лаврищев И.Е., Петров А.Ф., Мирошников П.Н., Краснов С.В., Рыбцов С.А., Староконь М.Е.** Зоогумус как перспективное средство повышения плодородия сельскохозяйственных земель Сибири.
- Марморштейн А.А., Ильницкая Е.Т., Алейникова Г.Ю.** Динамика экстремальных для виноградарства климатических показателей в основных зонах размещения ампелоценозов Краснодарского края.
- Сапега В.А.** Урожайность, сортовое районирование ярового ячменя в Тюменской области и оценка экологической пластичности и стабильности его сортов.
- Сачивко Т.В., Босак В.Н.** Разработка методики оценки хозяйственно полезных признаков иссопа лекарственного.
- Торопова Е.Ю., Колесникова Т.П., Царькова М.Ф.** Листо-стеблевые болезни сои на сортах разных групп спелости в условиях Амурской области.
- Шаталова Е.И., Ходакова А.В., Кондратюк Е.Ю., Ульянова Е.Г., Андреева И.В.** Представители Полужесткокрылых (Nemip-tera) Западной Сибири – возможные агенты биологического контроля фитофагов.
- Шешегова Т.К., Щеклеина Л.М., Носкова Е.Н.** Влияние новых агрохимикатов на развитие грибных болезней ярового ячменя.

ВЕТЕРИНАРИЯ, ЗООТЕХНИЯ
И БИОТЕХНОЛОГИЯ

- Баранова Н.С., Королев А.А., Казаков Д.С.** Влияние различных типов подбора на молочную продуктивность коров костромской породы.
- Бассауэр Г.М., Требухов А.В., Дутова О.Г., Мишина О.С.** Комплексная терапия минерального обмена у служебных собак.

AGRONOMY

- Belousova E.N., Belousov A.A., Ulyanova O.A.** Assessment of spatial variability of agrochemical properties of agro-gray soil when planning a field experiment with mineral fertilizers. **5**
- Bolsunovsky A.Ya., Trofimova E.A., Oreshnikova O.P.** The effect of low-dose gamma radiation on the development of plants from irradiated *Pisum sativum* sprouts in laboratory experiments. **13**
- Ermoshkina N.N., Artyomova G.V., Stepochkin P.I., Salamatina A.A.** Comprehensive assessment of adaptability, stability and stress resistance of diploid winter rye varieties under conditions of Western Siberia. **22**
- Kovtunova N.A., Kovtunov V.V., Romanyukin A.E., Kravchenko N.S.** Improving the green mass quality with the help of heterosis breeding. **32**
- Koroleva E.V., Fotev Yu.V.** Introduction and selection of a new species of *Clarkia (C. purpurea)* and development of a method for evaluating *Clarkia pursh* varieties for distinctiveness, uniformity and stability. **44**
- Lavrishchev I.E., Petrov A.F., Miroshnikov P.N., Krasnov S.V., Rybtsov S.A., Starokon M.E.** Insect frass as a promising remedy of increasing the fertility of agricultural land in Siberia. **65**
- Marmorshtein A.A., Ilnitskaya E.T., Aleynikova G.Yu.** Dynamics of extreme climatic variables for viticulture in the main zones of ampelocenosis of the Krasnodar region. **73**
- Sapega V.A.** Yield, varietal zoning of spring barley in Tyumen region and assessment of ecological plasticity and stability of its varieties. **84**
- Sachivko T.V., Bosak V.N.** Development of a methodology for assessing economically useful signs of hyssop. **96**
- Toropova E.Yu., Kolesnikova T.P., Tsarkova M.F.** Leaf-stem diseases of soybean on varieties of different ripenitity groups in the conditions of the Amur region. **104**
- Shatalova E.I., Khodakova A.V., Kondratyuk E.Yu., Ulyanova E.G., Andreeva I.V.** Bugs (hemiptera) of western siberia possible agents of biological control of phytophages. **113**
- Sheshegova T.K., Shchekleina L.M., Noskova E.N.** Influence of new agrochemicals on the development of fungal diseases of spring barley. **123**

VETERINARY, ANIMAL SCIENCES
AND BIOTECHNOLOGY

- Baranova N.S., Korolev A.A., Kazakov D.S.** Impact of different types of selection on the milk productivity of Kostroma breed cows. **134**
- Bassauer G.M., Trebukhov A.V., Dutova O.G., Mishina O.S.** Complex therapy of mineral metabolism in service dogs. **146**

| | | |
|--|--|------------|
| Богатырева Е.В., Фоменко П.А., Мазилев Е.А., Щекутьева Н.А. Оценка питательности и показателей качества гранулированной витаминно-травяной муки, заготовленной в условиях Вологодской области. | Bogatyрева E.V., Fomenko P.A., Mazilov E.A., Shchekutyeva N.A. Assessment of nutritionality and normative indicators of granulated vitamin-herbal flour for agricultural animals, prepared in the conditions of the Vologda region. | 154 |
| Головань В.Т., Осепчук Д.В., Юрин Д.А., Агаркова Н.В. Изучение связи типа высшей нервной деятельности с молочной продуктивностью коров. | Golovan V.T., Osepchuk D.V., Yurin D.A., Agarkova N.V. Studying the relationship of the type of higher nervous activity with the milk productivity of cows. | 164 |
| Гостева Е.Р., Дунина В.А. Современное состояние молочного скотоводства Саратовской области. | Gosteva E.R., Dunina V.A. Current state of dairy cattle breeding in the Saratov region. | 173 |
| Зайко О.А. Прижизненная малоинвазивная оценка количества железа в печени свиней. | Zaiko O.A. Lifetime minimally invasive assessment of iron in the pig liver. | 185 |
| Климанова Е.А., Коновалова Т.В., Короткевич О.С., Петухов В.Л. Распределение генотипов по локусу гена дифференциального фактора роста 9 (GDF-9) в популяции овец романовской породы. | Klimanova E.A., Konovalova T.V., Korotkevich O.S., Petukhov V.L. Distribution of genotypes by the growth differential factor 9 (GDF-9) gene locus in the romanov breed sheep population. | 196 |
| Лашкова Т.Б., Петрова Г.В., Жукова М.Ю., Митюков А.С. Роль фульвокислоты в кормлении телок репродуктивного возраста в условиях Новгородской области. | Lashkova T.B., Petrova G.V., Zhukova M.Yu., Mityukov A.S. The role of fulvic acid in feeding heifers of reproductive age in the conditions of the Novgorod region. | 205 |
| Мирошников П.Н., Жучаев К.В., Коваль Ю.И. Антиоксидантная активность экстрактов душицы обыкновенной и сабельника болотного, произрастающих в Алтайском крае, в связи с содержанием в них флавоноидов. | Miroshnikov P.N., Zhuchaev K.V., Koval Yu.I. Antioxidant activity of extracts of oregano and marsh cinquefoil, growing in the Altai region, in connection with their content of flavonoids. | 213 |
| Михайлова Д.С., Магер С.Н. Влияние фитометабиотика «Фитолизат Гастро» на показатели гомеостаза и изменение популяций микрофлоры толстого отдела кишечника телят с синдромом желудочно-кишечных заболеваний. | Mikhailova D.S., Mager S.N. The effect of phytometabiotic "Phytolysat Gastro" on parameters gomeostaza and changes in the populations of the microflora of the large intestine of calves with gastrointestinal disease syndrome. | 221 |
| Петров А.Ф., Камалдинов Е.В. Генетическая структура скота сибирского отродья по микросателлитным локусам. | Petrov A.F., Kamaldinov E.V. Genetic structure of cattle of the siberian branch by microsatellite loci. | 230 |
| Плаксин И.Е., Трифанов А.В. Результаты исследований технологических показателей в экспериментальном модуле выращивания цыплят-бройлеров. | Plaksin I.E., Trifanov A.V. The results of research on technological indicators in the experimental module for growing broiler chickens. | 240 |
| Помойницкая Т.Е., Рядинская Н.И. Топография органов мочевого выделения у байкальской нерпы. | Pomoinitskaya T.E., Ryadinskaya N.I. Topography of the urinary organs in the Baikal seal. | 259 |
| Тарасенко Е.И., Себежко О.И. Азотистый обмен у черно-пестрого скота Кузбасса. | Tarasenko E.I., Sebezsko O.I. Nitrogen metabolism in black-moiled cattle of Kuzbass. | 267 |
| Терентьев С.С., Пашкин А.В., Бурова Е.И. Применение средств цифровой трансформации в молочном скотоводстве и их роль в повышении популяционного здоровья и продуктивности животных. | Terentyev S.S., Pashkin A.V., Burova E.I. Application of digital transformation tools in dairy cattle farming and their role in improving population health and animal productivity. | 277 |
| Убушиева В.С., Бадмаева К.Е., Убушиева А.В., Чимидова Н.В., Горлов И.Ф. Взаимосвязь полиморфизма генов GDF5 и CAPN1 крупного рогатого скота калмыцкой породы с хозяйственно-биологическими признаками. | Ubushieva V.S., Badmaeva K.E., Ubushieva A.V., Chimidova N.V., Gorlov I.F. Relationship between polymorphism of GDF5 and CAPN1 genes in kalmyk breed cattle with economic and biological traits. | 288 |
| Шевхужев А.Ф., Погодаев В.А. Эффективность выращивания бычков симментальской породы при разных технологиях содержания. | Shevkhuzhev A.F., Pogodaev V.A. Effectiveness of growing simmental breed cares with different maintenance technologies. | 295 |

АГРОНОМИЯ

DOI: 10.31677/2072-6724-2024-72-3-5-12

УДК: 631.471

ОЦЕНКА ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ АГРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ АГРОСЕРОЙ ПОЧВЫ ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ ПОЛЕВОГО ОПЫТА С МИНЕРАЛЬНЫМИ УДОБРЕНИЯМИ

Е.Н. Белоусова, кандидат биологических наук, доцент

А.А. Белоусов, кандидат биологических наук, доцент

О.А. Ульянова, доктор биологических наук, профессор

Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия

E-mail: svoboda57130@mail.ru

Ключевые слова: полевой опыт, варьирование, неоднородность, геостатистика, автокорреляционная функция, элементы методики полевого опыта.

Реферат. Цель работы – исследовать статистические параметры и закономерности изменчивости агрохимических показателей агросерой почвы, элементов структуры урожая яровой пшеницы в пределах делянок опытного поля. Экспериментальные данные получены на основе наблюдений, проведенных на агроландшафтах «Сухобузимское» в Красноярской лесостепи Красноярского геоморфологического округа, расположенного в границах Чулым-Енисейского денудационного плато юго-западной окраины Средней Сибири. Представлены результаты внутривидовой неоднородности агрохимических свойств агросерой почвы и элементов структуры урожая яровой пшеницы на участке, предназначенном для полевого эксперимента. Определены ключевые статистические и геостатистические величины внутривидовой неоднородности. Анализируется варибельность агрохимических показателей, результаты данных об урожае и элементов его структуры с участков, предназначенных для размещения повторностей. Уровень изменчивости агрохимических показателей убывал в следующем ряду: урожайность (40 %) > гумус (19 %) > P_2O_5 (13 %) > K_2O (10 %) > pH_2O (4 %). Согласно обобщению геостатистической информации, анализируемый участок классифицируется как не выровненный с точки зрения плодородия почв. В целом плодородие почв на исследуемой территории имело значительные колебания, что определило выбор элементов методологии проведения полевых опытов. При планировании полевого опыта необходимо выбрать соответствующие элементы методологии: рандомизированный метод размещения повторений, прямоугольные или удлиненные формы делянок.

ASSESSMENT OF SPATIAL VARIABILITY OF AGROCHEMICAL PROPERTIES OF AGRO-GRAY SOIL WHEN PLANNING A FIELD EXPERIMENT WITH MINERAL FERTILIZERS

E.N. Belousova, PhD of Biological Sciences, Associate Professor

A.A. Belousov, PhD in Biological Sciences, Associate Professor

O.A. Ulyanova, Doctor of Biological Sciences, professor

Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia

E-mail: svoboda57130@mail.ru

Keywords: field experience, variation, heterogeneity, geostatistics, autocorrelation function, elements of field experience methodology.

Abstract. The purpose of the work is to investigate the statistical parameters and patterns of variability of agrochemical indicators of agro-gray soil, elements of the structure of the spring wheat crop within the plots of the experimental field. Experimental data were obtained on the basis of observations conducted on agricultural landscapes Sukhobuzimskoye land areas in the Krasnoyarsk forest-steppe of the Krasnoyarsk geomorphological district, located borders the Chulym-Yenisei denudation plateau in the southwestern outskirts of Central Siberia. The results of the intra-field heterogeneity of the agrochemical properties of the agro-gray soil and the elements of the structure of the spring wheat crop on the site intended for field experiment are presented. The key statistical

and geostatistical values of the intrafield heterogeneity are determined. The statistics of agrochemical indicators and the results of crop data from the plots intended for the placement of repetitions are analyzed. The materials of the agrochemical survey of the agro-gray soil revealed a low humus content. The level of spatial variation of the indicator corresponded to the average. The scope of variation is represented by values covering only one gradation of the evaluation scale. The entire studied area was characterized by a slightly acidic reaction of the medium according to the average pH values. Its variation in the 0-20 cm soil layer indicated uniformity of distribution in space. The level of variability of agrochemical indicators decreased in the following series: yield (40 %) > humus (19 %) > P₂O₅ (13 %) > K₂O (10 %) > pH₂O (4 %). According to the generalization of geostatistical information, the analyzed site is classified as unaligned in terms of soil fertility. In general, the soil fertility of the studied area had a significant variation, which determined the choice of elements of the field experience methodology. When laying out field experience, it is necessary to choose the appropriate elements of the methodology: a randomized method of placing repetitions, rectangular or elongated forms of plots.

Пространственная и временная динамика почвенных процессов и свойств является неотъемлемым атрибутом почвы как объекта исследования и потому часто затрудняет выявление изучаемых фактов и закономерностей [1–4]. Важным элементом методики проведения полевых опытов с удобрениями является учет внутрипольной вариабельности показателей, характеризующих неоднородность почвенного покрова. Пространственное варьирование агрохимических показателей почв обусловлено неоднородностью морфогенетических свойств почвы и неравномерностью внесения удобрений. Варьирование содержания элементов в почве опытного участка может оказывать влияние на данные урожайности и химического состава растений, получаемых в ходе полевого эксперимента [5–8]. В условиях земледельческой зоны Красноярского края подобные исследования актуальны в связи с существенным распространением микропестроты почвенного покрова [9]. В свою очередь, неоднородность растительного покрова коррелирует с флуктуациями состава и свойств почвы, что предопределяет провинциальные особенности почв региона.

Критериями для оценки неоднородности агрохимических параметров почвы и параметров урожая являются показатели изменчивости вариационной статистики. В общепринятой методологии экспериментальных работ отсутствуют количественные критерии, по которым можно было бы оценить степень выравнивания (однородности) участка по тому или иному агрохимическому показателю [10]. В связи с потребностью изучения внутрипольной неоднородности возникает вопрос выбора наиболее диагностически чувствительных показателей, при помощи которых можно оценить уровень

изменчивости. При управлении продукционным процессом растений (технологии «точного земледелия») и изучении влияния каких-либо факторов на урожай сельскохозяйственных культур в полевых опытах важная роль принадлежит установлению причинно-следственных связей: варьирование почвенных свойств – варьирование величины урожая [1, 11–12].

Цель исследований – оценить статистические параметры и закономерности изменчивости агрохимических показателей агросерой почвы, элементов структуры урожая яровой пшеницы в пределах делянок опытного поля, предназначенного для проведения экспериментов с минеральными удобрениями.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Сопряженные наблюдения осуществлялись в агроландшафтах «Сухобузимское» в Красноярской лесостепи Красноярского геоморфологического округа, расположенного в границах Чулымо-Енисейского денудационного плато юго-западной окраины Средней Сибири. Географические координаты полевого стационара – 56°26' с.ш. и 92°54' в.д.

Объект исследований – почва агросерая среднегумусная среднемошная легкоглинистая на карбонатных песчанисто-иловатых легких глинах. В условиях полевого стационара организованы опытные блоки прямоугольной формы с учетной площадью 0,33 га. Для исследования пространственного варьирования земельного участка, где предполагалась организация полевых наблюдений, применяли метод, предполагающий рекогносцировку местности. Для этого высевали яровую пшеницу (*Triticum aestivum* L.) и отбирали почвенные образцы

из слоя 0–20 см. Объем выборки составил 28 индивидуальных проб. Регистрацию комплексности почвенного покрова проводили на всей территории земельного массива по фиксированной сетке площадок размером 6 × 20 м. Учет

урожая проводили метровкой. Отобранные снопы яровой пшеницы обмолачивали, определяли элементы структуры урожая. Основные химические и физико-химические параметры почвы представлены в табл. 1.

Таблица 1

Показатели химических и физико-химических свойств агросерой почвы
Indicators of chemical and physicochemical properties of agro-gray soil

| Глубина, см | Гумус, % | pH _{H2O} | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | S | H _r | ЕКО | V, % | Содержание фракций, % | |
|-------------|----------|-------------------|------------------|------------------|------|----------------|------|------|-----------------------|--------|
| | | | ммоль /100 г | | | | | | <0,01 | <0,001 |
| 0–20 | 3,89 | 6,4 | 26,2 | 5,1 | 31,3 | 2,5 | 33,8 | 92,6 | 64,1 | 39,4 |

Исследования проводили исходя из представлений об объективно существующих уровнях неоднородности почв и их свойств [8], использовались методические подходы к изучению сильно варьирующих свойств почв на близких расстояниях [12]. Агрохимические свойства и гранулометрический состав изучен при помощи методов и рекомендаций [13]. Для всех данных рассчитаны основные статистические характеристики при помощи программ Excel и автокорреляционные функции с использованием программы Statistica.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

По результатам исследования почвенных проб и рекогносцировочных посевов яровой пшеницы рассчитаны основные вариационно-статистические параметры пространственного варьирования, характеризующие неоднородность изучаемого почвенного покрова агросерой почвы. Результаты наблюдений выявили, что агросерая почва характеризовалась низким содержанием гумуса (табл. 2).

Таблица 2

Статистические показатели агрохимических свойств агросерой почвы (n = 28)
Statistical indicators of agrochemical properties of agro-gray soil (n = 28)

| Показатель | x | lim | S _x | V, % |
|---------------------------------------|-------|-------------|----------------|------|
| pH _{H2O} | 6,2 | 5,8–6,9 | 0,04 | 4 |
| Гумус, % | 3,8 | 2,5–5,2 | 0,14 | 19 |
| P ₂ O ₅ , мг/кг | 77,0 | 53,1–94,0 | 1,9 | 13 |
| K ₂ O, мг/кг | 236,6 | 184,0–292,0 | 4,6 | 10 |
| Урожайность яровой пшеницы, ц/га | 41,0 | 21,0–94,0 | 3,2 | 40 |

* x – среднее, lim – крайние значения элементов выборки в вариационном ряду, S_x – ошибка средней, V – коэффициент вариации.

Уровень внутривариационной изменчивости показателя соответствовал среднему. Его лаг представлен значениями, рассеянными в пределах одной градации оценочной шкалы. Почва стационара по средним значениям pH характеризовалась слабокислой реакцией среды. Ее варьирование в слое почвы от 0 до 20 см указывало на однородность распределения в пространстве. Значительнее изменялась пространственная неоднородность почвы по содержанию подвижных форм фосфора и калия.

Количество легкорастворимых соединений фосфора в среднем составило 77,0 мг/кг почвы и оценивалось как низкое со средним уровнем варьирования показателя. С точки зрения методики полевого опыта с минеральными удобрениями отмеченная информация указывает на целесообразность ее учета при выборе способа размещения участков на стационаре. Исследуемая агросерая почва характеризовалась средней обеспеченностью подвижным калием. Его распределение в пространстве более равно-

мерно, чем подвижного фосфора, однако также соответствовало средней степени варьирования. В целом по убыванию уровня варибельности показатели ранжировались в следующий ряд: урожайность (40 %) > гумус (19 %) > P₂O₅ (13 %) > K₂O (10 %) > рН_{H2O} (4 %).

Результаты исследований по структуре урожая яровой пшеницы, представленные в табл. 3,

свидетельствовали о значительной варибельности таких показателей, как кустистость общая и продуктивная, озерненность колоса, масса 1000 зерен. Слабее изменялась пространственная неоднородность таких элементов структуры урожая культуры, как длина растений и колоса.

Таблица 3

Статистические показатели структуры урожая пшеницы (n = 28)
Statistical indicators of the structure of wheat crop (n = 28)

| Показатель | n | x | lim | S _x | V, % |
|--------------------------|---|------|------------|----------------|------|
| Кустистость общая | 1 | 1,6 | 1,1–2,3 | 0,2 | 28 |
| | 2 | 1,3 | 1,0–1,8 | 0,1 | 23 |
| | 3 | 1,7 | 1,4–2,5 | 0,1 | 22 |
| | 4 | 1,3 | 1,1–1,6 | 0,1 | 12 |
| Кустистость продуктивная | 1 | 1,1 | 1,0–1,5 | 0,1 | 17 |
| | 2 | 1,0 | 1,0–1,2 | 0,1 | 7 |
| | 3 | 1,5 | 1,0–2,4 | 0,1 | 30 |
| | 4 | 1,2 | 1,0–1,6 | 0,1 | 15 |
| Длина растений, см | 1 | 112 | 105–118 | 1,7 | 4 |
| | 2 | 110 | 104–118 | 2,0 | 5 |
| | 3 | 107 | 94–115 | 2,8 | 7 |
| | 4 | 103 | 91–108 | 2,3 | 6 |
| Длина колоса, см | 1 | 6,8 | 5,4–7,5 | 0,3 | 11 |
| | 2 | 6,1 | 5,5–7,2 | 0,2 | 11 |
| | 3 | 6,1 | 4,7–7,1 | 0,3 | 14 |
| | 4 | 6,2 | 4,8–7,1 | 0,3 | 13 |
| Озерненность колоса | 1 | 17,0 | 12,1–23,8 | 1,8 | 28 |
| | 2 | 21,3 | 14,3–27,2 | 1,6 | 20 |
| | 3 | 19,3 | 12,5–26,0 | 2,0 | 27 |
| | 4 | 15,7 | 11,1–21,4 | 1,2 | 20 |
| Масса 1000 зерен, г | 1 | 69,6 | 41,0–102,5 | 8,6 | 33 |
| | 2 | 66,6 | 46,5–94,0 | 6,1 | 24 |
| | 3 | 61,6 | 47,8–70,7 | 3,4 | 14 |
| | 4 | 64,2 | 61,0–68,0 | 1,0 | 4 |

Следствием неоднородности агрохимических показателей агросерой почвы исследуемого участка является варибельность элементов структуры урожайности яровой пшеницы. Между свойствами почвы и растущей на ней растительностью в силу взаимовлияния разнонаправленного действия факторов складываются трудно диагностируемые взаимоотношения [6]. Нашими исследованиями установлено, что

средняя урожайность яровой пшеницы составила 41 ц/га. Диапазон варьирования колебался от 21 до 94 ц/га, обуславливая высокие значения коэффициента вариации и допустимые значения точности – 6 %. Представленные данные важны, прежде всего, для оценки степени внутривариационной вариации почвенного плодородия. Как известно, на их основе делаются ключевые предположения о выборе элементов методики

[1]. Одним из них являются используемые в полевом опыте повторения (блоки). Нами были проанализированы статистики агрохимических

показателей и результаты урожайных данных с участков, предполагаемых для размещения повторений (табл. 4).

Таблица 4

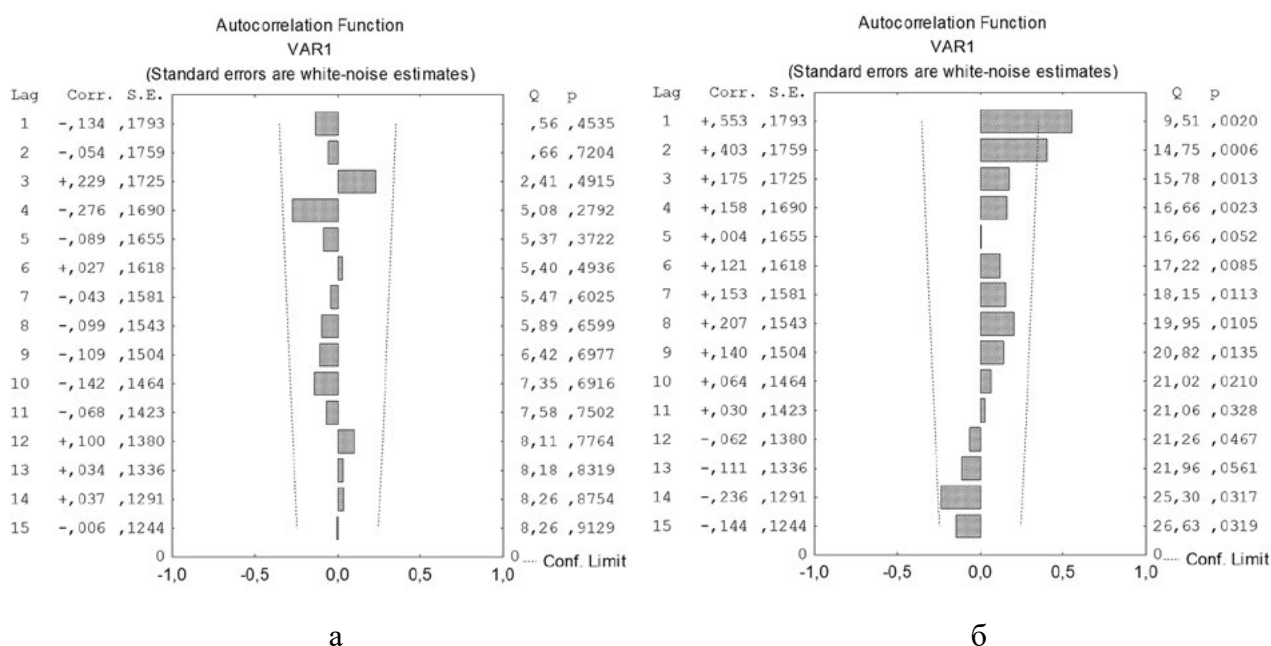
Достоверность различий агрохимических показателей и данных рекогносцировочных посевов между повторениями ($n = 7$)

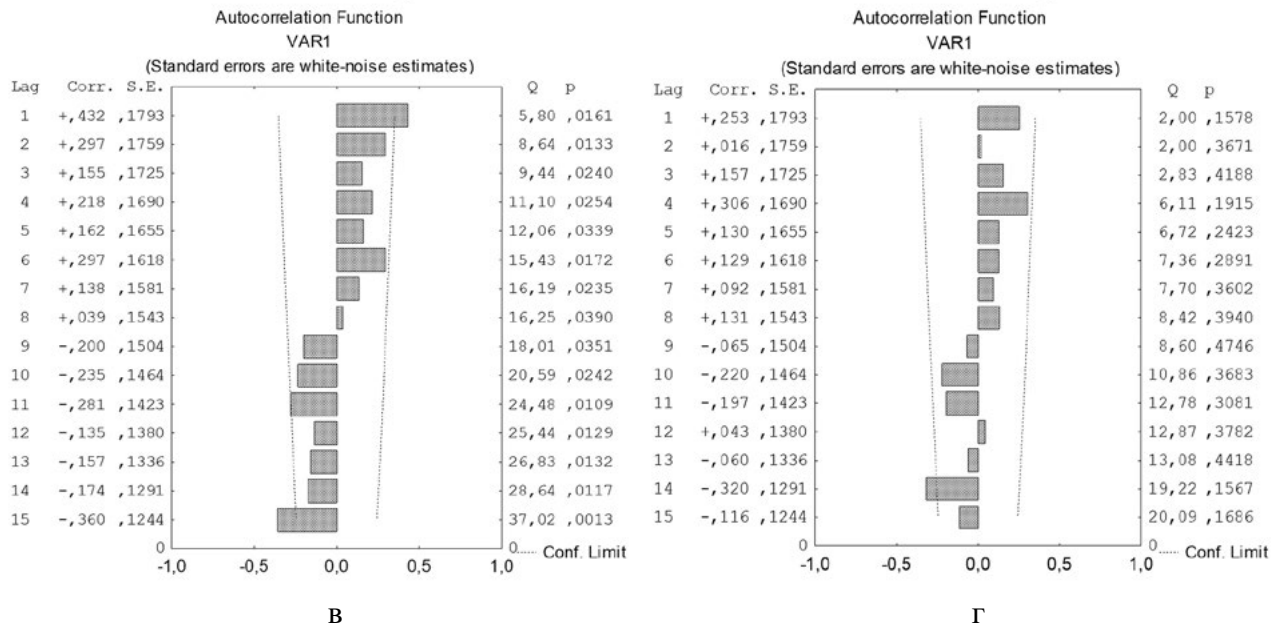
Reliability of differences in agrochemical parameters and reconnaissance crop data between replicates ($n = 7$)

| Повторение | Урожайность, ц/га | Гумус, % | Подвижный фосфор, мг/кг | Подвижный калий, мг/кг | pH |
|-------------------|-------------------|----------|-------------------------|------------------------|------------|
| 1 | 31 | 4,6 | 87 | 217 | 6,2 |
| 2 | 51 | 3,9 | 78 | 232 | 6,0 |
| 3 | 37 | 3,5 | 68 | 257 | 6,2 |
| 4 | 45 | 3,4 | 74 | 241 | 6,2 |
| НСР ₀₅ | $p > 0,05$ | 0,6 | 8 | 24 | $p > 0,05$ |

Результаты показали, что выявленное значительное варьирование урожайных данных яровой пшеницы, вероятно, было обусловлено изменчивостью внутри блоков (повторений). По содержанию гумуса, подвижного фосфора и калия сравниваемые повторения отличались статистически достоверно. Вероятно, варьирование на больших расстояниях (между блоками) оказалось более значимым относительно внутри пространственной изменчивости (внутри блоков). Также не было выявлено корреляционной зависимости между продуктивностью яровой пшеницы и агрохимическими свойствами почвы.

Для увеличения точности пространственно-распределенных данных нами были применены показатели геостатистики [14]. С целью уточнения статистических данных были построены автокорреляционные функции (АКФ) случайно распределенных величин некоторых исследуемых параметров (рисунок). Наличие автокорреляции обнаруживается, если она выходит за доверительные границы интервала. По данным [11], поле считается неоднородным, если функция обнаруживается хотя бы в отношении одного из исследуемых показателей. Перечисленные аргументы подтверждают закономерный характер внутрипольной неоднородности участка.





Коррелограмма значений урожайности (а), гумуса (б), подвижного фосфора (в) и подвижного калия (г), где Corr. – коэффициент корреляции; S.E. – стандартная ошибка; Lag – нормированное расстояние между точками опробования; Q, p – вероятность корреляции; Conf.Limit – доверительный интервал

Correlogram of the values of yield (a), humus (b), mobile phosphorus (c) and mobile potassium (d), where Corr. is the correlation coefficient; S.E. is the standard error; Lag is the normalized distance between sampling points; Q, p is the probability of correlation; Conf.Limit is the confidence interval

Исключением являлась АКФ урожайных данных яровой пшеницы, по поведению которой земельный массив отнесен к выровненному по плодородию. По агрохимическим показателям, напротив, участок отличался существенным варьированием. Аналогичные результаты были отражены в исследованиях [15]. Таким образом, согласно обобщению геостатистической информации мы можем отнести анализируемый участок к невыровненному по почвенному плодородию. Поэтому при закладке полевого опыта необходимо выбирать соответствующие элементы методики: рендомизированный метод размещения повторностей, прямоугольную или удлиненную формы делянок, число повторностей не менее шести. Также при выборе количества точек опробования для характеристики предметов исследования необходимо руководствоваться уровнем пространственного варьирования.

ВЫВОДЫ

1. Вариабельность агрохимических показателей агросерой почвы отличалась широким размахом: минимальное значение обнаруживалось для реакции почвенной среды, максимальное было характерно для содержания гумуса.

2. По уровню изменчивости показатели выстроились в следующем порядке: урожайность (40 %) > гумус (19 %) > P₂O₅ (13 %) > K₂O (10 %) > рН_{H₂O} (4 %).

3. Выявлена значительная вариабельность общей и продуктивной кустистости, озерненности колоса, массы 1000 зерен. Слабее изменялось пространственное варьирование длины растений и длины колоса.

4. Поведение автокорреляционной функции агрохимических показателей агросерой почвы свидетельствовало об их колебаниях, выходящих за рамки стационарности с вероятностью 0,95. Характер варьирования плодородия был существенным, что определило организацию повторений на опытном стационаре.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Савин И.Ю., Бербеков С.А., Тутукова Д.А. Комплексная оценка неоднородности почвенного покрова по состоянию сельскохозяйственных культур // Вестник Почвенного института им. В.В. Докучаева. – 2022. – № 113. – С. 31–57.
2. Burrough P.A. Soil variability: a late 20th century view // *Soils Fert.* – 1993. – Vol. 56(5). – P. 529–562.
3. Cambardella C.A., Karlen D.L. Spatial analysis of soil fertility parameters // *Precis. Agric.* – 1999. – Vol. 1. – P. 5–14.
4. Cassel D.K., Wendroth O., Nielsen D.R. Assessing spatial variability in an agricultural experiment station field: opportunities arising from spatial dependence // *Agronomy J.* – 2000. – Vol. 92. – P. 706–714.
5. Мудрых Н.М., Самофалова И.А. Моделирование пространственной изменчивости агрохимических показателей почв в агроландшафтах нечерноземья // *Агрохимический вестник.* – 2019. – № 5. – С. 17–24.
6. Кирюшин В.И. Управление плодородием почв и продуктивностью агроценозов в адаптивно-ландшафтных системах земледелия // *Почвоведение.* – 2019. – № 9. – С. 1130–1139.
7. Добротворская Н.И. Агроэкологическая типизация земель – необходимый этап в проектировании адаптивно-ландшафтных систем земледелия // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2019. – № 1. – С. 7–17.
8. Самсонова В.П. Научное наследие заслуженного профессора Е.А. Дмитриева // Вестник Московского университета. Сер. 17. Почвоведение. – 2022. – № 2. – С. 3–12.
9. Белоусова Е.Н., Белоусов А.А., Демьяненко Т.Н. Оценка пространственной вариабельности агрохимических свойств агрочерноземов при планировании полевого опыта // 90 лет на службе земледелия и растениеводства: мат-лы междунар. науч. конф., Агрофизический институт: – СПб., 2022. – С. 895–901.
10. ОСТ 10 106-87. Опыты полевые с удобрениями. Порядок проведения. – М., 1987.
11. Пространственная неоднородность почвенного покрова и агрохимических показателей почв Солигорского района / Н.В. Клебанович, А.Л. Киндеев, А.А. Сазонов [и др.] // *Земля Беларуси.* – 2019. – № 1. – С. 39–48.
12. Клебанович Н.В., Киндеев А.Л., Сазонов А.А. Геостатистический анализ при картографировании пространственной неоднородности влажности и кислотности почв // *Геосферные исследования.* – 2021. – № 3. – С. 80–91.
13. Воробьева Л.А. Теория и практика химического анализа почв. – М.: ГЕОС, 2006. – 400 с.
14. Goovaerts P. Geostatistical modelling of uncertainty in soil science // *Geoderma.* – 2001. – Vol. 103. – № 1/2. – P. 3–26.
15. Информационное обеспечение современных систем земледелия в России / В.П. Якушев, В.В. Якушев, С.Ю. Блохина [и др.] // Вестник РАН. – 2021. – Т 91. № 8. – С. 755–768.
16. Trends in scientific research on precision farming in agriculture using science mapping method / D. Maloku, P. Balogh, A. Bai [et al.] / *International Review of Applied Sciences and Engineering IRASE.* – 2020. – Vol. 11 (3). – P. 232–242.

REFERENCES

1. Savin I.Ju., Berbekov S.A., Tutukova D.A., *Vestnik Pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchaeva*, 2022, No. 113, pp. 31–57. (In Russ.)
2. Burrough P.A., Soil variability: a late 20th century view, *Soils Fert*, 1993, Vol. 56 (5), pp. 529–562.
3. Cambardella C.A., Karlen D.L., Spatial analysis of soil fertility parameters, *Precis. Agric*, 1999, Vol. 1, pp. 5–14.
4. Cassel D.K., Wendroth O., Nielsen D.R., Assessing spatial variability in an agricultural experiment station field: opportunities arising from spatial dependence, *Agronomy J.*, 2000, Vol. 92, pp. 706–714.
5. Mudryh N.M., Samofalova I.A., *Agrohimicheskij vestnik*, 2019, No. 5, pp. 17–24. (In Russ.)
6. Kirjushin V.I., *Pochvovedenie*, 2019, No. 9, pp. 1130–1139. (In Russ.)
7. Dobrotvorskaja N.I., *Vestnik NGAU*, 2019, No. 1, pp. 7–17. (In Russ.)
8. Samsonova V.P., *Vestnik Moskovskogo universiteta. Serija 17. Pochvovedenie*, 2022, No. 2, pp. 3–12. (In Russ.)

9. Belousova E.N., Belousov A.A., Dem'janenko T.N., *90 let na sluzhbe zemledelija i rastenievodstva (90 years in the service of agriculture and crop production)*, Materials of the international scientific conference, Saint-Petersburg, 2022, pp. 895–901. (In Russ.)
10. *Otraslevoj standart «Opyty polevye s udobrenijami. Porjadok provedenija»*, 1987. (In Russ.)
11. Klebanovich N.V., Kindeev A.L., Sazonov A.A., *Zemlja Belarusi*, 2019, No. 1, pp. 39–48. (In Russ.)
12. Klebanovich N.V., Kindeev A.L., Sazonov A.A., *Geosfernye issledovanija*, 2021, No. 3, pp. 80–91. (In Russ.)
13. Vorob'eva L.A., *Teorija i praktika himicheskogo analiza pochv (Theory and practice of chemical analysis of soils)*, Moscow: GEOS, 2006, 400 p.
14. Goovaerts P., Geostatistical modelling of uncertainty in soil science, *Geoderma*, 2001, Vol. 103, No. 1/2, pp. 3–26.
15. Yakushev V.P., Yakushev V.V., Blokhina S.Yu., Blokhin Yu.I., Matvienko D.A., *Vestnik RAN*, 2021, Vol. 91, No. 8, pp. 755–768. (In Russ.)
16. Maloku D., Balogh P., Bai A., Gabnai Z., Lengyel P., Trends in scientific research on precision farming in agriculture using science mapping method, *International Review of Applied Sciences and Engineering IRASE*, 2020, Vol. 11 (3), pp. 232–242.

ВЛИЯНИЕ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ В МАЛЫХ ДОЗАХ НА РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ ИЗ ОБЛУЧЕННЫХ ПРОРОСТКОВ *PISUM SATIVUM* В ЛАБОРАТОРНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАХ

А.Я. Болсуновский, доктор биологических наук, главный научный сотрудник

Е.А. Трофимова, младший научный сотрудник

О.П. Орешникова, младший научный сотрудник

Институт биофизики СО РАН, Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр СО РАН», Красноярск, Россия

E-mail: radecology@gmail.com

Ключевые слова: горох, гамма-облучение, малые дозы облучения, морфометрические параметры, угнетение роста.

Реферат. Проблема радиационного облучения организмов актуальна для территорий, где размещены предприятия атомной отрасли. Для биотестирования техногенных факторов воздействия на окружающую среду, включая радиационный фактор, широко используются растительные биотесты. Ранее была показана чувствительность ростовых и цитогенетических параметров биотеста на основе *Pisum sativum* к действию гамма-облучения, но только в высоких дозах. Целью данной работы являлась оценка влияния гамма-облучения в малых дозах на развитие *Pisum sativum* в течение 6–10 дней после облучения проростков. В экспериментах использовали семена гороха посевного сорта Радомир из коллекции лаборатории селекции гороха КрасНИИСХ ФИЦ «Красноярский научный центр СО РАН». Проростки гороха облучали источником ^{137}Cs в течение 24 и 72 ч, при этом поглощенная доза составила 20 и 62 мГр. После облучения проростки подращивали в климатической камере на гидропонике на протяжении 10 дней (240 ч). Контролем служили необлученные проростки, которые подращивали в идентичных с облученными условиях. В проведенных экспериментах впервые получены достоверные данные о негативных эффектах влияния гамма-облучения (20 и 62 мГр) на развитие гороха посевного спустя 6–10 дней после облучения. Выявлено негативное влияние гамма-облучения на рост основного и боковых корней молодых растений. В экспериментах с облучением проростков гороха подтвержден ранее известный факт, что корни растений являются более чувствительным параметром к облучению по сравнению с побегами. Характер изменения длины основного корня гороха от времени проращивания при дозе 20 мГр описывается линейным уравнением, а для более высокой дозы облучения 62 мГр данные могут быть аппроксимированы логарифмическим уравнением с насыщением. Разный характер зависимости длины корня от времени подращивания после облучения показывает возможную тенденцию роста растения при различных дозах облучения и времени подращивания.

THE EFFECT OF LOW-DOSE GAMMA RADIATION ON THE DEVELOPMENT OF PLANTS FROM IRRADIATED *PISUM SATIVUM* SPROUTS IN LABORATORY EXPERIMENTS

A.Ya. Bolsunovsky, Doctor of Biological Sciences, Senior Researcher

E.A. Trofimova, Junior Researcher

O.P. Oreshnikova, Junior Researcher

Institute of Biophysics SB RAS, Federal Research Center Krasnoyarsk Scientific Center SB RAS, Krasnoyarsk, Russia

Email: radecology@gmail.com

Keywords: peas, gamma irradiation, low doses of irradiation, morphometric parameters, growth suppression.

Abstract. The problem of radiation exposure to organisms is relevant for areas where nuclear industry enterprises are located. Plant biotests are widely used for biotesting of anthropogenic factors affecting the environment, including radiation. The sensitivity of growth and cytogenetic parameters of the biotest based on *Pisum sativum* to the action of gamma irradiation has been shown before, but only at high doses. The purpose of this work was to evaluate the influence of low-dose gamma irradiation on the development of *Pisum sativum* over 6-10 days after irradiating the sprouts. In the experiments, seeds of the Radomir sowing variety from the

collection of the pea breeding laboratory of Krasnoyarsk Research Institute of Agriculture - Federal Research Centre Krasnoyarsk Scientific Center SB RAS were used. Pea sprouts were irradiated with a ^{137}Cs source for 24 and 72 hours, with the absorbed dose being 20 and 62 mGy. After irradiation, the sprouts were grown in a climatic chamber on hydroponics for 10 days (240 hours). The control consisted of non-irradiated sprouts grown under identical conditions. The experiments for the first time provided reliable data on the negative effects of gamma irradiation (20 and 62 mGy) on the development of sowing peas 6-10 days after irradiation. A negative effect of gamma irradiation on the growth of the main and lateral roots of young plants was revealed. The experiments with irradiated pea sprouts confirmed the previously known fact that plant roots are more sensitive to irradiation compared to shoots. The pattern of change in the length of the main root of peas over time during germination at a dose of 20 mGy is described by a linear equation, while for a higher dose of irradiation, 62 mGy, the data can be approximated by a logarithmic equation with saturation. The different character of root length dependence on the time of cultivation after irradiation indicates a possible trend in plant growth under various doses of irradiation and cultivation times.

Ионизирующее излучение является одним из факторов, влияющих на глобальном уровне на здоровье людей и окружающую среду. В документах Международной комиссии по радиационной защите [1] и публикациях ряда авторов [2–4] отмечается разная чувствительность растений и животных к радиационному фактору. Общепринято, что растения обладают низкой радиочувствительностью по сравнению с животными. Однако в обзоре литературных данных по радиочувствительности [3, 5–7] отмечено существование видов растений, цитогенетические и биохимические параметры которых в ответ на дозы облучения не уступают животным.

Проблема радиационного облучения организмов окружающей среды актуальна для многих регионов России, в том числе для Красноярского края, где длительное время работает Горно-химический комбинат Росатома (ГХК). Аэрозольные и водные поступления техногенных радионуклидов с ГХК привели к радиационному загрязнению окружающей среды и особенно поймы реки Енисей [8–10]. Ранее нами выявлен повышенный уровень хромосомных нарушений в ана-телофазных клетках корневой меристемы водного растения *Elodea canadensis*, вегетирующего в районах повышенного радиационного загрязнения р. Енисей, а также при биотестировании донных отложений из этих районов в лабораторных экспериментах [11, 12]. Использование нами ранее лукового биотеста (*Allium-test*) показало чувствительность ростовых и цитогенетических параметров репчатого лука к малым дозам облучения (менее 100 мГр) в лабораторных экспериментах [13–15].

Для биотестирования техногенных факторов окружающей среды используются и другие растительные биотесты. Горох (*Pisum sativum* L.) является не только одной из главных зернобобовых культур в мире, но и используется для биотестирования химических и радиационных факторов. В работах [16–18] показана чувствительность ростовых и цитогенетических параметров биотеста на основе гороха *Pisum sativum* к действию химических веществ, а также разного типа ионизирующему излучению. Однако в вышеотмеченных работах облучение семян и проростков гороха проводили с использованием доз в интервале от 1 до 1000 Грей [16–18], что многократно превышало малые дозы облучения (менее 100 мГр).

Цель исследований – оценить влияние гамма-облучения проростков *Pisum sativum* в малых дозах на развитие растений в течение 6–10 дней после облучения.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В эксперименте использовали семена гороха листочкового морфотипа сорта Радомир из коллекции лаборатории селекции гороха КрасНИИСХ ФИЦ «Красноярский научный центр СО РАН». Ранее этот сорт хорошо проявил себя при выращивании на территории Восточной Сибири и в экспериментах с использованием стимуляторов роста [19–20].

После получения из КрасНИИСХ и до проведения эксперимента семена хранились в холодильнике в бумажных пакетах при постоянной температуре 4 °С. За сутки до начала эксперимента семена гороха закладывали на проращивание, по 150 семян для каждого

эксперимента. Предварительно семена обрабатывали раствором «Фитоспорин-М Рассада» (БашИнком) для профилактики развития плесневых грибов во время проращивания и облучения. Затем семена раскладывали по трем полипропиленовым контейнерам ($d = 129$ мм, $h = 46$ мм) по 50 шт. на контейнер между слоями фильтровальной бумаги, увлажнённой дистиллированной водой. Контейнеры помещали в инкубатор Sanyo MIR-254 (Panasonic, Япония) с постоянной температурой 21 °С, вентиляцией и без освещения. Всхожесть оценивали на восьмые сутки проращивания согласно ГОСТ 12038–84, она составила $85,8 \pm 1,4$.

На рис. 1 приведена схема эксперимента по облучению проростков гороха источником ^{137}Cs с активностью 10 МБк. Было проведено два варианта эксперимента с разной длительностью облучения тест-объекта: 24 ч (эксперимент № 1) и 72 ч (эксперимент № 2). Для облучения проростки раскладывали в два полипропиленовых контейнера ($d = 135$ мм, $h = 25$ мм) на ложе из двух слоев фильтровальной бумаги, смоченной в дистиллированной воде, по кругу радиусом

3,5 см (см. рис. 1, а). Между двумя контейнерами в центре конструкции, как показано на рис. 1, б, помещали радиоактивный источник. Мощность дозы облучения определялась расстоянием проростков от радиоактивного источника и была проверена прямым измерением дозиметром (ДКГ-02У, НПП «Доза», Россия). В экспериментах мощность дозы составила 0,9 мГр/ч. В эксперименте № 1 поглощённая доза для растений составила 20 мГр, в эксперименте № 2 при длительности облучения растений 72 ч поглощённая доза – 62 мГр. Поглощённая доза для контрольных растений соответствовала фоновому уровню облучения – около 0,01 мГр. Облучение проводили в инкубаторе в темноте при температуре 21 °С в течение 24 и 72 ч. Контролем служили необлученные проростки, которые культивировали в идентичных с облученными проростками условиях. Всего для эксперимента № 1 было использовано по 25 проростков с длиной первичного корня 3–4 мм для контроля и облучения; для эксперимента № 2 – по 40 проростков с длиной корня 5–6 мм для контроля и облучения.

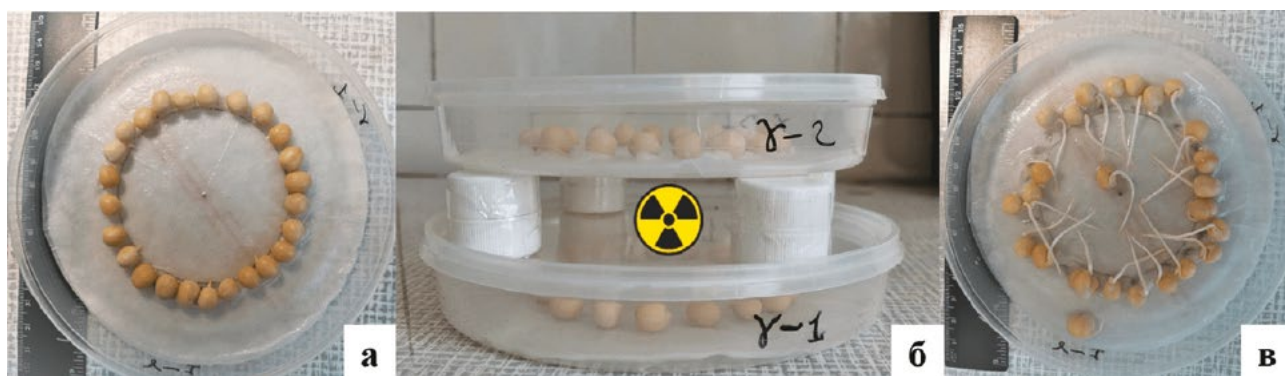


Рис. 1. Схема эксперимента по облучению *Pisum sativum*: а – расположение проростков внутри контейнера; б – конструкция из контейнеров с проростками, значком отмечено расположение радиоактивного источника ^{137}Cs ; в – внешний вид проростков сразу после облучения в течение 24 ч

Experimental setup for irradiating Pisum sativum. a - arrangement of sprouts inside the container; b - structure of containers with sprouts, the location of the radioactive source ^{137}Cs is marked with a symbol; c - external appearance of sprouts immediately after 24 hours of irradiation

После облучения растения переносились в цилиндрические пластиковые контейнеры объемом 700 мл (рис. 2, а), заполненные 630 мл среды Кнопа, с постоянной аэрацией. В эксперименте № 1 для контроля и облучения было использовано по 3 контейнера, в каждый из них было высажено по 8 проростков. В эксперименте № 2 использовали 4 контейнера на уровень по 9–10 проростков в каждый. Кон-

тейнеры с проростками выдерживали в климатической комнате при верхнем освещении люминесцентными лампами, Е 3,8–4,1 клк на поверхности контейнеров, с фотопериодом 16 : 8 (день : ночь), при температуре воздуха 24 ± 3 °С. На протяжении всего периода проращивания раз в 3–4 дня в контейнеры с растениями доливалась свежая среда Кнопа до исходного объема (630 мл).



Рис. 2. Расположение контейнеров в климатической комнате и внешний вид растений *Pisum sativum* во время подращивания после облучения: а – сразу после завершения облучения; б – в конце подращивания 240 ч; в – *P. sativum*, выросшие из облученных проростков корней эксперимента, 240 ч

Placement of containers in the climatic room and appearance of *Pisum sativum* plants during cultivation after irradiation: a - immediately after the completion of irradiation; b - at the end of cultivation, 240 hours; c - *P. sativum* grown from irradiated root sprouts after 240 hours of the experiment

Проростки гороха подращивали на гидропонике (см. рис. 2, б, в) до возраста 10 дней (240 ч). Во время подращивания у растений измерялись морфометрические параметры: в возрасте 24 и 72 ч (сразу после облучения), 144 и 240 ч. В качестве индикаторов радиационного повреждения использовали длину основного корня, длину самого длинного бокового корня. Поскольку не представлялось выполнимым промерять длину всех боковых корней на каждом растении из-за их обильного развития, было принято решение у каждого растения визуально найти самый длинный боковой корень и измерять его длину. Также у растений измерялась длина побегов и длина междоузлий.

Полученные экспериментальные данные анализировали методами вариационной статистики с использованием пакета STATISTICA 10.0 и Excel для Microsoft Office 2013. Нормальность распределения в выборках оценивали с помощью теста Шапиро–Уилка. Значимость влияния радиационного фактора на изменение морфометрических параметров растений *P. sativum* оценивали с помощью однофакторного анализа ANOVA с последующим анализом HSD (Tukey HSD for unequal N). В табл. 1, 2 и на рис. 3 представлены средние значения и их стандартные отклонения.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В эксперименте № 1 поглощенная доза для проростков гороха составила 20 мГр (длитель-

ность облучения 24 ч). Как следует из данных табл. 1, гамма-облучение не повлияло на пролонгацию междоузлий побегов гороха и, следовательно, на дальнейший рост самих побегов на протяжении всего эксперимента до 240 ч. Значения средней длины основного корня в точке 24 ч (сразу после облучения) у облученных и контрольных растений были на одном уровне. Однако в точках 144 и 240 ч подращивания наблюдалось достоверное снижение длины основного корня облученных растений относительно контроля ($F = 16, p = 0,0003$ и $F = 32, p = 0,0001$ соответственно). В конце эксперимента (точка 240 ч) средняя длина бокового корня у облученных растений также была достоверно меньше значений этого параметра в контроле ($F = 35, p = 0,0001$).

В эксперименте № 2 поглощенная доза для проростков гороха составила 62 мГр за время облучения 72 ч. Более длительный период гамма-облучения не оказал статистически значимого эффекта на изменение длины междоузлий и длины побегов у облученных растений гороха в течение всего времени подращивания (см. табл. 2). После завершения облучения (точка 72 ч) были получены одинаковые значения средней длины основного корня у облученных и контрольных растений. В следующих временных точках 144 и 240 ч наблюдалось статистически значимое снижение длины как основного ($F = 7,4, p = 0,008$ и $F = 22, p = 0,0001$ соответственно), так и бокового корня ($F = 9, p = 0,004$ и $F = 18, p = 0,0001$ соответственно) у облученных растений относительно контроля.

Таблица 1

Влияние гамма-излучения на изменение морфометрических параметров растений *P. sativum* после облучения проростков 24 ч в эксперименте № 1
The effect of gamma radiation on changes in the morphometric parameters of *P. sativum* plants after 24 hours of sprout irradiation in Experiment 1.

| Уровень воздействия | Время подращивания, ч | Длина побегов, мм | Длина корней, мм | | Длина междоузлий, мм | | |
|---------------------|-----------------------|-------------------|------------------|-----------|----------------------|---------|---------|
| | | | Основной | Боковой | 1 | 2 | 3 |
| Контроль | 24 | – | 3,1±0,5 | – | – | – | – |
| Гамма-облуч. | | – | 3,2±0,4 | – | – | – | – |
| Контроль | 144 | 7,7±2,5 | 19,1±3,0 | 8,1±1,7 | 2,7±0,9 | 3,0±0,6 | 1,3±0,4 |
| Гамма-облуч. | | 7,6±1,2 | 14,6±3,9* | 7,6±1,0 | 2,5±0,8 | 2,6±0,9 | 1,0±0,4 |
| Контроль | 240 | 15,0±3,1 | 25,2±3,3 | 24,9±3,4 | 2,7±0,8 | 3,4±1,2 | 4,4±1,3 |
| Гамма-облуч. | | 16,0±1,7 | 19,5±2,4* | 18,9±2,4* | 2,5±0,6 | 3,3±0,8 | 5,2±1,0 |

* Статистически значимое отличие от контрольного уровня ($p < 0,05$).
 * Statistically significant difference from the control level ($p < 0.05$).

Таким образом, по результатам экспериментов № 1 и 2 видно, что облучение проростков гороха в обоих вариантах малых доз негативно сказывается на развитии их корневой системы. Эффект ингибирования роста корней проявляется уже на 144 ч подращивания после облучения в максимальной дозе. Однако сразу после окончания облучения, даже при максимальной длительности в 72 ч, средняя длина основного корня у облученных проростков не отличалась от контрольной. Сходная картина наблюдалась в экспериментах по облучению

проростков лука как в малых дозах от 10 до 70 мГр при длительности облучения 24 и 48 ч [15], так и в дозах 0,02–13 Гр при облучении 24 ч [13, 14]. Это может указывать на снижение пролиферативной активности клеток корневой меристемы под действием гамма-излучения. Пролонгация корня еще может продолжаться некоторое время за счет растяжения клеток, но переход новых клеток в зону растяжения корня замедлен, это со временем отразится на росте корня, что и наблюдается в данном случае.

Таблица 2

Влияние гамма-излучения на изменение морфометрических параметров растений *P. sativum* после облучения проростков 72 ч в эксперименте № 2
The effect of gamma radiation on changes in the morphometric parameters of *P. sativum* plants after 72 hours of sprout irradiation in Experiment 2

| Уровень воздействия | Время подращивания, ч | Длина побегов, мм | Длина корней, мм | | Длина междоузлий, мм | | |
|---------------------|-----------------------|-------------------|------------------|-----------|----------------------|---------|---------|
| | | | Основной | Боковой | 1 | 2 | 3 |
| Контроль | 72 | 1,3±0,6 | 8,2±1,2 | – | – | – | – |
| Гамма-облуч. | | 1,4±0,7 | 8,1±1,1 | – | – | – | – |
| Контроль | 144 | 3,3±0,8 | 12,9±3,0 | 4,8±0,6 | – | – | – |
| Гамма-облуч. | | 3,2±0,8 | 10,3±2,7* | 4,4±0,6* | – | – | – |
| Контроль | 240 | 14,6±2,0 | 16,8±3,8 | 16,7±3,8 | 2,6±0,6 | 3,4±0,5 | 4,3±0,6 |
| Гамма-облуч. | | 15,0±1,8 | 11,7±3,2* | 13,4±1,8* | 2,6±0,7 | 3,4±0,7 | 4,6±0,7 |

* Статистически значимое отличие от контрольного уровня ($p < 0,05$).
 * Statistically significant difference from the control level ($p < 0.05$).

Следует отметить, что ни в одном из вариантов эксперимента не было получено статистически значимого эффекта гамма-облучения на рост побегов гороха. Следовательно, при

облучении в малых дозах (20 и 62 мГр), наблюдается эффект ингибирования роста только для корневой системы гороха. Ранее при гамма-облучении побегов элодеи и проростков лука было

показано, что корни растений имеют большую чувствительность к облучению по сравнению с побегами [12, 14].

В проведенных экспериментах № 1 и 2 мы использовали всего две дозы облучения: 20 и 62 мГр соответственно. Для того чтобы оценить в полной мере дозовые эффекты облучения на морфометрические параметры гороха, необходимы данные по широкому диапазону поглощенных доз. В нашем случае только для двух доз облучения мы можем оценить возможную зависимость длины основного корня от времени дальнейшего подращивания после облучения. Как видно из рис. 3, в интервале времени до 144 ч отсутствуют достоверные отличия между длинами основного корня в зависимости от дозы облучения. Однако в точке 240 ч длина основного корня при дозе облуче-

ния 62 мГр существенно меньше длины корня при дозе 20 мГр. Для описания роста основного корня при поглощенной дозе 20 мГр подходит линейное уравнение ($R^2 = 0,97$), процесс роста идет с постоянной во времени скоростью. Для растений, облученных дозой 62 мГр, процесс роста основного корня более точно описывает логарифмическое уравнение ($R^2 = 1,0$), что указывает на замедление темпа роста со временем. Но нужно отметить, что рост корневой системы не останавливается даже у растений, получивших максимальную дозу при длительном времени облучения. В дальнейшем необходимо проводить такие эксперименты как с более широким диапазоном доз облучения, так и с более длительным временем выращивания растений после облучения.

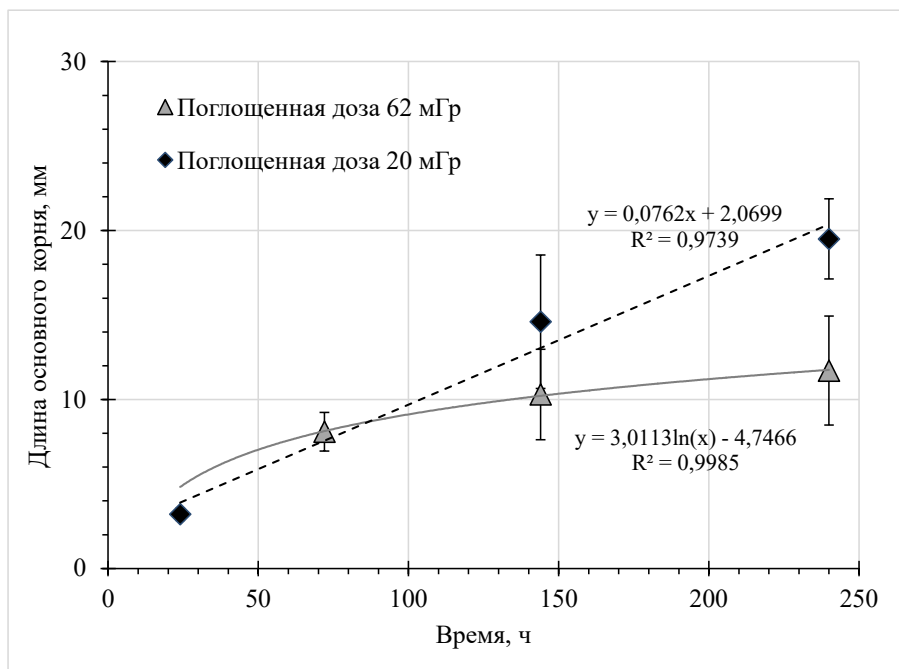


Рис. 3. Изменение длины основного корня гороха в зависимости от дозы облучения и возраста растений
Changes in the length of the main root of peas depending on the radiation dose and the age of the plants

Ранее в работе [18] Е.А. Кравец с соавторами оценивали влияние гамма-облучения на цитогенетические и морфометрические показатели гороха после подращивания в течение 8–14 дней. Исследователи использовали высокие дозы облучения: от 2 до 20 Гр, что в сто и более раз превышало дозы облучения, которые применяли мы в своей работе. В [18] показано, что частота aberrантных анафаз превышает контрольный уровень уже при дозе 2 Гр, в то время как угнетение роста побегов и корней

начинается при дозах 4–6 Гр. При дозах облучения 8 Гр и выше происходила остановка роста побегов и корней [18]. Эти исследования показали, что цитогенетические параметры развития гороха чувствительнее к гамма-облучению, чем морфометрические. Этот вывод также был подтвержден в работе [17], где регистрировали повышенный уровень хромосомных нарушений и микроядер клеток гороха при дозе облучения 0,4 Гр (400 мГр), а угнетение фитомассы наблюдали при дозе облучения 10 Гр и

росте растений в течение 96 сут. В обзоре [16] повышенный уровень хромосомных нарушений клеток гороха отмечается при дозах гамма-облучения 30 Гр и выше.

Анализ приведенных выше и других работ по эффектам гамма-облучения на морфометрические показатели гороха свидетельствует, что отсутствуют данные по радиобиологическим эффектам в области официальных малых доз облучения – 100 мГр. В работе [17] дозы облучения как минимум в несколько раз выше официальных малых доз. В проведенных нами исследованиях впервые получены достоверные эффекты влияния гамма-облучения на морфометрические параметры гороха при малых дозах 20 и 62 мГр (см. табл. 1 и 2).

В заключительной части обзора [16] указывают, что биотест на основе *Pisum sativum* по цитогенетической чувствительности к действию химических и других факторов окружающей среды уступает луковому биотесту (*Allium cepa*). В работе [15] А.В. Зуева и соавторы отмечают, что возрастание доли aberrантных клеток проростков лука (*A. cepa*) с нарушениями разных типов проявилось спустя 24 ч при малых дозах 20 мГр и выше, а угнетение роста корней наблюдали только спустя 48 ч при малой дозе облучения 140 мГр. Е.А. Трофимова и соавторы в работе [14] отмечают угнетение роста корней лука при малой дозе облучения 100 мГр спустя 6 и 10 дней после облучения. В проведенных нами исследованиях эффекты влияния гамма-облучения на рост гороха при дозах 20 и 62 мГр соответствуют вышеотмеченным данным по пороговым дозам для роста корней лука (100–140 мГр) [14, 15]. Наши данные по близкой сравнительной чувствительности биотестов на основе гороха и лука к гамма-облучению не согласуются с выводами обзора [16] о преимуществах лукового биотеста.

В работах [6, 18] отмечали существование различных аномалий развития растений после облучения высокими дозами. В наших экспериментах по облучению гороха малыми дозами и развитию облученных растений регистрировали единичные аномалии, такие как формирование второго побега и дополнительных видоизмененных листьев: усов, развивающихся на прилистниках. Для гороха сорта Радомир, являющегося листочковым,

нехарактерно развитие усатого типа листа, поэтому данное проявление может представлять интерес для селекционеров. Также у некоторых образцов было отмечено уменьшение размеров обоих или одного прилистника либо изменение их формы. В контрольных условиях подобные отклонения от нормы отмечены не были. В дальнейших экспериментах при увеличении дозы облучения и времени подращивания растений следует обратить внимание на появление подобных аномалий.

ВЫВОДЫ

1. В проведенных лабораторных экспериментах впервые получены достоверные негативные эффекты влияния гамма-облучения проростков *Pisum sativum* в малых дозах (20 и 62 мГр) на развитие растений спустя 6–10 дней после облучения. Среди морфометрических параметров гороха негативное влияние гамма-облучения показано на рост основного и боковых корней. В экспериментах с облучением проростков гороха подтвержден ранее известный факт, что корни являются более чувствительным параметром к облучению по сравнению с побегами.

2. Характер изменения длины основного корня гороха от времени проращивания при дозе 20 мГр описывается линейным уравнением, а для более высокой дозы облучения 62 мГр данные могут быть аппроксимированы логарифмическим уравнением с насыщением. Разный характер зависимости длины корня от времени подращивания после облучения показывает возможную тенденцию роста растения при разных дозах облучения и времени подращивания.

3. Полученные нами эффекты влияния гамма-облучения на рост корневой системы гороха при малых дозах соответствуют опубликованным данным по пороговым дозам для роста корней лука (*Allium cepa*), широко используемого в биотестировании. Следовательно, чувствительность *Pisum sativum* к малым дозам гамма-облучения потенциально делает его пригодным в качестве тест-объекта для проведения исследований ионизирующего излучения.

Авторы благодарят старшего научного сотрудника лаборатории радиоэкологии ИБФ ФИЦ «Красноярский

научный центр СО РАН», канд. биол. наук Д.В. Дементьева за помощь в проведении работ по гамма-облучению проростков гороха.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ (проект № FWES-2024-0024).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *ICRP*, 2009. Environmental Protection: the Concept and Use of Reference Animals and Plants. International Commission on Radiological Protection (ICRP) Publication 108. Approved by the Commission in October 2008. Published by Elsevier Ltd, 2009. – 242 p.
2. *UNSCEAR* 2000. Sources and Effects of Ionizing Radiation. United Nations. Report to the General Assembly, with Scientific Annexes. Vol. II: Effects. Annex G. Biological effects at low radiation doses. United Nations. New York, 2000. – P. 75–161.
3. Low doses of gamma-radiation induce nonlinear dose responses in mammalian and plant cells / S.I. Zaichkina, O.M. Rozanova, G.F. Aptikaeva [et al.] // *Nonlinearity in biology, toxicology, medicine*. – 2004. – Vol. 2 (3). – P. 213–221.
4. *Актуальная радиобиология* / Л.А. Ильин, Л.М. Рождественский, А.Н. Котеров [и др.]. – М., 2015. – 240 с.
5. Effect of gamma radiation on morphological, biochemical, and physiological aspects of plants and plant product / S. Jan, T. Parween, T.O. Siddiqi, Mahmooduzzafar // *Environ. Rev.* – 2012. – Vol. 20. – P. 17–39.
6. Effect of ionizing radiation on physiological and molecular processes in plants / S.V. Gudkov, M.A. Grinberg, V. Sukhov, V. Vodeneev // *Journal of Environmental Radioactivity*. – 2019. – Vol. 202. – P. 8–24.
7. Non-linear dose response of a few plant taxa to acute gamma radiation / J.T. George, B.B. Patel, V.A. Rane [et al.] // *Cytologia*. – 2014. – Vol. 79 (1). – P. 103–109.
8. Radioactive contamination of the Yenisei River / S.M. Vakulovsky, I.I. Kryshev, A.I. Nikitin [et al.] // *Journal of Environmental Radioactivity*. – 1995. – Vol. 29. – P. 225–236.
9. *Bolsunovsky A.* Artificial radionuclides in sediment of the Yenisei River // *Chemistry and Ecology*. – 2010. – Vol. 26 (6). – P. 401–409.
10. *Закономерности* распределения и миграции радионуклидов в долине реки Енисей / Ф.В. Сухоруков, А.Г. Дегерменджи, В.М. Белолипецкий [и др.]. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2004. – 286 с.
11. *Bolsunovsky A., Dementyev D., Trofimova E.* Biomonitoring of radioactive contamination of the Yenisei River using aquatic plants // *Journal of Environmental Radioactivity*. – 2020. – Vol. 211, Art. No. 106100.
12. Use of the aquatic plant *Elodea canadensis* to assess toxicity and genotoxicity of Yenisei River sediments / T.A. Zotina, E.A. Trofimova, M.Yu. Medvedeva [et al.] // *Environmental Toxicology and Chemistry*. – 2015. – Vol. 34. – P. 2310–2321.
13. Chromosomal aberrations and micronuclei induced in onion (*Allium cepa*) by gamma-radiation / A.Y. Bolsunovsky, D.V. Dementyev, E.A. Trofimova [et al.] // *Journal of environmental radioactivity*. – 2019. – Vol. 207. – P. 1–6.
14. Трофимова Е.А., Дементьев Д.В., Болсуновский А.Я. Влияние γ -излучения на развитие растений из облученных семян и проростков *Allium cepa* L. // *Радиационная биология. Радиоэкология*. – 2019. – № 59 (3). – С. 293–299.
15. Действие гамма-излучения в малых дозах на цитогенетические параметры проростков семян лука *Allium cepa* в экспериментах разной длительности / А.В. Зуева, Е.А. Трофимова, Д.В. Дементьев, А.Я. Болсуновский // *Радиационная биология. Радиоэкология*. – 2021. – № 61 (2). – С. 180–188.
16. Grant W.F., Owens E.T. Chromosome aberration assays in *Pisum* for the study of environmental mutagens // *Mutation Research*. – 2001. – Vol. 488. – P. 93–118.
17. Zaka R., Chenal C., Misset M.T. Study of external low irradiation dose effects on induction of chromosome aberrations in *Pisum sativum* root tip meristem // *Mutation Research*. – 2002. – Vol. 517 (1–2). – P. 87–99.
18. Критический уровень радиационного повреждения апикальной меристемы корня и механизмы ее восстановления у *Pisum sativum* L. / Е.А. Кравец, А.Н. Михеев, Л.Г. Овсянникова, Д.М. Гродзинский // *Цитология и генетика*. – 2011. – № 1. – С. 24–34.
19. Орешникова О.П., Кожухова Е.В. Энергия прорастания и всхожесть разных морфотипов гороха при обработке стимулятором роста // *Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет)*. – 2021. – № 2 (59). – С. 53–61.

20. Кожухова Е.В., Орешникова О.П. Продолжительность вегетационного периода коллекционных образцов гороха в Восточной Сибири // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2022. – № 1 (62). – С. 37–45.

REFERENCES

1. ICRP, 2009. Environmental Protection: the Concept and Use of Reference Animals and Plants. International Commission on Radiological Protection (ICRP) Publication 108. Approved by the Commission in October 2008. Published by Elsevier Ltd, 2009, 242 p.
2. UNSCEAR 2000. Sources and Effects of Ionizing Radiation. United Nations. Report to the General Assembly, with Scientific Annexes. Volume II: Effects. Annex G. Biological effects at low radiation doses. United Nations. New York, 2000, pp. 75–161.
3. Zaichkina S.I., Rozanova O.M., Aptikaeva G.F. et al., Low doses of gamma-radiation induce nonlinear dose responses in mammalian and plant cells, *Nonlinearity in biology, toxicology, medicine*, 2004, Vol. 2. (3), pp. 213–221.
4. Il'in L.A., Rozhdestvenskij L.M., Koterov A.N., Borisov N.M., *Aktual'naja radiobiologija* (Current radiobiology), Moscow, 2015. 240 p.
5. Jan S., Parween T., Siddiqi T.O., Mahmooduzzafar, Effect of gamma radiation on morphological, biochemical, and physiological aspects of plants and plant product, *Environ. Rev.* 2012, Vol. 20, pp. 17–39.
6. Gudkov S.V., Grinberg, M.A., Sukhov V., Vodeneev V., Effect of ionizing radiation on physiological and molecular processes in plants, *Journal of Environmental Radioactivity*, 2019, Vol. 202, pp. 8–24.
7. George J.T., Patel, B.B., Rane V.A. et al., Non-linear dose response of a few plant taxa to acute gamma radiation, *Cytologia*, 2014, Vol. 79 (1), pp. 103–109.
8. Vakulovsky S.M., Kryshev I.I., Nikitin A.I., Savitsky Y.V., Malyshev S.U., Tertyshnik E.G., Radioactive contamination of the Yenisei River, *Journal of Environmental Radioactivity*, 1995, Vol. 29, pp. 225–236.
9. Bolsunovsky A., Artificial radionuclides in sediment of the Yenisei River, *Chemistry and Ecology*, 2010, Vol. 26 (6), pp. 401–409.
10. Sukhorukov F.V., Degermendzhi A.G., Belolipetskii V.M et al., *Zakonomernosti raspredeleniya i migratsii radionuklidov v doline reki Enisei* (Patterns of distribution and migration of radionuclides in the Yenisei River valley), Novosibirsk: Izd-vo SO RAN. Filial «Geo», 2004, 286 p.
11. Bolsunovsky A., Dementyev D., Trofimova E., Biomonitoring of radioactive contamination of the Yenisei River using aquatic plants, *Journal of Environmental Radioactivity*, 2020, Vol. 211, Art. No. 106100.
12. Zotina T.A., Trofimova E.A., Medvedeva M.Yu., Dementyev D.V., Bolsunovsky A.Ya., Use of the aquatic plant *Elodea canadensis* to assess toxicity and genotoxicity of Yenisei River sediments, *Environmental Toxicology and Chemistry*, 2015, Vol. 34, pp. 2310–2321.
13. Bolsunovsky A.Y., Dementyev D.V., Trofimova E.A. et al., Chromosomal aberrations and micronuclei induced in onion (*Allium cepa*) by gamma-radiation, *Journal of environmental radioactivity*, 2019, Vol. 207, pp. 1–6.
14. Trofimova E.A., Dementyev D.V., Bolsunovsky A.Ya., *Radiation biology. Radioecology*, 2019, Vol. 59 (3), pp. 293–299. (in Russ.)
15. Zueva A.V., Trofimova E.A., Dement'ev D.V., Bolsunovskii A.Ya., *Radiation biology. Radioecology*, 2021, Vol. (2), pp. 180–188. (in Russ.)
16. Grant W.F., Owens E.T., Chromosome aberration assays in *Pisum* for the study of environmental mutagens, *Mutation Research*, 2001, Vol. 488, pp. 93–118.
17. Zaka R., Chenal C., Misset M.T., Study of external low irradiation dose effects on induction of chromosome aberrations in *Pisum sativum* root tip meristem, *Mutation Research*, 2002, Vol. 517 (1–2), pp. 87–99.
18. Kravets E.A., Mykheyev A.N., Ovsyannikova L.G., Grodzynsky D.M., *Cytology and genetics*, 2011, No. 1, pp. 24–34 (in Russ.).
19. Oreshnikova O.P., Kozhukhova E.V., *Vestnik NGAU*, 2021, No. 2 (59), pp. 53–61.
20. Kozhukhova E.V., Oreshnikova O.P., *Vestnik NGAU*, 2022, No.1 (62), pp. 37–45.

DOI: 10.31677/2072-6724-2024-72-3-22-31
УДК 633.14:631.529

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА АДАПТИВНОСТИ, СТАБИЛЬНОСТИ И СТРЕССОУСТОЙЧИВОСТИ ПО УРОЖАЙНОСТИ СОРТОВ ОЗИМОЙ РЖИ В УСЛОВИЯХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Н.Н. Ермошкина, научный сотрудник

Г.В. Артемова, кандидат биологических наук

П.И. Степочкин, доктор сельскохозяйственных наук

А.А. Саламатина, аспирант

Сибирский научно-исследовательский институт растениеводства и селекции – филиал Института цитологии и генетики Сибирского отделения РАН, р.п. Краснообск Новосибирской обл., Россия

E-mail: natali.erm@bk.ru

Ключевые слова: озимая рожь, сорт, урожайность, адаптивность, пластичность, стабильность, стрессоустойчивость.

Реферат. В настоящее время особое значение в селекционном процессе приобретает адаптивность и стабильность исследуемого признака, т.е. способность сорта поддерживать оптимальный уровень признака в различных почвенно-климатических условиях. Проведено исследование с целью комплексного изучения параметров адаптивности, стабильности и стрессоустойчивости по урожайности сортов диплоидной озимой ржи разного эколого-географического происхождения в условиях Западной Сибири. Экспериментальная часть исследования выполнялась в течение 2019–2021 гг. на опытном участке СибНИИРС – филиал Института цитологии и генетики СО РАН, расположенном в Западно-Сибирском регионе. Материалом для проведения исследований служили: 6 сортов озимой ржи из ФИЦ «Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова» (Короткостебельная 69, Сибирская 87, Чулпан, Памяти Кунакбаева, Синильга, Алиса) и 8 сортов из РУП «НПЦ НАН Беларуси по земледелию» (Лота, Калинка, Голубка, Восток, Вердена, Талисман, Зубровка, Юбилейная). По результатам двухфакторного дисперсионного анализа влияние на урожайность оказывали генотипические различия между сортами – 77,34 % ($P < 0,05$) и сложившиеся условия выращивания в разные годы исследований – 11,98 % ($P < 0,05$). Урожайностью на уровне и выше стандарта Короткостебельная 69 (650 г/м²) характеризовались сорта: Сибирская 87 (689,0 г/м²) и Юбилейная (706,0 г/м²). В результате комплексной оценки с помощью ранжирования на адаптивность, стабильность и стрессоустойчивость выделены сорта озимой ржи: Юбилейная (102), Короткостебельная 69 (97), Сибирская 87 (87), Зубровка (79), Алиса (77), Талисман (74). Выделенные сорта способны давать относительно высокую урожайность в контрастных условиях Западной Сибири.

COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF ADAPTABILITY, STABILITY AND STRESS RESISTANCE OF DIPLOID WINTER RYE VARIETIES UNDER CONDITIONS OF WESTERN SIBERIA

N.N. Ermoshkina, researcher

G.V. Artyomova, Candidate of Biology Sciences

P.I. Stepochkin, Doctor of Agricultural Sciences

A.A. Salamatina, PhD-student

Siberian Research Institute of Plant Production and Breeding – a branch of the Institute of Cytology and Genetics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk Region, b. pos. Krasnoobsk, Russia

E-mail: natali.erm@bk.ru

Keywords: winter rye, variety, yield productivity, adaptability, plasticity, stability, stress resistance.

Abstract. Currently, the adaptability and stability of the trait under study, i.e., the ability of a variety to maintain the optimal level of the trait in different soil and climatic conditions, is of particular importance in the breeding process. A research was conducted to comprehensively study the parameters of adaptability, stability and stress resistance in terms of yield of diploid winter rye varieties of different ecological and geographical origins in the conditions of Western Siberia. The experimental part of the study was carried out during 2019–2021, at the

experimental site of SibNIIRS - a branch of the ICG SB RAS, located in the West Siberian region. The material for the research was: 6 varieties of winter rye from of the FRC «N.I. Vavilov All-Russian Research Institute of Plant Genetic Resources» (Korotkostebel'naya 69, Sibirskaya 87, Chulpan, Pamyati Kunakbaeva, Sinilga, Alisa) and 8 varieties from the Republican unitary enterprise «Research and Practical Center of National Academy of Sciences of the Republic of Belarus for Arable Farming» (Lota, Kalinka, Golubka, Vostok, Verdun, Talisman, Zubrovka, Yubileynaya). According to the results of two-factor analysis of variance, the yield was influenced by genotypic differences between varieties - 77.34% ($P < 0.05$) and the prevailing growing conditions in different years of research - 11.98% ($P < 0.05$). The varieties Sibirskaya 87 (689.0 g/m²) and Yubileynaya (706.0 g/m²) were characterized by productivity at the level or higher than the standard Korotkostebel'naya 69 (650 g/m²). As a result of a comprehensive assessment using ranking for adaptability, stability and stress resistance, the following winter rye varieties were identified: Yubileynaya (102), Korotkostebel'naya 69 (97), Sibirskaya 87 (87), Zubrovka (79), Alisa (77), Talisman (74). The selected varieties are capable of producing relatively high yields in the contrasting conditions of Western Siberia.

Озимая рожь (*Secale cereale* L.) традиционно относится к числу важнейших сельскохозяйственных культур, поскольку она обладает уникальными пищевыми и кормовыми качествами. В то же время эта культура имеет самый высокий страховой потенциал благодаря устойчивости к комплексу неблагоприятных факторов окружающей среды и относительно низким прямым затратам [1–4].

В условиях резко континентального климата Западной Сибири эффективно использовать адаптированные сорта озимой ржи, имеющие высокий показатель урожайности. Увеличение потенциала урожайности озимой ржи является одним из важнейших направлений селекционных программ, определяющихся генотипом, окружающей средой и эффектами их взаимодействия [5]. Вместе с тем потенциальные возможности сорта по урожайности могут полностью реализоваться только в том случае, если условия выращивания соответствуют его биологическим требованиям при изменяющихся условиях выращивания. Многочисленными исследованиями различных отечественных и зарубежных ученых было установлено, что один и тот же признак у сорта в различных экологических условиях проявляется по-разному [6–8]. Поэтому для повышения урожайности генетически разнообразных сортов озимой ржи и их стабильности в производственных условиях необходим правильный выбор сорта, характеризующегося экологической устойчивостью и способного максимально адаптироваться к конкретным природно-климатическим условиям того или иного региона, в частности к условиям Западной Сибири [9–13]. В связи с этим необходимо комплексное изучение сортов озимой ржи

по параметрам адаптивности, стабильности и стрессоустойчивости для дальнейшего создания высокоурожайных сортов озимой ржи с повышенным уровнем адаптивности к стрессовым условиям [14, 15]. Таким образом, устойчивые к климатическим условиям генотипы ржи более эффективно и оптимально будут реализовываться в селекционных программах.

Цель исследования – комплексная оценка параметров адаптивности, стабильности и стрессоустойчивости по урожайности сортов диплоидной озимой ржи разного эколого-географического происхождения в условиях Западной Сибири.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Экспериментальная часть работы по оценке продуктивности и адаптивности коллекционных образцов диплоидной озимой ржи проводилась с 2019 по 2021 г. на опытных полях Сибирского НИИ растениеводства и селекции – филиала Института цитологии и генетики СО РАН. Опытное поле расположено в Новосибирском районе Новосибирской области на левом берегу реки Обь и в 25 км юго-западнее города Новосибирск в лесостепной зоне Приобья. Почвенный покров опытного участка представлен черноземом выщелоченным среднесуглинистым, реакция среды в пахотном слое слабокислая (рН 6,7), в карбонатных горизонтах – щелочная (рН 7,9). Содержание гумуса составляет 4,2 %, валового фосфора – 0,30 %, общего азота – 0,34 %, подвижного фосфора и калия (по Чирикову) – соответственно 29 и 13 мг/100 г почвы. Глубина пахотного слоя 41–46 см [16].

Климат в зоне проведения исследования резко континентальный. Распределение осадков на территории данной природно-климатической зоны носит неустойчивый и неравномерный характер. Отличительные особенности этой зоны: часто короткая и сухая весна с постоянно возвращающимися холодами, жаркое лето с неравномерными выпадающими осадками [17].

В годы исследования значительно различались условия тепло- и влагообеспеченности вегетационного периода, что оказало существенное влияние на урожайность зерна коллекционных образцов озимой ржи. Для характеристики метеорологических условий использованы данные ГМОС «Огурцово». В годы исследования с мая по июль был рассчитан гидротермический коэффициент Г.Т. Селянинова ($ГТК = \text{сумма осадков}/0,1 \times \text{сумма эффективных температур} > 10 \text{ }^\circ\text{C}$) по шкале Г.В. Хомякова и Е.К. Зойдзе [18, 19].

Условия в 2019 и 2020 гг. характеризовались оптимальным увлажнением (ГТК май-июль – 1,03 и 1,24 соответственно). Однако распределение осадков было неравномерным: в мае обеспеченность растений влагой была близкой к оптимальной и на уровне оптимальной (ГТК – 0,94 и 1,19), в июне – очень низкой (ГТК – 0,51 и 0,50), а в июле – избыточной (ГТК – 1,65 и 2,02). Малоблагоприятным являлся 2021 г., так как весенне-летний период характеризовался недостаточным увлажнением (ГТК май-июль – 0,88), что было связано с сильно засушливыми условиями в мае и июле (ГТК – 0,57 и 0,57 соответственно), несмотря на обильные осадки в июне (ГТК – 1,51). Отмеченные в разные годы изменения метеорологических условий отражают важную климатическую особенность региона: абсолютную нестабильность по увлажнению и температурному фактору.

Посев проведен в начале первой декады сентября ручным способом. Агротехника проведения опыта общепринятая для Западно-Сибирского региона. Площадь делянки коллекционного питомника – 1 м², повторность трехкратная, норма высева 300 зерен/м² или 3 млн всхожих зерен на гектар. Уборку растений проводили ручным способом.

Материалом для проведения исследований служили сорта диплоидной озимой ржи различного эколого-географического происхождения: 6

сортов российской селекции ФИЦ «Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова» (Короткостебельная 69, Сибирская 87, Чулпан, Памяти Кунакбаева, Синильга, Алиса) и 8 сортов белорусской селекции РУП «НПЦ НАН Беларуси по земледелию» (Лота, Калинка, Голубка, Восток, Вердена, Талисман, Зубровка, Юбилейная). В качестве стандарта высевался районированный сорт Короткостебельная 69.

Оценку урожайности осуществляли в соответствии с методическими указаниями по изучению мировой коллекции ржи и методикой государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [20, 21]. Дисперсионный анализ и ранжирование объектов по совокупности признаков проведены с помощью прикладной программы Snedecor V5. Критический уровень значимости 5 %.

Исследования на экологическую адаптивность проводились методом оценки урожайности сортов озимой ржи по параметрам: значение средней урожайности X и коэффициента вариации CV – по Б.А. Доспехову [22]; индекса условий среды I_j , пластичности bi и стабильности σ^2 – по S.A. Eberhart и W.A. Russell в изложении В.А. Зыкина [23, 24]; селекционную ценность Sc и гомеостатичность Hom – по В.В. Хангильдину в изложении Л.И. Лихачевой и А.В. Москалева [25–27], уровень стрессоустойчивости C и генетической гибкости KC – по А.А. Rosielle, J. Hamblin в изложении А.А. Гончаренко [28, 29]; коэффициент адаптивности KA – по Л.А. Животкову [30], коэффициент мультипликативности KM – по В.А. Драгавцеву [31], индекс экологической пластичности $ИЭС$ – по А.А. Грязнову [32].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

С помощью двухфакторного дисперсионного анализа установлено, что наибольший вклад в изменчивость урожайности обеспечивается генотипическими различиями между сортообразцами, доля влияния которых составила 77,34 % ($P < 0,05$). При этом доля влияния на изменчивость признака условий, сложившихся в разные годы исследований, составила 11,98 % ($P < 0,05$). Это свидетельствует о том, что из-

менчивость признака урожайности обусловлена не только генетической природой, но и условиями выращивания. Используя показатели индекса среды I_j по годам для сортов озимой ржи, можно характеризовать худшие или лучшие условия. В 2019 и 2020 гг. индекс среды имел положительные значения ($I_j = +7,61$ и $I_j = +45,38$ соответственно), что свидетельствует о достаточно благоприятных условиях возделывания. Это подтверждается показателями урожайности (572,59 г/м² и 610,36 г/м²). Отрицательное значение $I_j = -52,99$ в 2021 г. указывают на неблагоприятный гидротерми-

ческий режим для формирования урожая зерна ржи 511,99 г/м².

Средняя урожайность изученных генотипов ржи составила 565,0 г/м² (табл. 1) с размахом варьирования от 332,5 г/м² (Восток) до 760,0 г/м² (Юбилейная). Наибольшей урожайностью на уровне и выше стандарта Короткостебельная 69 (650 г/м²) характеризовались сорта: Сибирская 87 (689,0 г/м²) и Юбилейная (706,0 г/м²). Превышение урожайности по отношению к стандарту Короткостебельная 69 составило у сорта Юбилейная +46,1 г/м² и у сорта Сибирская 87 +29,1 г/м².

Таблица 1

Показатели урожайности и гомеостатичности сортов озимой ржи, 2019–2021 гг.
Yield and homeostatic indicators of winter rye varieties, 2019–2021

| Сорт | Y_{\min} | Y_{\max} | Средняя урожайность, г/м ² | CV , % | Ном |
|------------------------------------|------------|------------|---------------------------------------|----------|-------|
| Короткостебельная 69 (<i>st</i>) | 633,5 | 680,8 | 659,9 | 3,7 | 180,6 |
| Сибирская 87 | 650,3 | 742,2 | 689,0 | 6,9 | 99,7 |
| Чулпан | 550,9 | 699,4 | 614,0 | 12,5 | 49,1 |
| Памяти Кунакбаева | 502,7 | 698,0 | 601,1 | 16,2 | 37,0 |
| Синильга | 460,0 | 539,8 | 512,6 | 8,9 | 57,7 |
| Алиса | 527,0 | 708,4 | 631,2 | 14,8 | 42,5 |
| Лота | 334,3 | 458,7 | 505,9 | 15,8 | 25,7 |
| Калинка | 474,8 | 543,4 | 404,8 | 6,9 | 73,7 |
| Голубка | 385,2 | 431,7 | 411,9 | 5,8 | 70,6 |
| Восток | 332,5 | 452,7 | 383,5 | 16,2 | 23,7 |
| Вердена | 466,0 | 590,9 | 541,8 | 12,3 | 44,1 |
| Талисман | 501,8 | 710,5 | 614,5 | 17,1 | 35,8 |
| Зубровка | 542,9 | 721,5 | 633,6 | 14,1 | 44,9 |
| Юбилейная | 653,5 | 760,0 | 706,0 | 7,5 | 93,6 |

Примечание. *st* – стандартный сорт; Y_{\min} – минимальная урожайность, г/м²; Y_{\max} – максимальная урожайность, г/м²; CV – коэффициента вариации, %; *Ном* – гомеостатичность.

Note. *st* – standard variety; Y_{\min} – minimum yield, g/m²; Y_{\max} – maximum yield, g/m²; CV , % – coefficient of variation, %; *Ном* – homeostatic.

Коэффициент вариации CV является самым простым показателем, который выявляет реакцию растений на неблагоприятные условия окружающей среды. У всех сортообразцов ржи в опыте отмечен низкий и средний коэффициент вариации по урожайности в пределах от 3,7 до 17,1 %. Наименьшие значения CV отмечены у сортов сибирской селекции Короткостебельная 69, Сибирская 87, Синильга, а также у сортов белорусской селекции Калинка, Голубка, Юби-

лейная ($V = 5,8–7,5$ %), что говорит о более высокой их стабильности и однородности.

Способность растений формировать урожай при неблагоприятных условиях среды называется гомеостатичностью. Сорта с высокой гомеостатичностью по В.В. Хангильдину (*Ном*) могут сводить к минимуму негативные воздействия окружающей среды. Чем выше значение *Ном*, тем более гомеостатичен сорт. Высокая гомеостатичность отмечена у сортов Короткостебельная 69 (180,6), Сибирская 87 (99,7), Си-

нильга (57,7), Калинка (73,7), Голубка (70,6), Юбилейная (93,6). Таким образом, согласно полученным данным гомеостатичности и коэффициента вариации была выделена идентичная реакция сортов озимой ржи.

Коэффициент экологической пластичности bi , показывающий отзывчивость сортов на изменения условий выращивания, принимает значения больше, меньше или равное единице (табл. 2). Пластичные сорта имеют полное соответствие изменения урожайности сорта к изменению условий выращивания ($bi = 1$), к таким сортам относится сорт озимой ржи Юбилейная ($bi = 1,06$). Высокопластичные сорта интенсивного типа имеют коэффициент регрессии $bi > 1$ и сильную реакцию на

изменение условий среды. Можно выделить сорта интенсивного типа: Памяти Кунакбаева, Алиса, Восток, Вердена, Талисман, Зубровка ($1,16-2,12 > 1$). Из них только четыре сорта ржи – Памяти Кунакбаева, Алиса, Талисман, Зубровка – имели урожайность выше 600 г/м^2 . Малопластичными сортами ($bi < 1$) являются сорта экстенсивного типа, которые слабо откликаются на улучшение условий выращивания: Короткостебельная 69, Сибирская 87, Чулпан, Синильга, Лота, Калинка, Голубка ($0,16-0,93 < 1$). Несмотря на это только три сорта озимой ржи (Короткостебельная 69, Сибирская 87, Чулпан) сформировали высокий уровень урожайности от 614 до $689,0 \text{ г/м}^2$.

Таблица 2

Показатели адаптивности, стабильности и стрессоустойчивости сортов озимой ржи по признаку «урожайность», 2019–2021 гг.
Indicators of adaptability, stability and stress resistance of winter rye varieties, 2019–2021.

| Сорт | bi | σd^2 | КА, % | ИЭП | КМ | Sc | C | КС |
|---------------------------|------|--------------|-------|-----|------|-------|--------|-------|
| Короткостебельная 69 (st) | 0,48 | 0,36 | 116,8 | 1,2 | 1,4 | 614,0 | -47,3 | 657,2 |
| Сибирская 87 | 0,88 | 52,92 | 122,0 | 1,2 | 1,0 | 603,7 | -91,9 | 696,3 |
| Чулпан | 0,93 | 577,91 | 108,7 | 1,1 | 1,0 | 483,6 | -148,5 | 625,2 |
| Памяти Кунакбаева | 1,95 | 20,77 | 106,4 | 1,1 | 3,2 | 432,9 | -195,3 | 600,4 |
| Синильга | 0,86 | 41,62 | 90,7 | 0,9 | 2,2 | 436,8 | -79,8 | 499,9 |
| Алиса | 1,87 | 19,27 | 111,7 | 1,1 | 2,8 | 469,6 | -181,4 | 617,7 |
| Лота | 0,74 | 417,11 | 71,6 | 0,7 | 0,1 | 295,0 | -124,4 | 396,5 |
| Калинка | 0,16 | 175,82 | 89,5 | 0,9 | 0,84 | 442,1 | -68,6 | 509,1 |
| Голубка | 0,48 | 1,29 | 72,9 | 0,7 | 1,7 | 367,6 | -46,5 | 408,5 |
| Восток | 1,16 | 86,11 | 67,9 | 0,7 | 2,2 | 281,6 | -120,2 | 392,6 |
| Вердена | 1,31 | 32,92 | 95,9 | 1,0 | 2,2 | 427,3 | -124,9 | 528,5 |
| Талисман | 2,12 | 0,04 | 108,8 | 1,1 | 2,4 | 434,0 | -208,7 | 606,2 |
| Зубровка | 1,79 | 13,91 | 112,1 | 1,1 | 2,1 | 476,7 | -178,6 | 632,2 |
| Юбилейная | 1,06 | 10,89 | 125,0 | 1,3 | 1,8 | 607,0 | -106,5 | 706,8 |

Примечание. bi – коэффициент экологической пластичности (пластичность); σd^2 – величина стабильности реакции сортов (по S.A. Eberhart и W.A. Russell); КА – коэффициент адаптивности, % (по Л.А. Животкову); ИЭС – индекс экологической пластичности (по А.А. Грязнову); КМ – коэффициент мультипликативности; Sc – селекционная ценность; C – показатель стрессоустойчивости сорта; КС – компенсаторная способность (по А.А. Rossielle, J. Hemblin).

Note. bi – coefficient of environmental plasticity (plasticity); σd^2 – tability value of varieties responses (according to S.A. Eberhart and W.A. Russell); КА – adaptivity coefficient, % (according to L.A. Zhivotkov); ИЭС – index of environmental plasticity (according to A.A. Griaznov); КМ – multiplicativity coefficient; Sc – selection value; C – value of stress resistance of a variety; КС – compensatory capacity (according to A.A. Rossielle, J. Hemblin).

Среднеквадратичное отклонение σd^2 (стабильность) – это способность сортов сохранять постоянство признаков при изменяющихся

условиях выращивания. Если коэффициент стабильности меньше или равен нулю, то сорт наиболее стабилен, кроме того, это свидетель-

ствуется о его лучшей приспособленности к изменяющимся условиям выращивания. В изученном наборе сортов наиболее стабильными были сорта Короткостебельная 69 и Талисман ($\sigma^2 = 0,04-0,36$), а также сорт Голубка ($\sigma^2 = 1,29$). Остальные образцы имеют нестабильную реакцию на изменяющиеся условия выращивания. При этом высокопластичные сорта ($bi > 1$ и $\sigma^2 > 1$) будут иметь максимальную урожайность при благоприятных внешних условиях, а малопластичные ($bi < 1$ и $\sigma^2 > 1$) будут стремиться к максимальной урожайности в неблагоприятных условиях. Наиболее ценными считаются генотипы, у которых $bi > 1$, а σ^2 стремится к нулю. Следовательно, такие генотипы наиболее отзывчивы на улучшение условий среды и устойчивы к их ухудшению, например, сорт ржи Талисман.

Для оценки пластичности сортов, наравне с методикой S.A. Eberhart, W.A. Rusell, применяют метод В.А. Драгавцева по расчету коэффициента мультипликативности КМ. Чем выше значение КМ, тем сильнее сорт реагирует на изменение окружающей среды. Наибольшее значение КМ было отмечено у сортов Памяти Кунакбаева (3,1) Синильга (2,2), Алиса (2,8), Восток (2,2), Вердена (2,2), Талисман (2,4) и Зубровка (2,4), что в целом соответствует показателям $bi > 1$. Исключение составляет сорт Синильга, который относился к малопластичным сортам ($bi < 1$). Сорта с минимальными значениями КМ (0,1–1,9) относятся к сортам экстенсивного типа.

Уровню урожайности сортов при возделывании в различных условиях соответствует критерий их общей адаптивной способности, для оценки используется коэффициент адаптивности по методике Л.А. Животкова (КА). При $КА > 100\%$ сорт считается адаптивным. Наибольшее значение КА было отмечено у следующих сортов: Короткостебельная 69, Сибирская 87, Чулпан, Памяти Кунакбаева, Алиса, Талисман, Зубровка, Юбилейная. Все выделенные сорта сформировали урожайность выше 600 г/м^2 .

Индекс экологической пластичности ИЭП по методу А.А. Грязнова дает оценку пластичности сорту для регионов с неблагоприятными климатическими условиями. Наиболее пластичными являются сорта при ИЭП > 1 . К та-

ким сортам относятся Короткостебельная 69, Сибирская 87, Чулпан, Памяти Кунакбаева, Алиса, Талисман, Зубровка, Юбилейная.

В практической селекции для оценки стабильности сортов используют показатель их селекционной ценности Sc , который основывается на сопоставлении продуктивности в лимитированной и оптимальной средах с учетом усредненного показателя урожайности для всех сред. Чем выше значение Sc , тем стабильнее сорт. Наиболее селекционно-ценными сортами ржи являются: Короткостебельная 69, Сибирская 87, Чулпан, Памяти Кунакбаева, Алиса, Зубровка, Юбилейная.

Важной характеристикой сортов является их устойчивость к стрессу (C), уровень которой определяется по разности между минимальным и максимальным значением урожайности. Данный показатель имеет отрицательный знак, чем меньше он по абсолютной величине, тем выше стрессоустойчивость. Относительную устойчивость к стрессовым условиям проявили такие сорта, как Короткостебельная 69, Сибирская 87, Синильга, Калинка, Голубка. Таким образом, по показателям коэффициента вариации, гомеостатичности и стрессоустойчивости лучшими адаптивными сортами считаются Короткостебельная 69, Сибирская 87, Синильга, Калинка, Голубка.

Для характеристики стрессоустойчивости используется показатель генетической гибкости или его компенсаторная способность (КС). Средняя урожайность сорта в контрастных условиях характеризует компенсаторную возможность сорта. Чем больше эта величина, тем выше степень соответствия между генотипом сорта и различными факторами среды [10, 11]. Максимальную компенсаторную способность имели сорта Короткостебельная 69, Сибирская 87, Чулпан, Памяти Кунакбаева, Алиса, Талисман, Зубровка и Юбилейная. Высокой стрессоустойчивостью и компенсаторной способностью характеризуются сорта Короткостебельная 69 и Сибирская 87.

Таким образом, при сравнении приведенных выше показателей адаптивных свойств, стабильности и стрессоустойчивости используют метод ранжирования сортов. Окончательная оценка приводится по сумме рангов. При ранжировании данного набора показали

преимущество следующие изученные сорта: Юбилейная (102), Короткостебельная 69 (97), Сибирская 87 (87), Зубровка (79), Алиса (77) и Талисман (74).

Высокоурожайный сорт ржи Юбилейная относился к категории пластичных сортов ($bi = 1$, $KM > 1$, $KA > 100$, $ИЭП > 1$), он имел высокий уровень гомеостатичности (Hom) и однородности (CV), сочетающийся с высокой селекционной ценностью (Sc) и генетической гибкостью (KC).

Сорта озимой ржи Короткостебельная 69 и Сибирская 87 относятся к сортам экстенсивного типа ($bi < 1$, $KM < 1$), характеризуются высоким уровнем урожайности (более 650 г/м^2), гомеостатичностью (Hom), стабильностью (CV), селекционной ценностью (Sc), адаптивностью ($ИЭП > 1$, $KA > 100$), стрессоустойчивостью (C) и компенсаторной способностью (KC).

Высокопластичные ($bi > 1$, $KM > 1$) и адаптивные ($ИЭП > 1$, $KA > 100$) сорта Алиса и Зубровка отличаются высокой селекционной ценностью (Sc) и компенсаторной способностью (KC).

Сорт ржи Талисман относится к сортам интенсивного типа ($bi > 1$, $KM > 1$) с высоким уровнем стабильности ($\sigma d^2 = 0$), адаптивности

($ИЭП > 1$, $KA > 100$) и компенсаторной способности (KC).

ВЫВОДЫ

1. По результатам двухфакторного дисперсионного анализа влияние на урожайность оказывали генотипические различия между сортами – $77,34 \%$ ($P < 0,05$) и сложившиеся условия выращивания в разные годы исследований – $11,98 \%$ ($P < 0,05$).

2. Наибольшей урожайностью на уровне и выше стандарта Короткостебельная 69 (650 г/м^2) характеризовались сорта: Сибирская 87 ($689,0 \text{ г/м}^2$) и Юбилейная ($706,0 \text{ г/м}^2$).

3. В результате комплексной оценки с помощью ранжирования на адаптивность, стабильность и стрессоустойчивость выделены сорта озимой ржи: Юбилейная (102), Короткостебельная 69 (97), Сибирская 87 (87), Зубровка (79), Алиса (77), Талисман (74). Выделенные сорта способны давать относительно высокую урожайность в контрастных условиях Западной Сибири.

Работа выполнена в рамках Государственного задания ИЦиГ СО РАН (проект № FWNR-2022-0018).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гончаренко А.А. Производство и селекция озимой ржи в России // *Зерновое хозяйство России*. – 2010. – № 4. – С. 25–32.
2. *Результаты селекции озимой ржи в Центральном-Чернозёмном селекцентре* / В.В. Чайкин, А.А. Тороп, С.А. Кузьменко [и др.] // *Достижения науки и техники АПК*. – 2012. – № 5. – С. 8–10.
3. Парфенова Е.С., Шамова М.Г., Жукова М.Н. Агробиологическое изучение коллекции озимой ржи // *Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет)*. – 2023. – № 3. – С. 82–92. – DOI: 10.31677/2072-6724-2023-68-3-82-92.
4. Julija C., James E., Axel G. Yield and Forage Characteristics of Winter Rye Cultivars for Use within the Upper Midwest. – 2024. – P. 13. – DOI: 10.20944/preprints202401.1682.v1.
5. Integrating different stability models to investigate genotype \times environment interactions and identify stable and high-yielding barley genotypes / B. Vaezi, A. Pour-Aboughadareh, R. Mohammadi, A. Mehraban // *Euphytica*. – 2019. – N 215 (4). – Article N 63. – DOI: 10.1007/s10681-019-2386-5.
6. Петрова А.А., Лухенко И.Е., Артемова Г.В. Актуальность увеличения доли озимой ржи в производственных посевах Западной Сибири // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. – 2023. – № 53 (3). – С. 53–62. – DOI: 10.26898/0370-8799-2023-3-6.
7. Gront E., Gozdowski D. Effect of Climate Change in Years 2006–2019 on Crop Yields in Poland. *European Journal of Sustainable Development*. – 2023. – N 12. – P. 225–236. – DOI: 10.14207/ejsd.2023.v12n4p225.
8. *U.S. cereal rye winter cover crop growth database*. Scientific Data / A. Huddell, R. Thapa, G. Marcillo [et al.]. – 2024. – N 11. – P. 200. – DOI:10.1038/s41597-024-02996-9.
9. Рыбась И.А. Повышение адаптивности в селекции зерновых культур // *Сельскохозяйственная биология*. – 2016. – Т. 51, № 5. – С. 617–626. – DOI: 10.15389/agrobiology.2016.5.617rus.

10. Сафонова И.В., Аниськов Н.И. Эффективность использования некоторых критериев определения адаптивности на примере сортов озимой ржи // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2023. – Т. 184, № 2. – С. 66–75. – DOI:10.30901/2227–8834-2023-2-66-75.
11. Константинова О.Б., Кондратенко Е.П. Оценка урожайности и стабильности новых сортов озимой ржи в условиях лесостепной зоны Кемеровской области // Достижения науки и техники АПК. – 2015. – Т. 29, № 3. – С. 7–9.
12. Phenomic selection in wheat breeding: prediction of the genotype-by-environment interaction in multi-environment breeding trials / P. Robert, E. Goudemand, J. Auzanneau [et al.] // Theor Appl Genet. – 2022 – N 135 (10). – P. 3337–3356. – DOI:10.1007/s00122–022–04170–4.
13. Genome and Environment Based Prediction Models and Methods of Complex Traits Incorporating Genotype × Environment Interaction / J. Crossa, O.A. Montesinos–López, P. Pérez–Rodríguez [et al.] // Methods Mol Biol. – 2022. – N 2467. – P. 245–283. – DOI:10.1007/978-1-0716-2205-6_9.
14. Jubair S, Domaratzki M. Crop genomic selection with deep learning and environmental data: A survey // Front Artif Intell. – 2023. – N 10 (5). – P. 1040295. – DOI: 10.3389/frai.2022.1040295.
15. Рекашус Э.С. Современные методы оценки продуктивности и стабильности селекционных достижений (обзор) // Достижения науки и техники АПК. – 2022. – Т. 36, № 4. – С. 52–60. – DOI: 10.53859/02352451_2022_36_4_52.
16. Результаты селекции яровой мягкой пшеницы в СибНИИРС – филиале ИЦиГ СО РАН / Е.И. Лихенко, В.В. Советов, Г.В. Артемова [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2021. – Т. 35, № 10. – С. 5–10.
17. Лубнин А.Н. Селекция мягкой яровой пшеницы в Сибири / РАСХН. Сиб. отд. ГНУ СибНИИРС. – Новосибирск, 2006. – С. 31–37.
18. Селянинов Г.Т. Методика сельскохозяйственной характеристики климата // Мировой агроклиматический справочник. Л.; М.: Гидрометеорол. изд-во, 1937. – С. 5–27.
19. Зоидзе Е.К., Хомякова Т.В. Моделирование формирования влагообеспеченности на территории Европейской России в современных условиях и основы оценки агроклиматической безопасности // Метеорология и гидрология. – 2006. – № 2. – С. 98–105.
20. Изучение и сохранение мировой коллекции ржи (методические указания) / Сост. В.Д. Кобылянский [и др.] – 2-е изд., доп. и перераб. – СПб.: ВИР, 2015. – 44 с.
21. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып. второй. Зерновые, крупяные, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры. – М: Калининская обл. тип., 1989. – 194 с.
22. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
23. Eberhart S.A., Russell W.A. Stability parameters for comparing varieties // Crop Science. – 1966. – Vol. 6, N 1. – P. 36–40. – DOI: 10.2135/cropsci1966.0011183X000600010011x.
24. Экологической пластичности сельскохозяйственных растений (методика и оценка) / В.А. Зыкин, И.А. Белан, В.С. Юсов [и др.]. – Уфа, 2011. – 97 с.
25. Хангильдин В.В. О принципах моделирования сортов интенсивного типа. Генетика количественных признаков сельскохозяйственных растений. – М.: Наука, 1978. – С. 111–115.
26. Хангильдин В.В., Бирюков С.В. Проблема гомеостаза в генетико–селекционных исследованиях // Генетико-цитологические аспекты в селекции сельскохозяйственных растений. – 1984. – № 1. – С. 67–76.
27. Лихачева Л.И., Москалев А.В. Экологическая адаптивность сортообразцов гороха посевного в условиях Среднего Урала // Достижения науки и техники АПК. – 2022. – № 36 (4). – С. 47–51. – DOI: 10.53859/02352451_2022_36_4_47.
28. Rosielle A.A., Hamblin J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments // Crop Science. – 1981. – N 21 (9). – P. 943–946. – DOI: 10.2135/cropsci1981.0011183X002100060033x.
29. Гончаренко А.А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2005. – № 6. – С. 49–53.
30. Животков Л.А., Морозова З.А., Секатуева Л.И. Методика выявления потенциальной продуктивности и адаптивности сортов и селекционных форм озимой пшеницы по показателю «урожайность» // Селекция и семеноводство. – 1994. – № 2. – С. 3–7.

31. Драгавцев В.А., Цильке Р.А., Рейтер Б.Г. Генетика признаков продуктивности яровой пшеницы в Западной Сибири. – Новосибирск: Наука, 1984. – 230 с.
32. Грязнов А.А. Селекция ячменя в Северном Казахстане // Селекция и семеноводство. – 2000. – № 4. – С. 2–8.

REFERENCES

1. Goncharenko A.A., *Zernovoe khozyaistvo Rossii*, 2010, No. 4, pp. 25–32. (In Russ.)
2. Chaikin V.V., Torop A.A., Kuz'menko S.A. i dr., *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2012, No. 5, pp. 8–10. (In Russ.)
3. Parfenova E.S., Shamova M.G., Zhukova M.N., *Vestnik NGAU (Novosibirskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet)*, 2023, No. 3, pp. 82–92. – DOI:10.31677/2072-6724-2023-68-3-82-92. (In Russ.)
4. Julija C., James E., Axel G., *Yield and Forage Characteristics of Winter Rye Cultivars for Use within the Upper Midwest*, 2024, pp. 13, DOI: 10.20944/preprints202401.1682.v1.
5. Vaezi B., Pour-Aboughadareh A., Mohammadi R., Mehraban A., Integrating different stability models to investigate genotype × environment interactions and identify stable and high-yielding barley genotypes, *Euphytica*, 2019, No. 215 (4), Article No. 63, DOI: 10.1007/s10681-019-2386-5.
6. Petrova A.A., Likhenko I.E., Artemova G.V., *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki*, 2023, No. 53 (3), pp. 53–62, DOI: 10.26898/0370-8799-2023-3-6. (In Russ.)
7. Gront, E., Gozdowski D., Effect of Climate Change in Years 2006-2019 on Crop Yields in Poland, *European Journal of Sustainable Development*, 2023, No. 12, pp. 225–236, DOI: 10.14207/ejsd.2023.v12n4p225.
8. Huddell A., Thapa R., Marcillo G. et al., U.S. cereal rye winter cover crop growth database, *Scientific Data*, 2024, No. 11, pp. 200, DOI: 10.1038/s41597-024-02996-9.
9. Rybas' I.A., *Sel'skhozjajstvennaja biologija*, 2016, Vol. 51, No. 5, pp. 617–626, DOI: 10.15389/agrobiology.2016.5.617rus. (In Russ.)
10. Safonova I.V., Anis'kov N.I., *Trudy po prikladnoj botanike, genetike i selekcii*, 2023, Vol. 184, No. 2, pp. 66–75, DOI: 10.30901/2227-8834-2023-2-66-75. (In Russ.)
11. Konstantinova O.B., Kondratenko E.P., *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2015, Vol. 29, No 3. pp. 7–9. (In Russ.)
12. Robert P., Goudemand E., Auzanneau J. [et al.], Phenomic selection in wheat breeding: prediction of the genotype-by-environment interaction in multi-environment breeding trials, *Theor Appl Genet*, 2022, No. 135 (10), pp. 3337–3356, DOI: 10.1007/s00122-022-04170-4.
13. Crossa J., Montesinos-López O.A., Pérez-Rodríguez P. [et al.], Genome and Environment Based Prediction Models and Methods of Complex Traits Incorporating Genotype × Environment Interaction, *Methods Mol Biol*, 2022, No. 2467, pp. 245–283, DOI: 10.1007/978-1-0716-2205-6_9.
14. Jubair S., Domaratzki M., Crop genomic selection with deep learning and environmental data: A survey, *Front Artif Intell*, 2023, No.10(5), pp. 1040295, DOI: 10.3389/frai.2022.1040295.
15. Rekasus Je.S., *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2022, Vol. 36, No. 4, pp. 52–60, DOI: 10.53859/02352451_2022_36_4_52. (In Russ.)
16. Lihenko E.I., Sovetov V.V., Artemova G.V. i dr., *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2021, Vol. 35, No. 10. pp. 5–10. (In Russ.)
17. Lubnin A.N., *Selekcija mjagkoj jarovoj pshenicy v Sibiri* (Breeding of soft spring wheat in Siberia), RASHN. Sib. otd-nie. GNU SibNIIRS. Novosibirsk, 2006, pp. 31–37. (In Russ.)
18. Seljaninov G.T., *Mirovoj agroklimaticheskij spravochnik*, Leningrad, Moscow: Gidrometeorologicheskoe izdatel'stvo, 1937, pp. 5–27. (In Russ.)
19. Zoidze E.K., Homjakova T.V., Modelirovanie formirovaniya vlogoobespechennosti na territorii Evropejskoj Rossii v sovremennyh usloviyah i osnovy ocenki agroklimaticheskoy bezopasnosti, *Meteorologija i gidrologija*, 2006, No. 2, pp. 98–105. (In Russ.)
20. *Izuchenie i sohranenie mirovoj kollekcii rzihi* (Study and preservation of the world's rye collection), pod V.D. Kobyljanskij i dr., Izd. 2-e, dop. i pererab., Sankt-Peterburg: VIR, 2015, 44 p. (In Russ.)
21. *Metodika Gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skhozjajstvennykh kul'tur. Vypusk vtoroj. Zernovye, krupjanye, zernobobovye, kukuruza i kormovye kul'tury* (Methodology of state variety testing of agricultural

- crops. Issue two. Cereals, grains, legumes, corn and forage crops), Moscow: Kalininskaja obl. tipografija, 1989, 194 p. (In Russ.)
22. Dosphehov B.A., *Metodika polevogo opyta* (Field experiment methodology), Moscow: Agropromizdat, 1985, 416 p. (In Russ.)
 23. Eberhart S.A., Russell W.A., Stability parameters for comparing varieties, *Crop Science*, 1966, Vol. 6, No. 1, pp. 36–40, DOI: 10.2135/cropsci1966.0011183X000600010011x.
 24. Zykin V.A., Belan I.A., Jusov V.S. i dr., *Jekologicheskoj plastichnosti sel'skhozjajstvennyh rastenij (metodika i ocenka)* (Ecological plasticity of agricultural plants (methodology and assessment)), Ufa, 2011, 97 p. (In Russ.)
 25. Hangil'din V.V., *O principah modelirovanija sortov intensivnogo tipa. Genetika kolichestvennyh priznakov sel'skhozjajstvennyh rastenij* (On the principles of modeling intensive varieties. Genetics of quantitative traits of agricultural plants), Moscow: Nauka, 1978, pp. 111–115. (In Russ.)
 26. Hangil'din V.V., Birjukov S.V., *Genetiko-citologicheskie aspekty v selekcii sel'skhozjajstvennyh rastenij*, 1984, No. 1, pp. 67–76. (In Russ.)
 27. Lihacheva L.I., Moskalev A.V., *Dostizhenija nauki i tehniki APK*, 2022, No. 36 (4), pp. 47–51, DOI: 10.53859/02352451_2022_36_4_47. (In Russ.)
 28. Rosielle A.A., Hamblin J., Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments, *Crop Science*, 1981, No. 21 (9), pp. 943–946, DOI: 10.2135/cropsci1981.0011183X002100060033x.
 29. Goncharenko A.A., *Vestnik Rossijskoj akademii sel'skhozjajstvennyh nauk*, 2005, No. 6, pp. 49–53. (In Russ.)
 30. Zhivotkov L.A., Morozova Z.A., Sekatueva L.I., *Selekcija i semenovodstvo*, 1994, No. 2, pp. 3–7. (In Russ.)
 31. Dragavcev V.A., Cil'ke R.A., Rejter B.G., *Genetika priznakov produktivnosti jarovoj pshenicy v Zapadnoj Sibiri* (Genetics of productivity traits of spring wheat in Western Siberia), Novosibirsk: Nauka, 1984, 230 p. (In Russ.)
 32. Grjaznov A.A., *Selekcija i semenovodstvo*, 2000, No. 4, pp. 2–8. (In Russ.)

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ЗЕЛЕННОЙ МАССЫ СОРГО С ПОМОЩЬЮ ГЕТЕРОЗИСНОЙ СЕЛЕКЦИИ

Н.А. Ковтунова, кандидат сельскохозяйственных наук

В.В. Ковтунов, кандидат сельскохозяйственных наук

А.Е. Романюкин, кандидат сельскохозяйственных наук

Н.С. Кравченко, кандидат биологических наук

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»

E-mail: n-beseda@mail.ru

Ключевые слова: сорго, гибрид, цитоплазматическая мужская стерильность, гетерозис, протеин, сухое вещество, жир, зола, клетчатка.

Реферат. Самым надежным и эффективным способом повышения не только урожайности, но и качества зеленой массы является применение гетерозисной селекции. Цель данной работы: установить гетерозисный эффект показателей качества зеленой массы у сорго-суданковых гибридов, созданных на основе цитоплазматической мужской стерильности. Объект исследований – сорго-суданковые гибриды, созданные в АНЦ «Донской». Урожайность сухого вещества варьировала у гибридов в пределах 746–1202 г/м². Наибольшие значения наблюдаются в комбинациях с участием ЦМС-линии АПВ-1115 (1045 г/м²). Гетерозисный эффект по урожайности сухого вещества отмечен у всех гибридов. Существенно превысили стандарт по урожайности сухого вещества 4 гибрида на 184–270 г/м²: АПВ-1115 × Кудесница, АПВ-1115 × ЧТ-22, Джетта × ЧТ-2, АПВ-1115 × Светлопленчатая 4 с высокими показателями гипотетического (38,1–64,1 %), истинного (93,2–142,0 %) и конкурсного (19,8–28,9 %) гетерозиса. Сбор перерабатываемого протеина имел значения от 49 до 84 г/м². Среди гибридов наибольший гетерозисный эффект отмечен у Деметра × Светлопленчатая 4 ($\Gamma_{\text{зун}} = 43,4\%$, $\Gamma_{\text{исм}} = 125,4\%$), Джетта × Яктик ($\Gamma_{\text{зун}} = 70,5\%$, $\Gamma_{\text{исм}} = 142,3\%$), АПВ-1115 × Кудесница ($\Gamma_{\text{зун}} = 72,8\%$, $\Gamma_{\text{исм}} = 108,9\%$), АПВ-1115 × Светлопленчатая 2 ($\Gamma_{\text{зун}} = 81,0\%$, $\Gamma_{\text{исм}} = 118,4\%$), АПВ-1115 × ЧТ-22 ($\Gamma_{\text{зун}} = 103,3\%$, $\Gamma_{\text{исм}} = 118,4\%$). В ходе исследований установлено, что по содержанию сырого протеина, золы, жира, клетчатки и безазотистых экстрактивных веществ (БЭВ) у большинства гибридов отмечено частичное или неполное доминирование больших значений. Однако для получения даже незначительного гетерозиса по содержанию протеина, клетчатки и БЭВ хотя бы один родитель должен иметь высокие значения признака. По совокупности гетерозисного эффекта по показателям качества зеленой массы выделены гибриды Джетта × Яктик, превысивший большую родительскую форму по содержанию сухого вещества ($\Gamma_{\text{исм}} = 10,5\%$) и жира ($\Gamma_{\text{исм}} = 14,4\%$), Джетта × ЧСС – сухого вещества и сырого протеина ($\Gamma_{\text{исм}} = 14,3$ и $1,3\%$), Деметра × Светлопленчатая 4 – сырого протеина, сухого вещества и золы ($\Gamma_{\text{исм}} = 3,8$; $5,9$ и $6,4\%$ соответственно). В целом полученные данные говорят о перспективности использования цитоплазматической мужской стерильности в селекции не только на продуктивность, но и на качество.

IMPROVING THE GREEN MASS QUALITY WITH THE HELP OF HETEROISIS BREEDING

N.A. Kovtunova, Candidate of Agricultural Sciences

V.V. Kovtunov, Candidate of Agricultural Sciences

A.E. Romanyukin, Candidate of Agricultural Sciences

N.S. Kravchenko, Candidate of Biological Sciences

FSBSI "Agricultural Research Center "Donskoy"

E-mail: n-beseda@mail.ru

Keywords: sorghum, hybrid, cytoplasmic male sterility, heterosis, protein, dry matter, oil, ash, fiber.

Abstract. The most reliable and effective way to improve both productivity and quality of green mass is the use of heterosis breeding. The purpose of the current work was to study the heterosis effect of green mass quality indicators in sorghum-Sudan hybrids developed based on cytoplasmic male sterility. The object of the study was the sorghum-Sudan hybrids developed by the Agricultural Research Center "Donskoy". Dry matter productivity

varied among the hybrids within 746-1202 g/m². The highest values have been observed in the combinations with the CMS-line 'APV-1115' (1045 g/m²). The heterosis effect on the dry matter productivity was found in all hybrids. Four hybrids 'APV-1115 x Kudesnitsa', 'APV-1115 x ChT-22', 'Dzhetta x ChT-2', 'APV-1115 x Svetloplenchataya 4' have significantly exceeded the standard in terms of dry matter productivity by 184-270 g/m² with high rates of hypothetical (38.1-64.1%), true (93.2-142.0%) and competitive (19.8-28.9%) heterosis. Digestible protein yield has ranged from 49 to 84 g/m². Among the hybrids, the greatest heterosis effect was identified in the hybrids 'Demetra x Svetloplenchataya 4' ($H_{hyp} = 43.4\%$, $H_{true} = 125.4\%$), 'Dzhetta x Yaktik' ($H_{hyp} = 70.5\%$, $H_{true} = 142.3\%$), 'APV-1115 x Kudestitsa' ($H_{hyp} = 72.8\%$, $H_{true} = 108.9\%$), 'APV-1115 x Svetloplenchataya 2' ($H_{hyp} = 81.0\%$, $H_{true} = 118.4\%$), 'APV-1115 x ChT-22' ($H_{hyp} = 103.3\%$, $H_{true} = 118.4\%$). In the course of the study, there has been found that according to the content of crude protein, ash, oil, fiber and nitrogen-free extractive substances (NES), the most hybrids possessed partial or incomplete dominance of large values. However, to obtain even a slight heterosis according to the content of protein, fiber, and NES content, at least one parent had to have high trait values. Based on the complex of the heterotic effect according to the green mass quality indicators, there have been identified such hybrids as 'Dzhetta x Yaktik', which exceeded the large parental form in terms of dry matter ($H_{true} = 10.5\%$) and oil ($H_{true} = 14.4\%$); 'Dzhetta x ChSS' which exceeded the large parental form in terms of dry matter and crude protein ($H_{true} = 14.3$ and 1.3%); 'Demetra x Svetloplenchataya 4' which exceeded the large parental form in terms of crude protein, dry matter, and ash ($H_{true} = 3.8$; 5.9 and 6.4% , respectively). In general, the data obtained have indicated the prospects of using cytoplasmic male sterility in breeding not only for productivity, but also for quality.

При организации полноценного питания животных необходимо учитывать химический состав кормов, используемых при кормлении. Повышение качества кормов является дополнительным источником питательных веществ для животных, важным резервом увеличения кормовой базы. В засушливых условиях среди кормовых культур следует обратить внимание на засухоустойчивую культуру – сорго, которая при недостатке влаги оказывается не только более урожайной, чем кукуруза, но и имеет показатели качества наравне с ней [1]. Высокая интенсивность начального роста и послеукосного отрастания у сорго травянистого оказывает положительное влияние, во-первых, на конкурентоспособность с сорняками за свет, воду, питательные элементы, а во-вторых, дает возможность получать 2–3 полноценных укоса зеленой массы [2, 3]. По питательности зеленая масса сорго-суданковых гибридов не уступает однолетним культурам и содержит достаточное количество питательных веществ (углеводов, жиров, витаминов), благодаря чему может использоваться на силос, сенаж, сено, зеленый корм, травяную муку, выпас [4, 5].

Следует учитывать, что качество корма в сильной степени зависит от условий возделывания культуры, сроков и способов заготовки и т.д. Установлено, что содержание сухого вещества практически не зависит от количества осадков, а с суммой температур за период вегетации имеет слабую отрицательную связь ($r = -0,31 \dots -0,39$) [6]. В условиях засухи

отмечается увеличение содержания протеина, но снижается его усваиваемость [7, 8]. В работах исследователей указывается, что при увеличении гидротермического коэффициента (ГТК) с 0,9 до 1,9 содержание сырого протеина и клетчатки слабо изменялось с 11,41 до 11,29 % и 31,43 до 29,39 % соответственно [9]. По данным К. Somegowdaab и др., L. Perrier в условиях засухи в зеленой массе сорго снижается содержание клетчатки [10, 11].

Качество зеленой массы сорго-суданковых гибридов и суданской травы определяется сроком уборки. Лучшее соотношение урожайности и питательности корма наблюдается в период от выхода в трубку до начала выметывания. Установлено, что по мере старения растений сорго-суданковых гибридов содержание протеина, жира, золы в зеленой массе уменьшается, а безазотистых экстрактивных веществ (БЭВ) и клетчатки растёт. Задержка уборки приводит к снижению содержания сырого протеина с 10,45 (выход в трубку) до 7,96 % (цветение), а обеспеченность одной кормовой единицы переваримым протеином уменьшается на 4,7 г [12]. По данным М.Н. Melo e Lima и других исследователей содержание сырого протеина суданской травы при уборке на 34, 41, 48, 55 и 63-й день от посева постепенно снижалось: 12,6; 9,7; 6,9; 5,0 и 4,3 % [13].

Повысить содержание питательных веществ в зеленой массе можно за счет внесения удобрений. Так, в исследованиях Т.Н. Дроновой внесение удобрений привело к повышению

урожайности зеленой массы суданской травы с 26,8 до 63,4 т/га. Кроме того, в килограмме сухой массы повышалось содержание кормовых единиц (до 0,74), а также переваримого протеина (до 104 г) [14].

Однако самым надежным и эффективным способом повышения не только урожайности, но и качества зеленой массы является применение гетерозисной селекции. Использование ЦМС у сорго получило широкое распространение во многих странах и считается самым экономически выгодным способом получения гибридных семян [15]. Гибриды, созданные при скрещивании ЦМС-линий сорго зернового или сахарного с сортами суданской травы, отличаются мощной вегетативной массой, высокой интенсивностью начального роста и устойчивостью к засухе, холоду. Сорго-суданковые гибриды превышают сорта суданской травы по урожайности зеленой массы на 30 и более процентов [1, 3, 10]. Вопросу изменения качества зеленой массы сорго уделяется недостаточное внимание. В связи с этим изучение возможности повышения показателей качества с использованием гетерозисной селекции представляет научный и практический интерес и является актуальным.

Цель данной работы: установить гетерозисный эффект показателей качества зеленой массы у сорго-суданковых гибридов, создан-

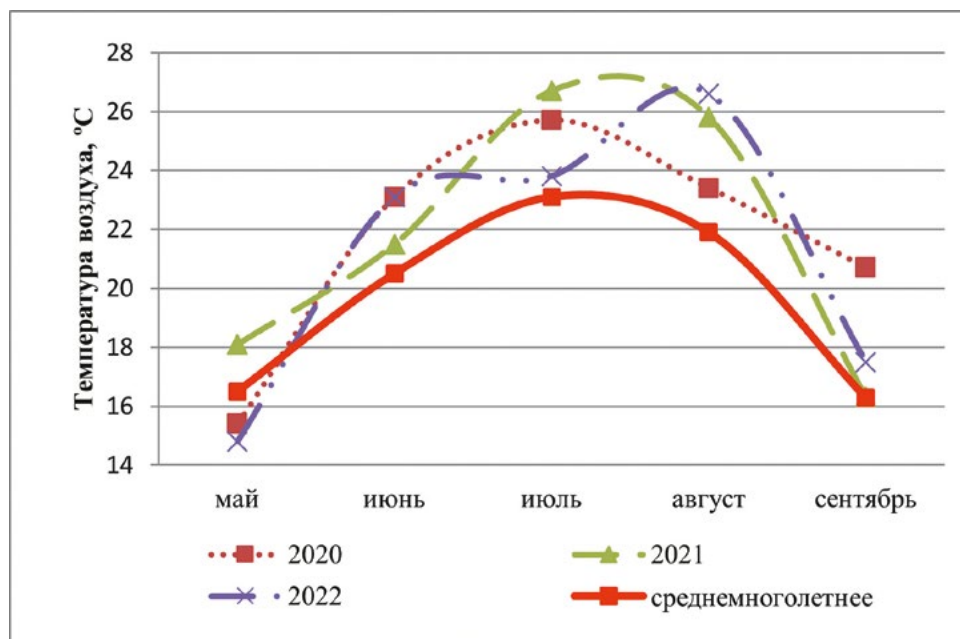
ных на основе цитоплазматической мужской стерильности.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

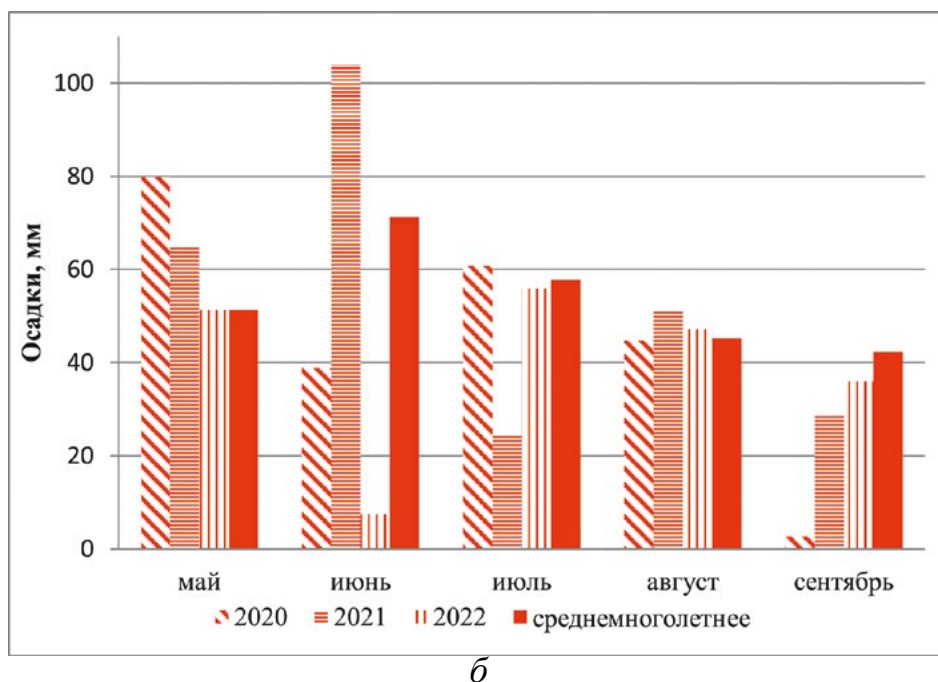
Объект исследований – сорго-суданковые гибриды, созданные в АНЦ «Донской» с использованием ЦМС-линий сорго сахарного (АПВ-1115) и зернового (Деметра и Джетта). В качестве опылителей отобраны перспективные сорта суданской травы с высокой урожайностью зеленой массы, относящиеся к среднеспелой группе созревания. Стандартом является гибрид Густолистный (АПВ-1115 × Сочностебельная 2), допущенный к использованию по Северо-Кавказскому и Нижне-Волжскому регионам РФ.

Исследования проводили в ФГБНУ АНЦ «Донской». Почва опытного участка – обыкновенный карбонатный чернозем с содержанием гумуса – 3,36 %; pH – 7,3; P₂O₅ – 24,4; K₂O – 360 мг/кг почвы [16]. По плодородию и физико-химическим свойствам почва опытного участка благоприятна для выращивания сорго.

Метеорологические условия в годы исследований (2020–2022 гг.) значительно различались, что позволило провести всестороннюю оценку гибридов в контрастных условиях (рисунок).



а



б

Метеорологические условия в период вегетации сорго (2020–2022 гг.): а – среднесуточная температура воздуха, б – количество осадков

Meteorological conditions during the sorghum growing season (2020–2022): a – average daily air temperature, b – amount of precipitation

Так, высокая температура воздуха в мае и хорошая увлажненность почвы в 2021 г. способствовали дружному и быстрому прорастанию семян, а в 2020 и 2022 гг., наоборот, пониженная температура привела к задержке всходов. Отсутствие осадков в июне 2020, 2022 гг. и среднесуточная температура воздуха выше среднеемноголетних данных на 2,6–4,7 °С, или 12,6–22,9 %, привели к сокращению периода «всходы–выметывание» и, следовательно, снижению урожайности зеленой массы за первый укос. В целом за годы исследований средняя температура воздуха в течение вегетации была выше среднеемноголетней нормы. Наибольшая сумма осадков за период «май–сентябрь» отмечена в 2021 г. (273 мм при норме 268 мм). Значения ГТК указывают на среднюю засуху – в 2020 г. (0,68), 2022 г. (0,52) и недостаточное увлажнение в 2021 г. (0,82).

Закладку опытов проводили по методике государственного сортоиспытания¹, обработку почвы и уход за посевами – в соответствии с

Рекомендациями по технологии возделывания сорго зернового, сахарного и суданской травы². Посев осуществляли в оптимальные сроки – 3–10 мая – рядовым способом (междурядья 15 см) с нормой высева – 1,6 млн всхожих семян на 1 га. Площадь делянки – 21 м², повторность четырехкратная. Расположение делянок в опыте – систематическое. Через каждые 10 делянок располагали стандарт. Уборку зеленой массы проводили дважды в фазу «начала выметывания» у 10–15 % растений на делянке, методом сплошного учета. Содержание основных питательных веществ, содержащихся в зеленой массе, определяли в лаборатории биохимической оценки растений по общепринятым методикам: сырой протеин – методом Кьельдаля (ГОСТ 53951–2010); сырой жир – по количеству обезжиренного остатка методом С.Р. Рушковского (ГОСТ 31700–2012); сырую клетчатку – по Геннебергу и Штомману (ГОСТ 31675–2012).

¹ Рекомендации по технологии возделывания сорго зернового, сахарного и суданской травы / Н.А. Ковтунова, В.В. Ковтунов, С.И. Горпиниченко [и др.]; Аграрный научный центр «Донской». – Саратов: ООО «Амирит», 2018. – 28 с.

² Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Альянс, 2014. – 351 с.

Статистический анализ полученных данных проведен по методикам, изложенными Б.А. Доспеховым¹. Степень доминирования определена методом В. Griffing², величина гетерозиса – по методике Д.С. Омарова³.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Содержание сухого вещества в зеленой массе корма определяет его питательную ценность. Чем выше его значение в единице зеленой массы, тем больше кормовых единиц она содержит [3].

У изучаемых сорго-суданковых гибридов содержание сухого вещества варьировало в пределах 20,2–23,7 % (табл. 1). В среднем наибольшие значения отмечены у гибридов, полученных на основе ЦМС-линии Деметра, – 21,5 %, а у гибридов на основе АПВ-1115 и Джетта – близкие значения (20,8–20,9 %). Изученные гибриды по данному показателю превысили либо имели значения на уровне стандарта (20,4 %). Наибольшее содержание сухого вещества и максимальные значения конкурсного гетерозиса отмечены у гибридов Деметра × Светлопленчатая 4 (23,7 и 16,2 %) и АПВ-1115 × ЧТ-22 (21,6 и 6,0 % соответственно).

Таблица 1

Характер наследования и гетеротический эффект содержания сухого вещества и его урожайности у сорго-суданковых гибридов (2020–2022 гг.)
Inheritance pattern and heterotic effect of dry matter content and its yield in sorghum-sudancium hybrids (2020–2022)

| Гибрид | Содержание сухого вещества | | | | Урожайность сухого вещества | | | |
|------------------------------|----------------------------|----------------|----------------|-------|-----------------------------|----------------|----------------|-------|
| | % | Гетерозис, % | | h_p | г/м ² | Гетерозис, % | | h_p |
| | | $\Gamma_{ист}$ | $\Gamma_{гип}$ | | | $\Gamma_{ист}$ | $\Gamma_{гип}$ | |
| Густолистный, ст. | 20,4 | -7,5 | -0,6 | 0,46 | 932 | 76,9 | 97,2 | 3,73 |
| АПВ-1115 × Кудесница | 20,8 | -4,8 | 1,7 | 0,63 | 1116 | 51,5 | 93,2 | 1,19 |
| АПВ-1115 × Светлопленчатая 2 | 20,2 | -12,1 | -3,8 | 0,30 | 1202 | 64,1 | 108,9 | 1,50 |
| АПВ-1115 × Светлопленчатая 4 | 20,6 | -8,2 | -0,7 | 0,46 | 954 | 26,6 | 62,8 | 0,60 |
| АПВ-1115 × Землярина | 20,8 | -9,2 | -0,7 | 0,46 | 915 | 22,3 | 56,9 | 0,51 |
| АПВ-1115 × ЧТ-22 | 21,6 | -6,4 | 2,7 | 0,64 | 1152 | 69,8 | 110,0 | 1,82 |
| Деметра × Светлопленчатая 4 | 23,7 | 5,9 | 26,2 | 1,18 | 1041 | 38,1 | 117,1 | 0,52 |
| Деметра × Тополек 576 | 20,7 | 7,9 | 20,3 | 1,39 | 850 | 38,7 | 107,8 | 0,58 |
| Деметра × Яктик | 21,0 | 6,0 | 19,9 | 1,26 | 746 | 29,4 | 90,8 | 0,46 |
| Деметра × ЧСС-2 | 20,8 | 13,4 | 23,9 | 1,79 | 852 | 54,2 | 124,9 | 0,86 |
| Джетта × ЧСС-2 | 20,9 | 14,3 | 19,8 | 2,54 | 797 | 44,2 | 89,0 | 0,93 |
| Джетта × Яктик | 21,1 | 10,5 | 18,3 | 1,79 | 969 | 73,9 | 128,6 | 1,54 |
| Джетта × ЧТ-22 | 20,5 | -11,4 | 3,2 | 0,60 | 1172 | 72,9 | 142,0 | 1,27 |
| Среднее | 21,0 | -0,1 | 10,0 | 1,04 | 977 | 51,0 | 102,3 | 1,19 |
| S | 0,8 | – | – | – | 110 | – | – | – |
| Гибриды с линией АПВ-1115 | 20,7 | -8,0 | -0,2 | 0,49 | 1045 | 51,9 | 88,2 | 1,56 |
| Гибриды с линией Деметра | 21,5 | 8,3 | 22,6 | 1,41 | 872 | 40,1 | 110,1 | 0,61 |
| Гибриды с линией Джетта | 20,8 | 4,4 | 13,8 | 1,64 | 980 | 63,6 | 119,9 | 1,25 |

1 Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Альянс, 2014. – 351 с.

2 Griffing B. Concept of General and Specific Combining Ability in Relation to Diallel Crossing Systems. Australian Journal of Biological Sciences. – 1956. – № 9. – P. 463–493.

3 Омаров Д.С. К методике учёта и оценки гетерозиса у растений. Сельскохозяйственная биология. – 1975. – С. 123–127.

По истинному и гипотетическому гетерозису выделились гибриды с линией Деметрой (8,3 и 22,6 % соответственно), характеризующейся невысоким содержанием сухого вещества (8,6 %), значительно ниже, чем у гибридов с линией АПВ-1115 (19,0 %). Гипотетический гетерозис наблюдался в восьми комбинациях (61,5 %), истинный – в шести (46,1 %). Наибольший гетерозисный эффект отмечен у гибридов Джетта × ЧСС-2 (19,8 и 14,3 соответственно), Деметра × Тополек 576 (20,3 и 7,9 %), Деметра × ЧСС-2 (23,9 и 13,4 %), Деметра × Светлопленчатая 4 (26,2 и 5,9 %).

Степень доминирования указывает на сверхдоминирование у гибридов с линией Деметра ($h_p = 1,41$) и Джетта ($h_p = 1,64$) и частичное доминирование больших значений – у гибридов с линией АПВ-1115 ($h_p = 0,49$). Таким образом, чем выше значения данного показателя у родительских форм, тем ниже эффект гетерозиса.

Урожайность сухого вещества – важный продуктивный показатель для сорго травянистого, так как оно используется в первую очередь на сено. Урожайность варьировала в пределах 746–1202 г/м². Наибольшие значения наблюдаются в комбинациях с участием ЦМС-линии АПВ-1115 (1045 г/м²).

Гетерозисный эффект по урожайности сухого вещества отмечен у всех гибридов. Значения гипотетического гетерозиса варьировали в пределах 56,9–142,0 %, истинного – 22,3–76,9 %. Существенно превысили стандарт по урожайности зеленой массы четыре гибрида на 184–270 г/м²: АПВ-1115 × Кудесница, АПВ-1115 × ЧТ-22, Джетта × ЧТ-2, АПВ-1115 × Светлопленчатая 4 с высокими показателями гипотетического (38,1–64,1 %), истинного (93,2–142,0 %) и конкурсного (19,8–28,9 %) гетерозиса.

Наследование признака носит доминантный характер: так, в шести комбинациях (46,1 %) –

сверхдоминирование ($h_p = 1,19–3,73$), у остальных – неполное и частичное доминирование больших значений ($h_p = 0,46–0,93$).

Питательность корма определяется его качественным составом сухого вещества, при этом наибольшую ценность представляет белок [3]. В исследованиях Н.А. Ковтуновой выявлена слабая корреляционная связь содержанием сырого протеина с урожайностью зеленой массы ($r = -0,18$), что указывает на потенциал одновременного повышения урожайности и качества зеленой массы у сорго. Частота гетерозиса по содержанию сырого протеина значительно ниже, чем по другим показателям химического состава [13].

У изученных сорго-суданковых гибридов содержание сырого протеина имело значения 6,4–10,3 % (табл. 2). Наибольшее значение имели гибриды АПВ-1115 × Светлопленчатая 2 (9,2 %), АПВ-1115 × Кудесница (9,5 %), Джетта × ЧСС-2 (9,7 %), Джетта × Яктик (10,3 %), превысившие стандарт на 1,2–2,3 %.

Несмотря на то, что среднегрупповые значения гетерозиса по всем ЦМС-линиями имели отрицательные значения, выделено два гибрида с проявлением как гипотетического, так и истинного гетерозиса: Деметра × Светлопленчатая 4 (11,5 и 3,8 % соответственно) и Джетта × ЧСС-2 (9,0 и 1,3 %) с содержанием сырого протеина 8,3–8,9 %. Данный показатель у линии АПВ-1115 (9,6 %) выше, чем у Деметры (8,6 %) и Джетты (8,2 %), и ни один из гибридов, полученных на ее основе, не превысил это значение.

Степень доминирования указывает на различное наследование признака. Но в среднем по гибридам наблюдается частичное доминирование больших или меньших значений. Таким образом, чем больше содержание сырого протеина у родительских форм, тем выше значения у гибридов, полученных на их основе.

Таблица 2

Характер наследования и гетерозисный эффект содержания сырого протеина и сбора переваримого протеина у сорго-суданковых гибридов (2020–2022 гг.)

Inheritance pattern and heterotic effect of crude protein content and digestible protein yield in sorghum-sudangrass hybrids (2020–2022)

| Гибрид | Содержание сырого протеина | | | | Сбор переваримого протеина | | | |
|-------------------|----------------------------|----------------|----------------|-------|----------------------------|----------------|----------------|-------|
| | % | Гетерозис, % | | h_p | г/м ² | Гетерозис, % | | h_p |
| | | $\Gamma_{ист}$ | $\Gamma_{гип}$ | | | $\Gamma_{ист}$ | $\Gamma_{гип}$ | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Густолистный, ст. | 8,0 | -16,3 | -13,5 | -1,55 | 57 | 58,2 | 71,2 | 3,83 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|-------------------------------|------|-------|-------|-------|----|-------|--------|------|
| АПВ -1115 × Кудесница | 9,5 | -1,0 | 6,0 | 0,93 | 80 | 72,8 | 108,9 | 2,10 |
| АПВ -1115 × Светлопленчатая 2 | 9,2 | -4,2 | 2,5 | 0,68 | 84 | 81,0 | 118,4 | 2,37 |
| АПВ -1115 × Светлопленчатая 4 | 8,3 | -13,0 | -8,3 | -0,28 | 60 | 22,6 | 51,6 | 0,59 |
| АПВ -1115 × Землярина | 8,4 | -12,2 | -5,2 | 0,18 | 58 | 26,1 | 52,2 | 0,76 |
| АПВ-1115 × ЧТ-22 | 8,2 | -14,2 | -0,1 | 0,50 | 72 | 103,3 | 118,4 | 7,43 |
| Деметра × Светлопленчатая 4 | 8,9 | 3,8 | 3,8 | 33,00 | 71 | 43,4 | 125,4 | 0,60 |
| Деметра × Тополек 576 | 8,3 | -13,4 | -8,9 | -0,34 | 53 | 20,1 | 84,6 | 0,29 |
| Деметра × Яктик | 8,6 | -18,3 | -10,3 | -0,02 | 48 | 5,7 | 63,6 | 0,08 |
| Деметра × ЧСС-2 | 8,3 | -13,2 | -8,7 | -0,33 | 54 | 33,8 | 100,6 | 0,51 |
| Джетта × ЧСС-2 | 9,7 | 1,3 | 9,0 | 1,09 | 59 | 46,1 | 101,3 | 0,84 |
| Джетта × Яктик | 10,3 | -1,9 | 10,0 | 0,91 | 76 | 70,5 | 142,3 | 1,19 |
| Джетта × ЧТ-22 | 6,4 | -22,1 | -15,1 | -0,34 | 57 | 61,3 | 113,12 | 1,26 |
| Среднее | 8,6 | – | – | – | 64 | – | – | – |
| S | 1,0 | – | – | – | 11 | – | – | – |
| Гибриды с линией АПВ-1115 | 8,6 | -10,1 | -3,1 | 0,08 | 69 | 30,4 | 43,2 | 2,85 |
| Гибриды с линией Деметра | 8,5 | -10,3 | -6,0 | 8,08 | 57 | 13,4 | 44,9 | 0,37 |
| Гибриды с линией Джетта | 8,8 | -7,6 | 1,3 | 0,55 | 64 | 18,1 | 39,9 | 1,10 |

Сбор переваримого протеина имел значения от 49 до 84 г/м². По данному показателю наблюдается значительный гетерозисный эффект ($G_{гип} = 51,6–142,3 \%$, $G_{ист} = 5,7–103,3 \%$), причем у шести гибридов он имел значения больше 50 %. Максимальное превышение над большей родительской формой отмечено у гибридов, полученных на основе ЦМС-линии АПВ-1115 – $G_{ист} = 30,4 \%$. Наибольший гетерозисный эффект отмечен у следующих гибридов: Деметра × Светлопленчатая 4 ($G_{гип} = 43,4 \%$, $G_{ист} = 125,4 \%$), Джетта × Яктик ($G_{гип} = 70,5 \%$, $G_{ист} = 142,3 \%$), АПВ-1115 × Кудесница ($G_{гип} = 72,8$, $G_{ист} = 108,9 \%$), АПВ-1115 × Светлопленчатая 2 ($G_{гип} = 81,0 \%$, $G_{ист} = 118,4 \%$), АПВ-1115 × ЧТ-22 ($G_{гип} = 103,3 \%$, $G_{ист} = 118,4 \%$).

Наследование признака у 77 % гибридов проходит по типу сверхдоминирования и неполного доминирования больших значений.

Сырая зола является концентратом макро- и микроэлементов в зеленой массе сорго. Содержание золы у сорго-суданковых гибридов варьировало от 6,7 до 7,8 %.

Степень доминирования указывает как на сверхдоминирование (у гибридов с АПВ-1115 среднегрупповое значение $h_p = 5,24$), так и на частичное доминирование больших значений (у гибридов с линиями Деметра и Джетта среднегрупповые значения $h_p = 0,34–0,50$).

Значения гетерозиса указывают на незначительное превосходство над большим родителем ($G_{ист} = 1,6–17,9 \%$) у семи гибридов и гибридную депрессию у шести гибридов. Таким образом, у гибридов с линией АПВ-1115 с содержанием золы 6,6 % отмечено проявление сверхдоминирования и значительный гетерозисный эффект ($G_{гип} = 11,8 \%$, $G_{ист} = 8,5 \%$). В остальных комбинациях, материнские формы которых имели значения 6,9–7,2%, отмечено неполное доминирование и гибридная депрессия ($G_{гип} = -4,7...-5,1 \%$ и $G_{ист} = -12,2...-13,6 \%$). При этом абсолютные значения содержания золы в сухом веществе у гибридов на одном уровне 7,2–7,5 % в среднем по группам, т. е. не превышают значения отцовских форм (сортов суданской травы) (табл. 3).

Жир является главным аккумулятором энергии в организме и необходим для нормальной работы пищеварительных желез, играет роль основного запасного вещества. У ЦМС-линий содержание жира в сухом веществе зеленой массы находилось в пределах 1,33–1,47 %, в то время как у опылителей – сортов суданской травы 1,9–2,2 %. У гибридов значения варьировали от 1,43 до 2,54 %, среднегрупповые значения отличались незначительно (1,7–2,0, S = 0,3 %).

Характер наследования и гетерозисный эффект содержания золы и жира (2020–2022 гг.)
Heritability pattern and heterotic effect of ash and fat content (2020–2022)

| Гибрид | Содержание | | | | | | | |
|-------------------------------|------------|----------------|----------------|-------|-----|----------------|----------------|-------|
| | Зола | | | | Жир | | | |
| | % | Гетерозис, % | | h_p | % | Гетерозис, % | | h_p |
| | | $\Gamma_{ист}$ | $\Gamma_{гип}$ | | | $\Gamma_{ист}$ | $\Gamma_{гип}$ | |
| Густолистный, ст. | 7,8 | 7,0 | 12,5 | 1,71 | 1,8 | -4,2 | 7,7 | 0,81 |
| АПВ -1115 × Кудесница | 6,9 | 4,4 | 8,6 | 1,59 | 1,8 | -17,7 | -1,4 | 0,47 |
| АПВ -1115 × Светлопленчатая 2 | 7,8 | 17,9 | 19,9 | 6,36 | 1,9 | -0,9 | 13,0 | 0,97 |
| АПВ -1115 × Светлопленчатая 4 | 7,8 | 17,1 | 17,7 | 18,10 | 1,8 | -16,9 | -1,2 | 0,47 |
| АПВ-1115 × Землярина | 7,6 | 1,6 | 8,3 | 1,13 | 2,0 | 7,1 | 19,0 | 1,35 |
| АПВ-1115 × ЧТ-22 | 6,8 | 3,0 | 4,1 | 2,54 | 1,5 | -5,1 | -2,5 | 0,06 |
| Деметра × Светлопленчатая 4 | 7,7 | 6,4 | 10,5 | 1,86 | 1,8 | -16,4 | 3,3 | 0,57 |
| Деметра × Тополек 576 | 7,3 | -14,2 | -7,3 | 0,05 | 1,4 | -23,0 | -10,3 | 0,19 |
| Деметра × Яктик | 7,4 | -25,0 | -13,5 | 0,06 | 1,7 | -23,9 | -4,8 | 0,40 |
| Деметра × ЧСС-2 | 7,2 | -16,0 | -8,6 | 0,01 | 1,7 | -10,0 | 6,6 | 0,68 |
| Джетта × ЧСС-2 | 7,4 | -13,8 | -4,4 | 0,30 | 1,7 | -14,1 | -1,6 | 0,45 |
| Джетта × Яктик | 7,4 | -24,2 | -11,0 | 0,18 | 2,5 | 14,4 | 38,8 | 1,41 |
| Джетта × ЧТ-22 | 6,7 | -3,0 | 0,1 | 0,52 | 1,7 | 11,3 | 15,5 | 2,52 |
| Среднее | 7,4 | -3,0 | 2,8 | 2,65 | 1,8 | -7,7 | 6,3 | 0,80 |
| S | 0,4 | – | – | – | 0,3 | – | – | – |
| Гибриды с линией АПВ-1115 | 7,5 | 8,5 | 11,8 | 5,24 | 1,8 | -6,3 | 5,8 | 0,69 |
| Гибриды с линией Деметра | 7,4 | -12,2 | -4,7 | 0,50 | 1,7 | -18,3 | -1,3 | 0,46 |
| Гибриды с линией Джетта | 7,2 | -13,6 | -5,1 | 0,34 | 2,0 | 3,8 | 17,6 | 1,46 |

Наибольшие значения истинного и гипотетического гетерозиса отмечены у гибридов Джетта × Яктик ($\Gamma_{гип} = 38,8\%$, $\Gamma_{ист} = 14,4\%$), Джетта × ЧТ-22 ($\Gamma_{гип} = 15,5\%$, $\Gamma_{ист} = 11,3\%$), АПВ-1115 × Землярина ($\Gamma_{гип} = 19,0\%$, $\Gamma_{ист} = 7,1\%$). Остальные гибриды не превысили значения большего родителя и показали отрицательный гетерозис.

Наследование признака происходило в основном по типу частичного или неполного доминирования больших значений. Таким образом, у всех гибридов в большей или меньшей степени проявилось доминирование больших значений ($h_p = 0,06–2,52$), что говорит о возможности применять межвидовые гибриды с использованием цитоплазматической мужской стерильности для повышения качественных показателей.

Для сена суданской травы характерно наличие клетчатки. Она помогает разрыхлению корма, тем самым делает его более доступным пищеварительному соку, стимулирует моторную функцию и способствует продвижению пищи и очистке кишечника [9]. Однако ее избыток в рационе животных снижает переваримость питательных веществ и увеличивает потерю энергии организма. Исследователями установлено, что содержание протеина в зеленой массе суданской травы имеет отрицательную корреляцию с содержанием клетчатки ($r = -0,51 \dots -0,99$) [17]. При этом содержание клетчатки снижается при каждом следующем укосе, что связано со снижением высоты растений и формированием более нежной листостебельной массы.

Содержание клетчатки у ЦМС-линий имело значения 33,8–35,6%, у опылителей – 35,6–46,1%, у гибридов – 34,4–39,6%.

Среднегрупповые значения практически не различались, что говорит о независимости от материнской цитоплазмы. По данному признаку у всех гибридов отмечено частичное доминирование больших значений ($h_p = 0,07-0,26$),

при этом среднегибридное значение (35,9 %) не превысило среднеродительское значение (43,4 %). Ни в одной комбинации не проявился гетерозис (табл. 4).

Таблица 4

Характер наследования и гетерозисный эффект содержания клетчатки БЭВ (2020–2022 гг.)
Inheritance pattern and heterotic effect of fiber content of BEV (2020–2022)

| Гибрид | Содержание | | | | | | | |
|-------------------------------|------------|----------------|----------------|-------|------|----------------|----------------|-------|
| | Клетчатка | | | | БЭВ | | | |
| | % | Гетерозис, % | | h_p | % | Гетерозис, % | | h_p |
| | | $\Gamma_{ист}$ | $\Gamma_{гип}$ | | | $\Gamma_{ист}$ | $\Gamma_{гип}$ | |
| Густолистный, ст. | 35,5 | -20,9 | -10,6 | 0,09 | 46,9 | -2,0 | 10,5 | 0,91 |
| АПВ -1115 × Кудесница | 34,5 | -3,0 | -1,5 | 0,02 | 47,3 | -1,2 | -1,1 | 8,00 |
| АПВ -1115 × Светлопленчатая 2 | 34,6 | -24,7 | -14,0 | 0,01 | 46,5 | -2,8 | 9,1 | 0,87 |
| АПВ -1115 × Светлопленчатая 4 | 35,7 | -22,6 | -11,4 | 0,11 | 46,4 | -3,2 | 9,9 | 0,87 |
| АПВ-1115 × Землярина | 36,5 | -18,2 | -7,7 | 0,20 | 45,5 | -4,9 | 6,1 | 0,76 |
| АПВ-1115 × ЧТ-22 | 39,6 | -13,4 | -1,2 | 0,46 | 43,9 | -8,3 | 0,6 | 0,53 |
| Деметра × Светлопленчатая 4 | 36,4 | -21,1 | -8,9 | 0,21 | 45,2 | -7,9 | 5,7 | 0,31 |
| Деметра × Тополек 576 | 35,9 | -18,3 | -7,6 | 0,21 | 47,1 | -4,0 | 10,5 | 0,85 |
| Деметра × Яктик | 35,7 | -8,3 | -1,9 | 0,36 | 46,7 | -4,7 | 6,6 | 0,78 |
| Деметра × ЧСС-2 | 36,3 | -17,7 | -6,9 | 0,24 | 46,5 | -5,2 | 9,5 | 0,81 |
| Джетта × ЧСС-2 | 35,1 | -20,3 | -11,2 | 0,01 | 46,2 | -4,7 | 9,5 | 0,82 |
| Джетта × Яктик | 35,7 | -8,3 | -3,5 | 0,17 | 44,1 | -9,0 | 1,3 | 0,56 |
| Джетта × ЧТ-22 | 35,3 | -22,8 | -12,6 | 0,03 | 49,9 | 2,9 | 13,6 | 1,16 |
| Среднее | 35,9 | – | – | – | 46,3 | – | – | – |
| S | 1,3 | – | – | – | 1,5 | – | – | – |
| Гибриды с линией АПВ-1115 | 36,1 | -17,1 | -7,8 | 0,15 | 46,1 | -3,7 | 5,9 | 1,99 |
| Гибриды с линией Деметра | 36,1 | -16,3 | -6,3 | 0,26 | 46,4 | -5,4 | 8,1 | 0,68 |
| Гибриды с линией Джетта | 35,7 | -17,2 | -9,1 | 0,07 | 46,7 | -3,6 | 8,1 | 0,84 |

С другой стороны, для обеспечения рациона крупного рогатого скота оптимальной концентрацией сырой клетчатки (22–24 %) при переваримости клетчатки в сене суданской травы 66–69 % содержание ее в сухом веществе должно быть в пределах 34–40 %. Все гибриды отвечают этим требованиям, что делает зеленую массу ценной в кормовом отношении.

В состав БЭВ входят сахара, крахмал и пентозаны. По содержанию БЭВ в сухом веществе зеленой массы родительских форм у ЦМС-линий отмечены значения 47,9–49,1 %, у опылителей – 38,2 %. Практически все гибриды

(43,9–49,9 %) превысили среднеродительское значение ($\Gamma_{гип} = 0,6–13,6$ %), но только один превысил значения большего родителя: Джетта × ЧТ-22 ($\Gamma_{гип} = 13,6$ %, $\Gamma_{ист} = 2,9$ %). Проявление признака у гибридов не зависело от материнской линии.

Наследование признака в среднем проходило по типу неполного доминирования больших значений – в десяти комбинациях (77 %).

Таким образом, несмотря на доминирование больших значений по признаку «содержание БЭВ» отмечен незначительный гетерозисный эффект.

ВЫВОДЫ

1. В ходе исследований установлено, что по признакам «содержание сухого вещества» и «урожайность сухого вещества», «сбор переваримого протеина» сорго-суданковые гибриды могут значительно превосходить родительские формы.

2. По содержанию сырого протеина, золы, жира, клетчатки и БЭВ у большинства гибридов отмечено частичное или неполное доминирование больших значений. Однако для получения даже незначительного гетерозиса по содержанию протеина, клетчатки и БЭВ хотя бы один родитель должен иметь высокие значения признака.

3. По совокупности гетерозисного эффекта по показателям качества зеленой массы выделены следующие гибриды: Джетта × Яктик, превысивший большую родительскую форму по содержанию сухого вещества ($\Gamma_{ист} = 10,5\%$) и жира ($\Gamma_{ист} = 14,4\%$), Джетта × ЧСС – сухого вещества и сырого протеина ($\Gamma_{ист} = 14,3$ и $1,3\%$), Деметра × Светлопленчатая 4 – сырого протеина, сухого вещества и золы ($\Gamma_{ист} = 3,8$; $5,9$ и $6,4\%$ соответственно).

4. В целом полученные данные говорят о перспективности использования цитоплазматической мужской стерильности в селекции не только на продуктивность, но и на качество.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Zeru Y., Chang J. Genetic Diversity and Estimation of Heterosis of Sorghum (*Sorghum Bicolor* L. Moench) Varieties and their Hybrids for Grain Yield and other Traits at, Baoding, Hebei Province, China // International Journal of Agriculture Innovations and Research. – 2020. – № 8. – P. 2319–2473.
2. Agroecological testing of sugar sorghum, sudanese grass and sorghum-sudanese hybrids in the natural conditions of the Novgorod region / E.P. Shkodina, O.V. Balun, S.I. Kapustin [et al.] // Indo American journal of pharmaceutical science. – 2019. – Vol. 6, N 7. – P. 13810–13815. – DOI: 10.30766/2072-9081.2021.22.4.531-541.
3. Шишова Е.А., Ковтунов В.В., Ковтунова Н.А. Подбор родительских пар и изучение новых сорго-суданковых гибридов // Зерновое хозяйство России. – 2020. – № 4 (70). – С. 65–68. – DOI: 10.31367/2079-8725-2020-70-4-65-68.
4. Капустин С.И., Володин А.Б., Капустин А.С. Гетерозисная селекция гибридов сорго и суданской травы // Таврический вестник аграрной науки. – 2022. – № 3 (31). – С. 76–84.
5. Продуктивность и питательная ценность суданской травы при возделывании на зеленый корм / Ю.Н. Плещачев, Ю.А. Лаптина, О.Г. Гиченкова [и др.] // Аграрный научный журнал. – 2021. – № 8. – С. 28–32. – DOI: 10.28983/asj.y2021i8pp28-33.
6. Ковтунова Н.А., Ковтунов В.В., Шишова Е.А. Влияние метеорологических условий на урожайность и качество зеленой массы суданской травы // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2016. – № 3. – С. 39–41.
7. Character association and inheritance studies of different sorghum genotypes for fodder yield and quality under irrigated and rainfed conditions / Tariq Abdus, Akram Zahid, Shabbir Ghulam [et al.] // African journal of biotechnology. – 2012. – N 11 (38). – DOI: 10.5897/AJB11.2561.
8. Sorghum in dryland: morphological, physiological, and molecular responses of sorghum under drought stress / K.B. Abreha, M. Enyew, A.S. Carlsson [et al.] // Planta. – 2021. – Vol. 255. – DOI: 10.1007/s00425-021-03799-7.
9. Седукова Г.В., Кристова Н.В., Подоляк С.Л. Питательная ценность зеленой массы сорго сахарного, сорго-суданкового гибрида, суданской травы в юго-восточной части Беларуси // Земледелие и селекция в Беларуси. – 2022. – № 58. – С. 249–255.
10. Evaluation of fodder yield and fodder quality in sorghum and its interaction with grain yield under different water availability regimes / K. Somegowdaab, A. Vemula, J. Naravula [et al.] // Current Plant Biology. – 2021. – Vol. 25. – P. 100191. – DOI: 10.1016/j.cpb.2020.100191.
11. Plasticity of Sorghum Stem Biomass Accumulation in Response to Water Deficit: A Multiscale Analysis from Internode Tissue to Plant Level / L. Perrier, L. Rouan, S. Jaffuel [et al.] // Plant Sci. – 2017. – № 8. – P. 1516. – DOI: 10.3389/fpls.2017.01516.

12. *Кормовая* ценность суданской травы в зависимости от срока уборки / А.В. Алабушев, Н.А. Ковтунова, В.В. Ковтунов [и др.] // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. – 2019. – Т. 20, № 4. – С. 343–350. – DOI: 10.30766/2072-9081.2019.20.4.343-350.
13. *Nutritional characteristics of Sorghum hybrids hay (Sorghum sudanense vs. Sorghum bicolor)* / М.Н.М. Lima, D.A.d.A. Pires, М.М.А. Moura [et al.] // *Acta Scientiarum. Animal Sciences*. – 2017. –N 39 (3). – P. 229–234. – DOI: 10.4025/actascianimsci.v39i3.32524.
14. *Дронова Т.Н., Бурцева Н.И.* Возделывание суданской травы на корм в условиях орошения // *Орошаемое земледелие*. – 2019. – № 3. – С. 30–33. – DOI: 10.35809/2618-8279-2019-3-8.
15. *Кибальник О.П.* Использование эффекта гетерозиса в селекции сорго // *Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет)*. – 2019. – № 2 (51). – С. 15–24. – DOI: 10.31677/2072-6724-2019-51-2-15-24.
16. *Васильченко С.А., Метлина Г.В., Ковтунов В.В.* Влияние сроков, способов посева и норм высева на продуктивность сорго зернового сорта Зерноградское 88 // *Зерновое хозяйство России*. – 2022. – Т. 14, № 4. – С. 91–96. – DOI: 10.31367/2079-8725-2022-82-4-91-96.
17. *Biochemical Evaluation of Forage Quality from Mutant Forms Sudan Grass (Sorghum sudanense (Piper) Stapf.)* / I. Golubina, Y. Naydenova, S. Enchev [et al.] // *Journal of Ecology and Environment Sciences*. – 2016. – Vol. XV, N 4. – P. 44–51.

REFERENCE

1. Zeru Y., Chang J., Genetic Diversity and Estimation of Heterosis of Sorghum (*Sorghum Bicolor* L. Moench) Varieties and their Hybrids for Grain Yield and other Traits at, Baoding, Hebei Province, China, *International Journal of Agriculture Innovations and Research*, 2020, No. 8, pp. 2319–2473.
2. Shkodina E.P., Balun O.V., Kapustin S.I., Volodin A.B., Kapustin A.S., Agroecological testing of sugar sorghum, sudanese grass and sorghum-sudanese hybrids in the natural conditions of the Novgorod region, *Indo American journal of pharmaceutical science*, 2019, Vol. 6, No. 7, pp. 13810–13815, DOI: 10.30766/2072-9081.2021.22.4.531-541.
3. Shishova E.A., Kovtunov V.V., Kovtunova N.A., *Zernovoe hozjajstvo Rossii*, 2020, No. 4 (70), pp. 65–68, DOI: 10.31367/2079-8725-2020-70-4-65-68. (In Russ.)
4. Kapustin S.I., Volodin A.B., Kapustin A.S., *Tavrisheskij vestnik agrarnoj nauki*, 2022, No. 3 (31), pp. 76–84. (In Russ.)
5. Pleskachev Ju.N., Laptina Ju.A., Gichenkova O.G., Kulikova N.A., *Agrarnyj nauchnyj zhurnal*, 2021, No. 8, pp. 28–32, DOI: 10.28983/asj.y2021i8pp28-33. (In Russ.)
6. Kovtunova N.A., Kovtunov V.V., Shishova E.A., *Vestnik rossijskoj sel'skohozjajstvennoj nauki*, 2016, No. 3, pp. 39–41. (In Russ.)
7. Tariq, Abdus, Akram, Zahid, Shabbir, Ghulam [et al.], Character association and inheritance studies of different sorghum genotypes for fodder yield and quality under irrigated and rainfed conditions, *African Journal of Biotechnology*, 2012, 11 (38), DOI: 10.5897/AJB11.2561.
8. Abreha K.B., Enyew M., Carlsson A.S., Vetukuri R.R., Feyissa T., Motlhaodi T., Geleta M., Sorghum in dryland: morphological, physiological, and molecular responses of sorghum under drought stress. *Planta*, 2021, Vol. 255, DOI: 10.1007/s00425-021-03799-7.
9. Sedukova G.V., Kristova N.V., Podoljak S.L., *Zemledelie i selekcija v Belarusi*, 2022, No. 58, pp. 249–255. (In Russ.)
10. Somegowdaab K., Vemula A., Naravula J., Prasad G., Rayaprolu L., Rathore A., Blümmel M., Deshpande S.P., Evaluation of fodder yield and fodder quality in sorghum and its interaction with grain yield under different water availability regimes, *Current Plant Biology*, 2021, Vol. 25, 100191, DOI: 10.1016/j.cpb.2020.100191.
11. L. Perrier, L. Rouan, S. Jaffuel [et al.] Plasticity of Sorghum Stem Biomass Accumulation in Response to Water Deficit: A Multiscale Analysis from Internode Tissue to Plant Level / L. Perrier, L. Rouan, S. Jaffuel [et al.], *Plant Sci*, 2017, No.8, pp. 1516, DOI: 10.3389/fpls.2017.01516.
12. Alabushev A.V., Kovtunova N.A., Kovtunov V.V., Romanjukin A.E., Shishova E.A., *Agrarnaja nauka Evro-Severo-Vostoka*, 2019, T. 20, No. 4, pp. 343–350, DOI: 10.30766/2072-9081.2019.20.4.343-350. (In Russ.)

13. Lima M.H.M., Pires D.A.d.A., Moura M.M.A., Costa R.F., Rodrigues J.A.S., Alves K.A., Nutritional characteristics of Sorghum hybrids hay (*Sorghum sudanense* vs. *Sorghum bicolor*), *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 2017, No. 39 (3), pp. 229–234, DOI: 10.4025/actascianimsci.v39i3.32524.
14. Dronova T.N., Burceva N.I., *Oroshaemoe zemledelie*, 2019, No. 3, pp. 30–33, DOI: 10.35809/2618-8279-2019-3-8. (In Russ.)
15. Kibal'nik O.P., *Vestnik NGAU*, 2019, No. 2 (51), pp. 15–24, DOI: 10.31677/2072-6724-2019-51-2-15-24. (In Russ.)
16. Vasil'chenko S.A., Metlina G.V., Kovtunov V.V., *Zernovoe hozjajstvo Rossii*, 2022, T. 14, No. 4, pp. 91–96, DOI: 10.31367/2079-8725-2022-82-4-91-96. (In Russ.)
17. Golubinova I., Naydenova Y., Enchev S., Kikindonov T., Ilieva A., Marinov-Serafimov P., Biochemical Evaluation of Forage Quality from Mutant Forms Sudan Grass (*Sorghum sudanense* (Piper) Stapf.), *Journal of Ecology and Environment Sciences*, 2016, Vol. XV, No. 4, pp. 44–51.

ИНТРОДУКЦИЯ И СЕЛЕКЦИЯ НОВОГО ВИДА КЛАРКИИ (*C. PURPUREA*) И РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ СОРТОВ *CLARKIA PURSH* НА ОТЛИЧИМОСТЬ, ОДНОРОДНОСТЬ И СТАБИЛЬНОСТЬ

¹Е.В. Королева, специалист ландшафтного центра НГАУ

^{1,2}Ю.В. Фотев, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, старший научный сотрудник

¹Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия

²Центральный сибирский ботанический сад СО РАН, Новосибирск, Россия

E-mail: coroleva-nsk@yandex.ru

Ключевые слова: *Clarkia Pursh*, селекция, интродукция, сортоизучение, апробация, методика проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность (ООС).

Реферат. В течение 2011–2023 гг. на юге Западной Сибири с целью интродукции и селекции нового вида кларкии (*C. purpurea*) были изучены ее биологические особенности и морфологические признаки. На основе полученных данных и использования других видов и сортов рода *Clarkia Pursh*. впервые была разработана методика проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность (ООС) для этой культуры. Данная методика применима ко всем сортам рода *Clarkia Pursh*, относимых к секциям: *Godetia* (*C. purpurea* (Curtis) A. Nelson & J. F. Macbr.), *Phaeostoma* (*C. unguiculata* Lindl.), *Rhodanthos* (*C. amoena* (Lehm.) A. Nelson & J. F. Macbr., *Clarkia amoena* ssp. *lindleyi* (Douglas) H. F. Lewis & M. E. Lewis), семейства кипрейных (*Onagraceae* Juss.). Многие виды кларкии отличаются продолжительным цветением и перспективны для цветочного оформления городских пространств, а также для срезки. Большинство сортов от очень низких – до 25 см высотой, до очень высоких – 96 см и более; листья простые, ланцетные, узколанцетные, широколанцетные, яйцевидные, гладкие, опушенные. Цветки очень декоративные, различающиеся по размеру от 2,0 до 8,0 см высотой, простые, полумахровые, махровые и сильно махровые с ароматом или без, с большой вариативностью окрасок и типов флоральной пигментации. На основании изучения биоэкологических и морфологических свойств исследуемой культуры и в соответствии с правилами, утверждёнными ФГБУ «Госсорткомиссия», отобрано 36 признаков, по которым можно производить апробацию сортов кларкии. В результате селекционной работы создан новый сорт *C. purpurea* Лиловая фея. При анализирующем скрещивании установлено, что лиловая (фиолетовая) окраска цветков является доминантной по отношению к бледно-розовой (почти белой), а при скрещивании гибридов F_1 со светло-фиолетовой окраской получено расщепление 15:1 (15 фиолетовых от темно-пурпурных до бледно-фиолетовых и 1 бледно-розовый), что подтверждает гипотезу о полигенном характере наследования основной окраски цветков у *C. purpurea*. Впервые созданная национальная методика RTG/1157/1 проведения испытаний на ООС сортов *Clarkia Pursh* будет являться научной базой для практической селекции.

INTRODUCTION AND SELECTION OF A NEW SPECIES OF *CLARKIA* (*C. PURPUREA*) AND DEVELOPMENT OF A METHOD FOR EVALUATING *CLARKIA PURSH* VARIETIES FOR DISTINCTIVENESS, UNIFORMITY AND STABILITY

¹E.V. Koroleva, specialist of Landscape Centre NSAU

^{1,2}Yu.V. Fotev, Ph.D. agricultural Sciences, Associate Professor, Senior Researcher

¹Novosibirsk State Agricultural University, Novosibirsk, Russia

²Central Siberian Botanical Garden, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

E-mail: coroleva-nsk@yandex.ru

Keywords: *Clarkia Pursh*, selection, introduction, variety study, approbation, methods of testing for distinctiveness, uniformity and stability (OOS).

Abstract. During 2011–2023 in the south of Western Siberia, with the aim of introducing and selecting a new species of clarkia (*C. purpurea*), its biological characteristics and morphological characteristics were studied. Based on the data obtained and the use of other species and varieties of the genus *Clarkia Pursh*. For the first time, a methodology for conducting tests for distinctiveness, uniformity and stability (DUS) for this crop was developed. This technique is applicable to all varieties of the genus *Clarkia Pursh*, classified into sections:

Godetia (*C. purpurea* (Curtis) A. Nelson & J. F. Macbr.), *Phaeostoma* (*C. unguiculata* Lindl.), *Rhodanthos* (*C. amoena* (Lehm.) A. Nelson & J. F. Macbr., *Clarkia amoena* ssp. *lindleyi* (Douglas) H. F. Lewis & M. E. Lewis), fireweed family (*Onagraceae* Juss.). Many species of *Clarkia* are characterized by long-lasting flowering and are promising for floral decoration of urban spaces, as well as for cutting. Most varieties are from very low – up to 25 cm tall, to very high – 96 cm or more; leaves are simple, lanceolate, narrow-lanceolate, wide-lanceolate, ovate, smooth, pubescent. The flowers are very decorative, varying in size from 2.0 to 8.0 cm tall, simple, semi-double, terry and strongly terry with or without fragrance, with a large variability of colors and types of floral pigmentation. Based on the study of the bioecological and morphological properties of the crop under study and in accordance with the rules approved by the Federal State Budgetary Institution “State Varietal Commission”, 36 characteristics were selected by which it is possible to test *Clarkia* varieties. As a result of breeding work, a new variety of *C. purpurea*, Lilac Fairy, was created. When analyzing crossing, it was established that the lilac (violet) color of flowers is dominant in relation to pale pink (almost white), and when crossing F_1 hybrids with light purple color, splitting 15:1 (15 violet from dark purple to pale purple was obtained and 1 is pale pink), which confirms the hypothesis about the polygenic nature of the inheritance of the main color of flowers in *C. purpurea*. The national methodology RTG/1157/1, created for the first time, for testing the DUS of *Clarkia Pursh* varieties will serve as a scientific basis for practical breeding.

В течение 2011–2023 гг. были изучены морфологические признаки, выявлены биологические особенности цветения, формирования плодов и семян у видов и сортов рода кларкия (*Clarkia Pursh*) [1–6]. Известно 42 вида кларкии, почти все из них являются эндемиками западной части Северной Америки. В декоративном садоводстве и цветоводстве распространены сорта следующих видов: кларкии прелестной (*C. amoena* (Lehm.) Nelson & Macbr. (син. *Godetia amoena* (Lehm.) G. Don), включающей подвиды *C. amoena* subsp. *lindleyi* (Douglas) H.F. Lewis & M.E. Lewis (син. *C. amoena* var. *lindleyi* (Douglas) C.L. Hitchcock, *Godetia amoena* var. *lindleyi* (Douglas) Jepson.) (син. *G. whitneyi* A. Gray; *G. hybrida* Hort.), кларкии ноготковой *C. unguiculata* Lindl. и *C. pulchella* Pursh, особенно широко культивируемой в Европе [7].

Растения кларкии пурпурной – *Clarkia purpurea* (Curtis) A. Nelson & J.F. Macbride (синоним *Godetia purpurea*, а также *small-flowered Godetia* – мелкоцветковая годеция, или *large Godetia* – большая годеция) отличаются особой красотой и продолжительностью цветения, что могут по достоинству оценить взыскательные российские цветоводы.

Clarkia purpurea относится к секции *Godetia* (Spach) H. Lewis & M.E. Lewis. Ботаническая характеристика вида приводится по «Флоре Северной Америки»: стебель: от лежачего до прямостоячего, менее 1 м, от голого до коротко-опушенного, сизый («Флора Северной Америки» (2020) – стебли прямостоячие или редко полегающие, иногда сизоватые, голые

или от редкого до густого опушения, иногда с примесью более длинных раскидистых волосков). Листья: черешки 0–2 мм; листовая пластинка 1,5–7 см, линейная или узколанцетная до эллиптической или яйцевидной. Соцветие: ось в бутоне прямая; бутоны прямостоячие. Цветки: гипантий 2–10 мм, без заметных жилок; чашелистики остаются сросшимися до половины или свободные; венчик чашеобразный, лепестки веерообразные, обратнойцевидные или эллиптические, от бледно-розового, лавандового до фиолетового, пурпурного или темно-виново-красного цвета, часто с красным или пурпурным пятном, расположенным ближе к центру или дистально; тычинок 8, пыльники одинаковые; завязь 8-бороздчатая. Коробочки: 1–3 см; семена коричневые или серые, 1–2 мм, чешуйчатые, гребешок 0,2 мм. Число хромосом, $n = 26$ [7, 8]. По данным Н.Н. Мироновой, А.А. Воронцовой, Г.В. Шипаевой кларкия пурпурная, высотой 30–60 см, куст раскидистый рыхлый, цветки диаметром до 2,0 см, темно-сиреневые с фиолетовым зевом – новый интродуцент для Республики Башкортостан [9].

G. Hiorth (1941) отмечал, что группа *G. purpurea* subsp. *qundriiulnera* – чрезвычайно изменчивая и более подходящая для генетических экспериментов [10]. Характеристики пигментов у секции *Godetia* от бледно-лилового до темно-красного были идентифицированы как производные гликозида мальвидина, дополненные производными цианидина и дельфинидина [11]. Цель данной работы – интродукция и селекция нового перспективного вида *Clarkia purpurea* и разработка методики проведения

испытаний на отличимость, однородность и стабильность (ООС) для цветочных культур рода *Clarkia Pursh*.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В Новосибирск семена кларкии пурпурной поступили по международной системе обмена семенами из румынского ботанического сада Grădina Botanică Alexandru Borza a Universităţii Cluj-Napoca и были высеяны впервые в 2011 г. на коллекционном участке Новосибирского государственного аграрного университета (УПХ «Сад Мичуринцев»). При разработке методики сделана попытка дать максимально полное описание биологических и морфологических особенностей всех существующих в нашей коллекции форм (таксонов) кларкии, что будет способствовать более удоб-

ной оценке видов, форм и сортов при селекции и апробации данной культуры.

В работе были использованы нормативные документы, принятые Международным союзом по охране новых сортов растений [12], методы классической селекции (фенотипирование, гибридизация, индивидуальный, семейственно-групповой и массовый отборы) [13, 14], многомерный статистический анализ в программе Minitab, среда программирования R-studio.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Интродукционная популяция растений кларкии пурпурной в условиях Новосибирска оказалась неоднородной по окраске основного фона лепестка от пурпурно-фиолетовой до бледно-розовой (почти белой) с небольшими красно-фиолетовыми пятнами у основания лепестка в виде полосы и на дистальном крае в виде обратного треугольника (рис. 1).



Рис. 1. Окраска основного фона лепестка цветка в потомстве F₁ у *C. purpurea* в условиях юга Западной Сибири: а – пурпурно-фиолетовая, б – фиолетовая, в – светло-фиолетовая, г – бледно-фиолетовая, д – бледно-розовая, почти белая (фото авторов, Новосибирск, 2011–2021 гг.)

The color of the main background of the flower petal in the F₁ offspring of *C. purpurea* in the conditions of southern Western Siberia: a – purple-purple, b – purple, v – light purple, g) pale pink, d – pale pink (almost white) (Photo by the authors, Novosibirsk 2011–2021)

В F₁ были отобраны наиболее типичные для вида *C. purpurea* растения с лиловой окраской основного фона лепестков цветка (от светло-фиолетовой до пурпурно-фиолетовой) с небольшими красно-фиолетовыми пятнами у основания лепестка в виде полосы и на дистальном крае в виде обратного треугольника и проведено принудительное самоопыление, после чего на самоопыленные коробочки были надеты изоляторы из нетканого материала. Чтобы выяснить характер наследования лиловой окраски цветка, мы провели анализирующее скрещивание между потомством F₁ от самоопыления с яркой

пурпурно-фиолетовой окраской цветка и бледно-розовой (почти белой). В F₁ все потомство было с лиловыми (светло-фиолетовыми) цветками. В потомстве F₂ мы наблюдали следующее расщепление по фенотипам из 128 растений: 8 пурпурно-фиолетовых: 32 фиолетовых: 48 светло-фиолетовых: 30 бледно-фиолетовых (п-ф) : 10 бледно-розовых (почти белых) (б-р), которое можно выразить как 1 : 4 : 6 : 4 : 1, или 15 фиолетовых (ф) : 1 бледно-розовый (б-р). Соотношение фенотипов 15 : 1 указывает на полимерное взаимодействие генов, поэтому мы приняли следующее обозначение генов:

P_1p_1 – пурпурная окраска, P_2p_2 – фиолетовая окраска, ii – в рецессивном состоянии отвечает

за проявление пятен и представили следующую схему скрещивания:

$$\begin{aligned} & \text{♀ } P_1 P_1 P_1 P_2 P_2 ii \text{ (п-ф)} \times \text{♂ } P_2 p_1 p_1 p_2 p_2 ii \text{ (б-р)} \\ & \text{F}_1 P_1 p_1 P_2 p_2 ii \text{ (св-ф)} \times \text{F}_1 P_1 p_1 P_2 p_2 ii \text{ (св-ф)} \\ & \text{F}_2 \text{ 1 п-ф } [P_1 P_1 P_2 P_2 ii] : \text{ 4 ф } [P_1 p_1 P_2 P_2 ii; P_1 P_1 P_2 p_2 ii] : \text{ 6 св-ф } [P_1 p_1 P_2 p_2 ii; p_1 p_1 P_2 P_2 ii; P_1 P_1 p_2 p_2 ii] : \text{ 4 б-ф } [P_1 p_1 p_2 p_2 ii; p_1 p_1 P_2 p_2 ii] : \text{ 1 б-р } [p_1 p_1 p_2 p_2 ii] \end{aligned}$$

Далее, с помощью индивидуально-родового отбора была проведена работа по улучшению исходной популяции кларкии пурпурной и выделена наиболее выровненная по декоративным признакам форма с лиловой окраской цветков, устойчивая к неблагоприятным погодным условиям. В течение 2020–2022 гг. были проведены предварительное, конкурсное, государственное сортоиспытание и предварительное размножение перспективной формы кларкии пурпурной (см. рис. 1). Данная форма была зарегистрирована в ФГБУ «Госсорткомиссия» под названием Лиловая фея, на сорт

получен патент № 13350 от 08.02.2024, авторское свидетельство № 85769. Также кларкия пурпурная Лиловая фея включена как сорт-этalon в методику испытаний на ООС Кларкия (RTG/1157/1) [15].

Описание сорта Лиловая фея. Кларкия пурпурная (*Clarkia purpurea* (Curtis) A. Nelson & J.F. Macbr. сорт Лиловая фея – однолетнее декоративно-цветущее растение, семейства Onagraceae Juss. Растение среднего роста, высотой 60–70 см, в среднем $62,6 \pm 3,2$ диаметром 15–20 см, пирамидальное, сильно облиственное, среднерастающее (рис. 2).

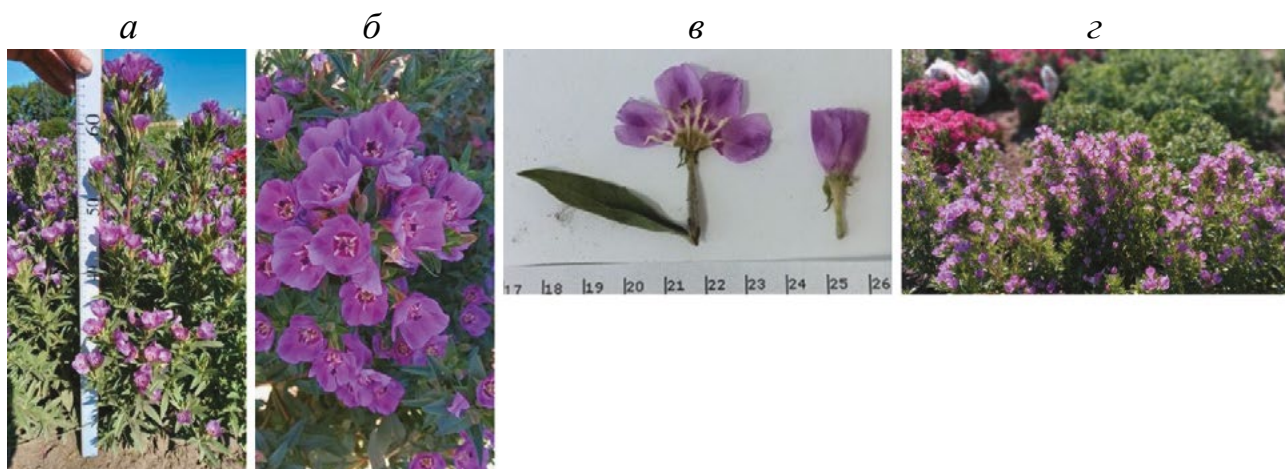


Рис. 2. *Clarkia purpurea* сорт Лиловая фея: а – общий вид растения, б – соцветие, в – цветок, г – группа растений (фото авторов, Новосибирск, 2021 г.)

Clarkia purpurea sort Lilovaya feya: а – General appearance of the plant, б – inflorescence, в – flower, г – group of plants (Photo by the authors, Novosibirsk, 2021)

Листья зелено-сизые, слегка опушенные с нижней стороны, листовая пластинка узколанцетная, в среднем $7,50 \pm 0,16$ см (min 6,0 max 8,6 см) длинная, черешок короткий в среднем $0,83 \pm 0,05$ (min 0,5 max 1,4 см) Среднее количество соцветий на одно растение $25 \pm 0,09$ шт. Главный побег длиной, в среднем $48,8 \pm 2,8$ и соцветие – кисть высотой $13,8 \pm 2,1$ см, плотное. Цветки простые, шириной 3,5 см, высотой

2,5 см, лиловой окраски с темным обратно треугольным красно-фиолетовым пятном в центре дистального края лепестка и красно-фиолетовой полоской у основания лепестка. Аромат слабый. Период цветения 60 дней. Сорт устойчив к неблагоприятным погодным условиям (пониженным температурам и засухе), регулярно наблюдается самосев, среднеустойчив к возбудителю ржавчины.

Сорт рекомендован к использованию в декоративных целях. Сизо-зеленая окраска листьев и контрастная окраска лиловых цветков обеспечивают сочетание тонов в стиле прованс.

Хорошо смотрится в качестве бордюра для многолетних цветников (рис. 3), в миксбордерах, в групповых посадках, а также в срезке.



Рис. 3. Бордюр из кларкии пурпурной Лиловая фея для многолетнего цветника из лилейника, Новосибирск, ул. Немировича Данченко, 121 (фото авторов, Новосибирск, 2020 г.)

Border of *Clarkia purpurea* Lilovaya feya (Purple fairy) for a perennial flower garden from daylily, Novosibirsk, ul. Nemirovich Danchenko, 121 (Photo by the autors, Novosibirsk, 2020)

В результате дальнейшей работы с генетической коллекцией кларкии, включающей три вида и один подвид из трех секций рода *Clarkia* Pursh были выбраны наиболее отличающиеся 12 сортов из 20, включая два, созданных нами, – Лиловая фея и Малиновая чаша (патент № 13349 от 08.02.2024, авторское свидетельство № 85793 с датой приоритета 30.11.2021) [16]. Кроме того, разработана методика проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность рода кларкия (*Clarkia* Pursh) (RTG/1157/1) [15], включающая 36 наиболее стабильных признаков в качестве критериев оценки из 50 возможных [17]. Методика включает следующие разделы:

I. Общие рекомендации

Данная методика применима ко всем сортам рода *Clarkia* Pursh, относимых к секциям: *Godetia* (*C. purpurea* (Curtis) A. Nelson & J.F. Macbr.), *Phaeostoma* (*C. unguiculata* Lindl.), *Rhodanthos* (*C. amoena* (Lehm.) A. Nelson &

J.F. Macbr., *C. amoena* ssp. *lindleyi* (Douglas) H.F. Lewis & M.E. Lewis), семейства кипрейных (Onagraceae Juss.). Также следует руководствоваться документом RTG/01/3 «Общее введение по испытанию на отличимость, однородность и стабильность и составлению описаний» от 22.07.2002 № 12-06/52 (Официальный бюллетень Госкомиссии № 6, 2002 г.).

II. Требуемый материал

2.1. На весь цикл испытания необходим исходный образец семян массой 1,0 г.

2.2. Семена должны соответствовать требованиям ГОСТа.

2.3. Семена не должны быть обработаны ядохимикатами, если на то нет разрешения или требования Госкомиссии. Если семена были обработаны, то необходимо дать подробное описание обработки.

2.4. Заявитель, высылающий семена из другой страны, должен полностью соблюдать все таможенные правила.

III. Проведение испытаний

3.1. Полевые испытания проводят в одном месте при условиях, обеспечивающих нормальное развитие культуры в течение одного вегетационного периода. При необходимости испытание продолжают на второй год. Если в одном месте не могут быть определены какие-либо важные признаки сорта, он может быть испытан в дополнительном месте.

3.2. Размер делянок должен быть таким, чтобы при отборе растений или их частей для измерений не наносилось ущерба наблюдениям, которые продолжают до конца вегетационного периода. Каждое испытание должно включать не менее 50 отдельно стоящих растений, которые размещают в двух повторениях.

3.3. Наблюдения и измерения в разных местах могут быть проведены, если эти места находятся в сходных климатических условиях.

3.4. Оцениваемый и похожие на него общеизвестные сорта (по признакам, указанным в анкете) размещают на смежных делянках. В опыте размещают и делянки эталонных сортов.

IV. Методы и наблюдения

4.1. Все наблюдения на отдельных растениях проводят на 20 растениях или частях 20 растений, взятых с двух повторений. Любые другие наблюдения проводят на всех испытываемых растениях.

4.2. При оценке однородности количество отклоняющихся форм не должно превышать 2 на 50 растений.

4.3. Если не указано иное, все наблюдения проводятся в период массового цветения.

4.4. Наблюдения на вегетативных органах проводят на главном стебле и отдельно на побегах последующих порядков.

4.5. Наблюдения на листе проводят на полностью развитых листьях до начала цветения кисти, на прицветниках в момент цветения кисти.

4.6. Определение габитуса и декоративных качеств куста (высоты, диаметра и количества раскрытых цветков) должны быть выполнены во время массового цветения (75 % растений цветут).

4.7. Наблюдения на соцветии проводят на сформировавшейся кисти при полном цветении (не менее 50 % раскрытых цветов).

4.8. Наблюдения на генеративных органах (цветках и плодах) проводят во время полного цветения и формирования плодов, соответственно на главном стебле и на побегах последующих порядков.

4.9. Наблюдения на семенах проводят на зрелых и сухих семенах после очистки и сушки их в тени.

4.10. Так как дневной свет изменчив, окраску определяют в специальном помещении при искусственном дневном свете или в середине дня в комнате без доступа прямого солнечного света. Спектральный состав освещения искусственным дневным светом должен соответствовать CIE Standard of Preferred Daylight D 6500 и British Standard 950, Part 1. Окраску определяют на белом фоне.

4.11. Нетипичные растения отмечают этикеткой и т. п.

4.12. Рекомендуемый метод наблюдения признака (порядок учета) для целей отличимости обозначают следующим ключом в таблице признаков VII:

MG: однократное измерение группы растений или их частей;

MS: измерение некоторого количества отдельных растений или их частей;

VG: визуальная оценка методом однократного наблюдения за группой растений или их частями;

VS: визуальная оценка методом наблюдения отдельных растений или их частей.

V. Группирование сортов

Сорта опыта должны быть разбиты на группы для облегчения оценки на отличимость. Для группировки используют такие показатели, которые, исходя из практического опыта, не варьируют или варьируют незначительно в пределах сорта, и их варьирование в пределах коллекции распределено равномерно.

Рекомендуется использовать для группировки следующие признаки:

растение: габитус (признак 3);

растение: высота главного стебля (признак 4);

цветок: тип (признак 21);

цветок: группа окраски венчика (признак 23):

группа 1: белая;

группа 2: розовая;

группа 3: желтовато-розовая;
группа 4: оранжевая;
группа 5: красная;
группа 6: пурпурная;
группа 7: фиолетовая;
группа 8: другая (укажите):
время начала цветения (признак 34).

VI. Признаки и обозначения

Признаки, используемые для оценки отличимости, однородности и стабильности, а также степени их выраженности, приведены в табл. VII.

Знак (*) указывает на то, что данный признак следует отмечать в вегетационный период

для оценки сортов и всегда включать в описание сорта, за исключением случаев, когда степень выраженности предыдущего признака указывает на его отсутствие или когда условия окружающей среды делают это невозможным. Знак (+) означает, что описание признака сопровождаются в методике дополнительными объяснениями и (или) иллюстрациями. Значениям выраженности признака в таблице даны индексы (1–9) для электронной обработки результатов.

QL – качественные признаки;

QN – количественные признаки;

PQ – псевдокачественные признаки.

VII. Таблица признаков

| № | Признак | Порядок учета | Индекс | Степень выраженности | Сорт-эталон |
|----------------------|-------------------------------------|---------------|--------|----------------------|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1. (* QL | Сеянец: антоциановая окраска стебля | VG/VS (a) | 1 | Отсутствует | Сакура, Вейсер Страус, Оранжевое сияние, Сибил Шервуд |
| | | | 9 | Имеется | Герцогиня, Герцог Йоркский, Каттлея, Лиловая фея, Малиновая чаша, Рембрандт, Сладкие сердечки, Пурпурная |
| 2. (* (+ QL | Сеянец: форма семядолей | MS/VG (a) | 1 | Грушевидная | Пурпурная, Сакура |
| | | | 2 | Лопатовидная | Лиловая фея |
| | | | 3 | Широкояйцевидная | Герцогиня, Герцог Йоркский, Каттлея, Малиновая чаша, Рембрандт, Сибил Шервуд, Вейсер Страус, Сладкие сердечки |
| | | | 4 | Другая (укажите) | |
| 3. (* (+ QL | Растение: габитус | VG (c) | 1 | Пирамидальный | Малиновая чаша, Лиловая фея, Сибил Шервуд |
| | | | 2 | Обратноконусовидный | Герцогиня, Оранжевое сияние, Сакура, Пурпурная |
| | | | 3 | Полушаровидный | Вейсер Страус, Каттлея, Рембрандт |
| | | | 4 | Полустелющийся | Герцог Йоркский, Каттлея, Сладкие сердечки |
| 4. (* (+ QN | Растение: высота главного стебля | MS/VG (c) | 1 | Очень низкий | |
| | | | 3 | Низкий | Герцог Йоркский, Каттлея, Малиновая чаша, Сибил Шервуд, Сладкие сердечки |
| | | | 5 | Средней высоты | Вейсер Страус, Герцогиня, Лиловая фея, Рембрандт |
| | | | 7 | Высокий | Пурпурная |
| | | | 9 | Очень высокий | Сакура |
| 5. (* (+ QN | Растение: диаметр куста | MS/VG (c) | 3 | Малый | Лиловая фея |
| | | | 5 | Средний | Вейсер Страус, Малиновая чаша, Сакура, Сибил Шервуд, Сладкие сердечки, Пурпурная |
| | | | 7 | Большой | Герцог Йоркский, Каттлея, Рембрандт |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-----------------------|---|---------------|---|-------------------|--|
| 6. (* QN | Растение: степень облиственности | VG/MS (b) | 3 | Слабая | Сладкие сердечки, Каттлея |
| | | | 5 | Средняя | Герцог Йоркский, Герцогиня, Малиновая чаша, Сибил Шервуд |
| | | | 7 | Сильная | Вейсер Страус, Лиловая фея, Рембрандт, Сакура, Пурпурная |
| 7. (* QL | Побег: опушение | VG/MS (b) | 1 | Отсутствует | Пурпурная, Сакура |
| | | | 9 | Имеется | Вейсер Страус, Герцог Йоркский, Герцогиня, Каттлея, Лиловая фея, Малиновая чаша, Рембрандт, Сибил Шервуд, Сладкие сердечки |
| 8. (* (+ QN | Главный стебель: ветвление | MS (b) | 3 | Слабое | Герцог Йоркский, Каттлея, Сладкие сердечки |
| | | | 5 | Среднее | Вейсер Страус, Герцогиня, Малиновая чаша, Рембрандт, Сибил Шервуд |
| | | | 7 | Сильное | Лиловая фея |
| | | | 9 | Очень сильное | Сакура, Пурпурная |
| 9. (* (+ QN | Листовая пластинка: форма | MS/VG (d) | 1 | Узколанцетная | Лиловая фея |
| | | | 2 | Широколанцетная | Герцог Йоркский, Герцогиня, Рембрандт |
| | | | 3 | Ланцетная | Вейсер Страус, Каттлея, Малиновая чаша, Сибил Шервуд, Сладкие сердечки |
| | | | 4 | Яйцевидная | Пурпурная, Сакура |
| 10. (* PQ | Листовая пластинка: окраска | VG/MS (d) | 1 | Желтовато-зеленая | Вейсер Страус, Сакура |
| | | | 2 | Умеренно-зеленая | Герцогиня, Каттлея, Малиновая чаша, Рембрандт, Сибил Шервуд, Сладкие сердечки |
| | | | 3 | Темно-зеленая | Герцог Йоркский, Пурпурная |
| | | | 4 | Серовато-зеленая | Лиловая фея |
| 11. (* (+ QN | Листовая пластинка: длина | VG /MS (d) | 3 | Короткая | Вейсер Страус, Каттлея, Сладкие сердечки |
| | | | 5 | Средней длины | Герцогиня, Герцог Йоркский, Малиновая чаша, Сибил Шервуд |
| | | | 7 | Длинная | Лиловая фея, Пурпурная, Сакура |
| 12. (* (+ QN | Листовая пластинка: ширина | MS/VG (d) | 3 | Узкая | Лиловая фея |
| | | | 5 | Средней ширины | Вейсер Страус, Каттлея, Малиновая чаша, Рембрандт, Сибил Шервуд, Сладкие сердечки |
| | | | 7 | Широкая | Герцог Йоркский, Пурпурная, Сакура |
| 13. (* PQ | Листовая пластинка: антоциановые вкрапления | VG (d) | 1 | Отсутствуют | Вейсер Страус, Сакура |
| | | | 9 | Имеются | Герцог Йоркский, Герцогиня, Каттлея, Лиловая фея, Малиновая чаша, Сладкие сердечки, Рембрандт, Пурпурная |
| 14. (* QN | Листовая пластинка: опушение | VG/MS (d) | 1 | Отсутствует | Пурпурная, Сакура |
| | | | 9 | Имеется | Герцог Йоркский, Герцогиня, Каттлея, Лиловая фея, Малиновая чаша, Рембрандт, Сибил Шервуд, Сладкие сердечки |
| 15. (* (+ QN | Черешок: длина | VG/MS (d) | 3 | Короткий | Лиловая фея |
| | | | 5 | Средней длины | Герцог Йоркский, Герцогиня, Каттлея, Малиновая чаша, Рембрандт, Сибил Шервуд, Сладкие сердечки |
| | | | 7 | Длинный | Пурпурная, Сакура |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-----------------------|---|------------------|---|-----------------------|--|
| 16. (* (+ QN | Соцветие: длина | VG/MS (c) | 3 | Короткое | Каттля |
| | | | 5 | Средней длины | Малиновая чаша, Сибил Шервуд, Сладкие сердечки |
| | | | 7 | Длинное | Герцог Йоркский, Лиловая фея, Рембрандт |
| | | | 9 | Очень длинное | Пурпурная, Сакура |
| 17. (* QL | Соцветие: плотность | VG (c) | 3 | Рыхлое | Герцог Йоркский, Сакура, Пурпурная |
| | | | 5 | Средней плотности | Герцогиня, Сибил Шервуд, Сладкие сердечки |
| | | | 7 | Плотное | Вейсер Страус, Малиновая чаша, Рембрандт |
| | | | 9 | Очень плотное | Лиловая фея |
| 18. (* (+ PQ | Соцветие: расположение оси в пространстве | VG/MS (b) (c) | 1 | Прямая | Вейсер Страус, Герцог Йоркский, Герцогиня, Каттля, Лиловая фея, Малиновая чаша, Рембрандт, Сибил Шервуд, Сладкие сердечки |
| | | | 2 | Понижающаяся | Пурпурная, Сакура |
| 19. (* (+ QN | Соцветие: количество цветков | SVG/M (c) | 3 | Мало | |
| | | | 5 | Среднее количество | Герцог Йоркский, Каттля, Малиновая чаша, Оранжевое сияние, Сладкие сердечки |
| | | | 7 | Много | Вейсер Страус, Герцогиня, Лиловая фея, Сибил Шервуд, Рембрандт |
| | | | 9 | Очень много | Пурпурная, Сакура |
| 20. (* (+ PQ | Цветок: форма | VG/MS (e) | 1 | Воронковидная | Лиловая фея |
| | | | 2 | Чашевидная | Вейсер Страус, Герцог Йоркский, Герцогиня, Каттля, Малиновая чаша, Оранжевое сияние, Рембрандт, Сибил Шервуд, Сладкие сердечки |
| | | | 3 | Открытая блюдцевидная | Пурпурная, Сакура |
| 21. (* (+ QL | Цветок: тип | MS/MG (e) | 1 | Простой | Вейсер Страус, Герцог Йоркский, Герцогиня, Лиловая фея, Малиновая чаша, Оранжевое сияние |
| | | | 2 | Полумахровый | Каттля, Сладкие сердечки, Сибил Шервуд |
| | | | 3 | Махровый | Рембрандт, Пурпурная |
| | | | 4 | Сильно махровый | Сакура |
| 22. (* (+ QN | Цветок: диаметр | MS/MG (e) | 3 | Малый | Лиловая фея, Пурпурная, Сакура |
| | | | 5 | Средний | Оранжевое сияние, Сибил Шервуд |
| | | | 7 | Большой | Вейсер Страус, Герцог Йоркский, Герцогиня, Каттля, Малиновая чаша, Рембрандт, Сладкие сердечки |
| 23. (* PQ | Цветок: группа окраски венчика | VG (e) | 1 | Белая | Вейсер Страус |
| | | | 2 | Розовая | Сладкие сердечки, Рембрандт |
| | | | 3 | Желтовато-розовая | Сакура, Сибил Шервуд |
| | | | 4 | Оранжевая | Оранжевое сияние |
| | | | 5 | Красная | Герцогиня |
| | | | 6 | Пурпурная | Малиновая чаша, Герцог Йоркский, Пурпурная |
| | | | 7 | Фиолетовая | Каттля, Лиловая фея |
| | | | 8 | Другая (укажите) | |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|------------------------|--|--|---|---|--|
| 24. (* PQ | Цветок: основной тон окраски | RHS Colour Chart (цветовая шкала RHS) (укажите соответствующий номер) | | | |
| 25. (* (+) PQ | Лепесток: форма | VG/MS (e) | 1 | Вееровидная | Рембрандт, Сибил Шервуд |
| | | | 2 | Весловидная | Пурпурная, Сакура |
| | | | 3 | Зонтиковидная | Пурпурная, Сакура |
| | | | 4 | Копьевидная | Пурпурная, Сакура |
| | | | 5 | Лопатовидная | Лиловая фея |
| | | | 6 | Обратнотреугольная | Герцогиня, Малиновая чаша |
| | | | 7 | Обратноширокояцевидная | Герцог Йоркский, Оранжевое сияние, Рембрандт |
| | | | 8 | Обратнойцевидная | Лиловая фея, Рембрандт |
| | | | 9 | Обратносердцевидная | Вейсер Страус, Каттля, Сладкие сердечки |
| 26. (* (+) QN | Лепесток: степень надрезанности | VG/VS (e) | 1 | Мелкая | Герцог Йоркский, Малиновая чаша |
| | | | 2 | Средняя | Герцогиня, Рембрандт, Сибил Шервуд |
| | | | 3 | Глубокая | Вейсер Страус, Сладкие сердечки. Каттля |
| 27. (* (+) QL | Лепесток: тип флоральной пигментации | VG (e) | 1 | Отсутствует | Вейсер Страус, Сакура, Пурпурная |
| | | | 2 | Пятно у основания | Герцог Йоркский, Оранжевое сияние |
| | | | 3 | Кайма по краям и основанию | Малиновая чаша, Герцогиня, Сибил Шервуд |
| | | | 4 | Крупное пятно в центре | Рембрандт |
| | | | 5 | Мелкие сдвоенные пятна в центре базальной части | Каттля, Сладкие сердечки |
| | | | 6 | Мелкое пятно у дистального края | Лиловая фея |
| | | | 7 | Мелкое пятно в виде полосы у основания | Лиловая фея |
| | | | 8 | Вертикальная полоса в центре | Герцогиня |
| | | | 9 | Другой (укажите) | |
| 28. (* PQ | Лепесток: окраска флоральной пигментации | RHS Colour Chart (цветовая шкала RHS) (укажите соответствующий номер) | | | |
| 29. (* PQ | Чашелистики: расположение в пространстве | VG/MS (e) | 1 | Свободное | |
| | | | 2 | Частично свободное | Пурпурная, Сакура |
| | | | 3 | Сросшиеся по 2–4 | Вейсер Страус, Герцог Йоркский, Герцогиня, Каттля, Лиловая фея, Малиновая чаша, Сибил Шервуд, Сладкие сердечки |
| 30. (* QL | Чашечка: антоциановая окраска | VG/MS (e) | 1 | Отсутствует | Вейсер Страус, Сакура |
| | | | 9 | Имеется | Герцог Йоркский, Герцогиня, Каттля, Малиновая чаша, Рембрандт, Сладкие сердечки, Пурпурная |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|------------------------|-----------------------------------|------------------|---|---------------------|---|
| 31. (* PQ | Тычинка: окраска тычиночных нитей | VG/MS (e) | 1 | Белая | Вейсер Страус, Сакура, Лиловая фея |
| | | | 2 | Бледно-желтая | Сибил Шервуд, Оранжевое сияние |
| | | | 3 | Бледно-розовая | Сладкие сердечки |
| | | | 4 | Ярко-розовая | Малиновая чаша, Герцогиня |
| | | | 5 | Ярко-красная | Герцог Йоркский, Пурпурная |
| | | | 6 | Бледно-фиолетовая | Каттля |
| | | | 7 | Другая (укажите) | |
| 32. (* PQ | Пестик: окраска рыльца | VG/MS (e) | 1 | Белая | Вейсер Страус, Сакура, Сладкие сердечки |
| | | | 2 | Желтоватая | Герцогиня, Герцог Йоркский, Малиновая чаша, Оранжевое сияние, Рембрандт, Сибил Шервуд, Пурпурная |
| | | | 3 | Пурпурно-фиолетовая | Лиловая фея |
| | | | 4 | Другая (укажите) | |
| 33. (* QL | Цветок: аромат | VG / MS (e) | 1 | Отсутствует | Сакура, Пурпурная |
| | | | 2 | Очень слабый | Вейсер Страус, Лиловая фея |
| | | | 3 | Средний | Каттля, Рембрандт, Оранжевое сияние, Сибил Шервуд, Сладкие сердечки |
| | | | 4 | Сильный | Герцогиня, Малиновая чаша, Герцог Йоркский |
| | | | 5 | Очень сильный | |
| 34. (* (+) QN | Время начала цветения | VG/MS (c) | 1 | Раннее | Лиловая фея, Пурпурная |
| | | | 2 | Среднераннее | Сакура |
| | | | 3 | Среднее | Малиновая чаша, Сибил Шервуд |
| | | | 4 | Среднепозднее | Герцог Йоркский, Герцогиня, Каттля, Оранжевое сияние, Сладкие сердечки |
| | | | 5 | Позднее | Вейсер Страус, Рембрандт |
| | | | 6 | Очень позднее | |
| 35. (* QN | Плод: форма коробочки | VG/ MS (f) | 1 | Цилиндрическая | Каттля, Лиловая фея, Оранжевое сияние, Пурпурная, Сакура, Сладкие сердечки |
| | | | 2 | Веретеновидная | Вейсер Страус, Герцог Йоркский, Герцогиня, Малиновая чаша, Рембрандт, Сибил Шервуд |
| 36. (* QN | Плод: число борозд | VG/MS (f) | 1 | Четыре | Каттля, Сладкие сердечки |
| | | | 2 | Восемь | Герцог Йоркский, Герцогиня, Лиловая фея, Малиновая чаша, Рембрандт, Сакура, Сибил Шервуд, Пурпурная |

VIII. Объяснения по отдельным признакам

8.1. Объяснения по нескольким признакам.

Признаки, имеющие следующие символы в третьем столбце таблицы признаков, должны быть исследованы, как указано ниже:

(а) наблюдения на растениях должны быть проведены в начале вегетации – фаза появления массовых всходов (не менее 75 %);

(б) наблюдения на растениях должны быть проведены в фазе массовой бутонизации (окрашенный полноразмерный бутон, готовый к раскрытию, не менее 75 % бутонов);

(с) наблюдения на растениях должны быть проведены в фазе массового цветения (полное раскрытие цветков, не менее 75 %);

(d) наблюдения на листе должны быть проведены на полностью сформировавшемся листе на средней трети побега;

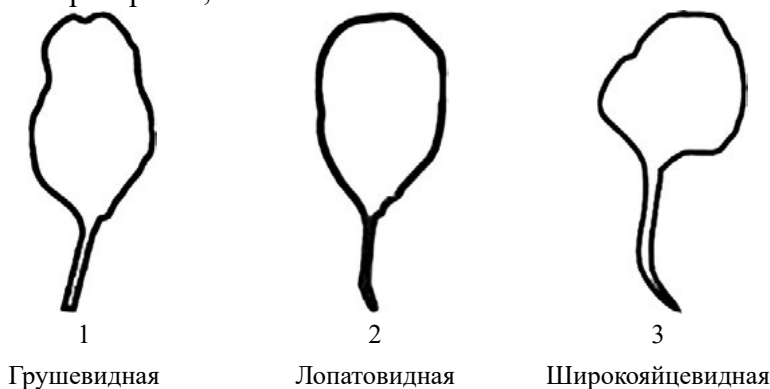
(e) наблюдения на цветке должны быть проведены во время полного раскрытия цветка в фазе полного цветения. Временем полного цветения считается период, когда как минимум 75 % цветков полностью раскрыты;

(f) наблюдения на плоде должны быть проведены на десяти плодах в период полного созревания коробочки;

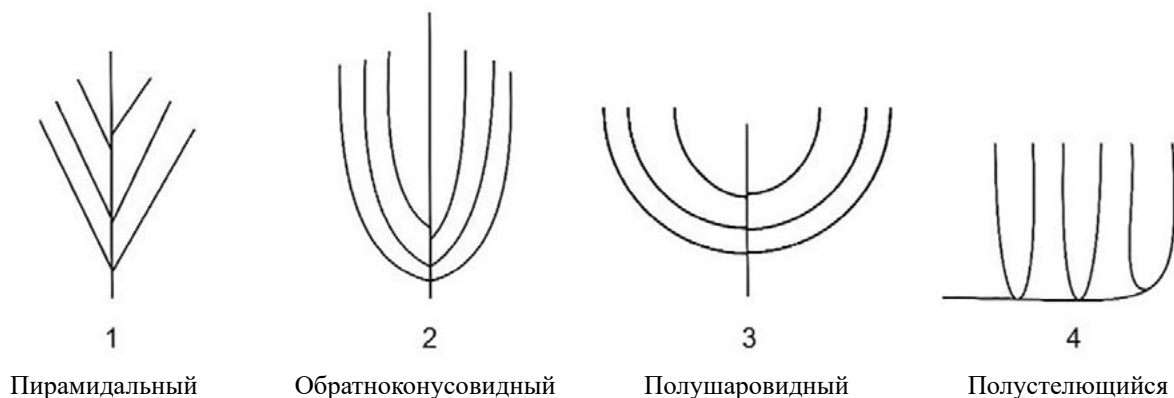
(g) наблюдения на семени (семенах) должны быть проведены в период полной зрелости.

8.2. Объяснения по отдельным признакам

К признаку 2. Сеянец: форма семядолей:



К признаку 3. Растение: габитус



К признаку 4. Растение: высота главного стебля.

Степень выраженности соответствует следующим средним значениям:

| Степень выраженности | Высота, см | Индекс |
|----------------------|------------|--------|
| Очень низкий | До 25 | 1 |
| Низкий | 26–45 | 3 |
| Средней высоты | 46–70 | 5 |
| Высокий | 71–95 | 7 |
| Очень высокий | 96 и более | 9 |

К признаку 5. Растение: диаметр куста.

Степень выраженности соответствует следующим средним значениям:

| Степень выраженности | Диаметр, см | Индекс |
|----------------------|-------------|--------|
| Малый | До 25 | 3 |
| Средний | 26–35 | 5 |
| Большой | 36 и более | 7 |

К признаку 8. Главный стебель: ветвление.

Степень выраженности соответствует следующим средним значениям:

| Степень выраженности | Количество боковых побегов, шт. | Индекс |
|----------------------|---------------------------------|--------|
| Слабое | 6–12 | 3 |
| Среднее | 13–20 | 5 |
| Сильное | 21–30 | 7 |
| Очень сильное | 31 и более | 9 |

К признаку 9. Листовая пластинка: форма.



К признаку 11. Листовая пластинка: длина.

Степень выраженности соответствует следующим средним значениям:

| Степень выраженности | Длина, см | Индекс |
|----------------------|-------------|--------|
| Короткая | До 3,5 | 3 |
| Средняя | 3,6–5,9 | 5 |
| Длинная | 6,0 и более | 7 |

К признаку 12. Листовая пластинка: ширина.

Степень выраженности соответствует следующим средним значениям:

| Степень выраженности | Ширина, см | Индекс |
|----------------------|-------------|--------|
| Узкая | До 2,0 | 3 |
| Средняя | 2,1–3,0 | 5 |
| Широкая | 3,1 и более | 7 |

К признаку 15. Черешок: длина.

Степень выраженности соответствует следующим средним значениям:

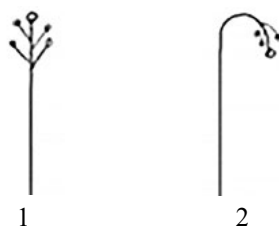
| Степень выраженности | Длина, см | Индекс |
|----------------------|-------------|--------|
| Короткий | До 1,5 | 3 |
| Средней длины | 1,6–2,0 | 5 |
| Длинный | 2,1 и более | 7 |

К признаку 16. Соцветие: длина.

Степень выраженности соответствует следующим средним значениям:

| Степень выраженности | Длина, см | Индекс |
|----------------------|--------------|--------|
| Короткое | До 6,0 | 3 |
| Средней длины | 6,1–10,0 | 5 |
| Длинное | 10,1–20,9 | 7 |
| Очень длинное | 21,0 и более | 9 |

К признаку 18. Соцветие: расположение оси в пространстве:



1

2

Прямая

Поникающая

К признаку 19. Соцветие: количество цветков.

Степень выраженности соответствует следующим средним значениям:

| Степень выраженности | Количество цветков, шт. | Индекс |
|----------------------|-------------------------|--------|
| Мало | До 5 | 3 |
| Среднее количество | 6–9 | 5 |
| Много | 10–20 | 7 |
| Очень много | 21 и более | 9 |

К признаку 20. Цветок: форма:



1

Воронковидная



2

Чашевидная



3

Открытая блюдцевидная

К признаку 21. Цветок: тип.

Степень выраженности соответствует следующим средним значениям:

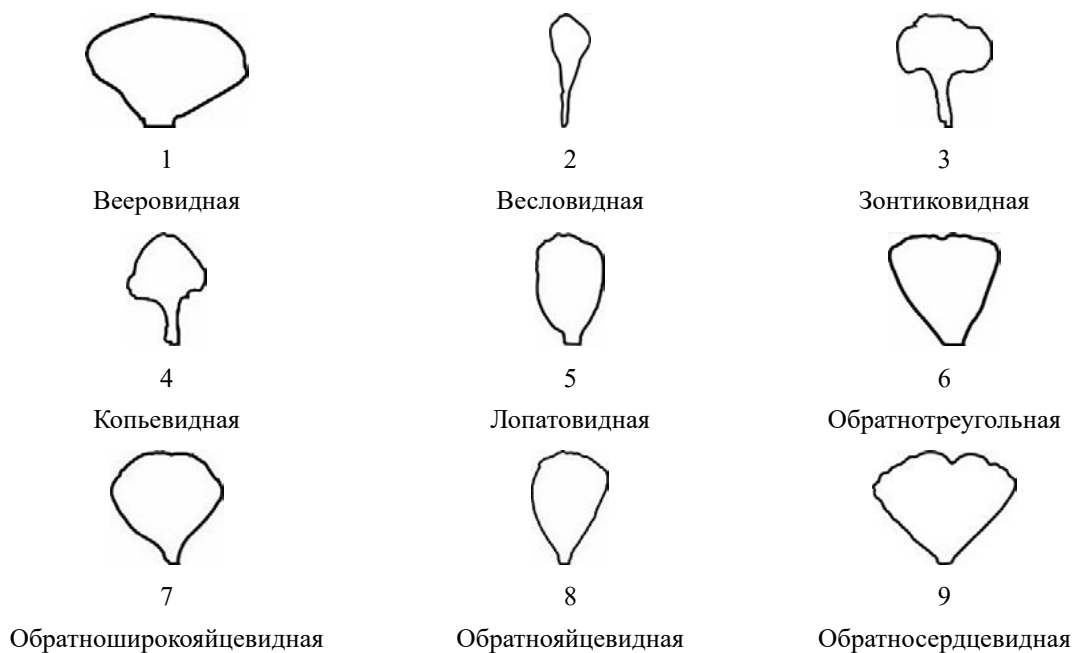
| Степень выраженности | Число лепестков, шт. | Индекс |
|----------------------|----------------------|--------|
| Простой | 4 | 1 |
| Полумахровый | 5–7 | 2 |
| Махровый | 8–10 | 3 |
| Сильно махровый | 11 и более | 4 |

К признаку 22. Цветок: диаметр.

Степень выраженности соответствует следующим средним значениям:

| Степень выраженности | Диаметр, см | Индекс |
|----------------------|-------------|--------|
| Малый | До 3,9 | 3 |
| Средний | 4,0–6,4 | 5 |
| Большой | 6,5 и более | 7 |

К признаку 25. Лепесток: форма:







К признаку 26. Лепесток: степень надрезанности:



К признаку 27. Лепесток: тип флоральной пигментации.

| Степень выраженности | Рисунок | Индекс |
|----------------------------|---------|--------|
| 1 | 2 | 3 |
| Отсутствует | | 1 |
| Пятно у основания | | 2 |
| Кайма по краям и основанию | | 3 |

| 1 | 2 | 3 |
|---|---|-----|
| Крупное пятно в центре |  | 4 |
| Мелкие сдвоенные пятна в центре базальной части |  | 5 |
| Мелкое пятно у дистального края / мелкое пятно в виде полоски у основания |  | 6/7 |
| Вертикальная полоса в центре |  | 8 |

Примечание: пятно у видов *Clarkia* может сильно варьировать по величине от мелких штрихов до среднего и крупного размера.

К признаку 34. Время начала цветения.

Степень выраженности соответствует следующим средним значениям:

| Степень выраженности | Число дней от всходов до цветения | Индекс |
|----------------------|-----------------------------------|--------|
| раннее | 40–45 | 1 |
| среднераннее | 46–50 | 2 |
| среднее | 51–61 | 3 |
| среднепозднее | 62–67 | 4 |
| позднее | 68–72 | 5 |
| очень позднее | 73 и более | 6 |

Оценка отличимости, однородности и стабильности приведена на примере кларкии пурпурной Лиловая фея.

| Признак | | Индекс | Степень выраженности | Результат | Нетипич. растения | Примеч. |
|-----------|-------------------------------------|--------|----------------------|-----------|-------------------|---------|
| 1 | | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1. (*) | Сеянец: антоциановая окраска стебля | 1 | Отсутствует | 9 | 0 | |
| | | 9 | Имеется | | | |
| 2. (*) | Сеянец: форма семядолей | 1 | Грушевидная | 2 | 0 | |
| | | 2 | Лопатовидная | | | |
| | | 3 | Широкояйцевидная | | | |
| | | 4 | Другая (укажите) | | | |
| 3. (*) | Растение: габитус | 1 | Пирамидальный | 1 | 0 | |
| | | 2 | Плоскоконусовидный | | | |
| | | 3 | Полушаровидный | | | |
| | | 4 | Полустелющийся | | | |
| 4. (*) | Растение: высота главного стебля | 1 | Очень низкий | 5 | 2 | |
| | | 3 | Низкий | | | |
| | | 5 | Средней высоты | | | |
| | | 7 | Высокий | | | |
| | | 9 | Очень высокий | | | |

| 1 | | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-------------|--|---|--------------------|---|---|---|
| 5. (*) | Растение: диаметр куста | 3 | Малый | 3 | 0 | |
| | | 5 | Средний | | | |
| | | 7 | Большой | | | |
| 6. (*) | Растение: степень обли- ственности | 3 | Слабая | 7 | 0 | |
| | | 5 | Средняя | | | |
| | | 7 | Сильная | | | |
| 7. (*) | Побег: опушение | 1 | Отсутствует | 9 | 0 | |
| | | 9 | Имеется | | | |
| 8. (*) | Главный стебель: ветвление | 3 | Слабое | 7 | 0 | |
| | | 5 | Среднее | | | |
| | | 7 | Сильное | | | |
| | | 9 | Очень сильное | | | |
| 9. (*) | Листовая пластинка: форма | 1 | Узколанцетная | 1 | 0 | |
| | | 2 | Широколанцетная | | | |
| | | 3 | Ланцетная | | | |
| | | 4 | Яйцевидная | | | |
| 10. (*) | Листовая пластинка: окра- ска | 1 | Желтовато-зеленая | 4 | 0 | |
| | | 2 | Умеренно зеленая | | | |
| | | 3 | Темно-зеленая | | | |
| | | 4 | Серовато-зеленая | | | |
| 11. (*) | Листовая пластинка: длина | 3 | Короткая | 7 | 0 | |
| | | 5 | Средняя | | | |
| | | 7 | Длинная | | | |
| 12. (*) | Листовая пластинка: ши- рина | 3 | Узкая | 3 | 0 | |
| | | 5 | Средняя | | | |
| | | 7 | Широкая | | | |
| 13. (*) | Листовая пластинка: анто- циановые вкрапления | 1 | Отсутствуют | 9 | 0 | |
| | | 9 | Имеются | | | |
| 14. (*) | Листовая пластинка: опу- шение | 1 | Отсутствует | 9 | 0 | |
| | | 9 | Имеется | | | |
| 15. (*) | Черешок: длина | 3 | Короткий | 3 | 0 | |
| | | 5 | Средней длины | | | |
| | | 7 | Длинный | | | |
| 16. (*) | Соцветие: длина | 3 | Короткое | 7 | 0 | |
| | | 5 | Средней длины | | | |
| | | 7 | Длинное | | | |
| | | 9 | Очень длинное | | | |
| 17. (*) | Соцветие: плотность | 3 | Рыхлое | 9 | 0 | |
| | | 5 | Средней плотности | | | |
| | | 7 | Плотное | | | |
| | | 9 | Очень плотное | | | |
| 18. (*) | Соцветие: расположение оси в пространстве | 1 | Прямая | 1 | 0 | |
| | | 2 | Понижающаяся | | | |
| 19. (*) | Соцветие: количество цветков | 3 | Мало | 7 | 2 | |
| | | 5 | Среднее количество | | | |
| | | 7 | Много | | | |
| | | 9 | Очень много | | | |

| 1 | | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|------------|--|---|---|---|---|--|
| 20. (*) | Цветок: форма | 1 | Воронковидная | 1 | 0 | |
| | | 2 | Чашевидная | | | |
| | | 3 | Открытая блюдцевидная | | | |
| 21. (*) | Цветок: тип | 1 | Простой | 1 | 0 | |
| | | 2 | Полумахровый | | | |
| | | 3 | Махровый | | | |
| | | 4 | Сильно махровый | | | |
| 22. (*) | Цветок: диаметр | 3 | Малый | 3 | 0 | |
| | | 5 | Средний | | | |
| | | 7 | Большой | | | |
| 23. (*) | Цветок: группа окраски венчика | 1 | Белая | 7 | 0 | Светло-фиолетовая |
| | | 2 | Розовая | | | |
| | | 3 | Желтовато-розовая | | | |
| | | 4 | Оранжевая | | | |
| | | 5 | Красная | | | |
| | | 6 | Пурпурная | | | |
| | | 7 | Фиолетовая | | | |
| | | 8 | Другая (укажите) | | | |
| 24. (*) | Цветок: основной тон окраски | 75 D бледно-фиолетовый (цветовая шкала RHS) | | | | |
| 25. (*) | Лепесток: форма | 1 | Вееровидная | 8 | 0 | |
| | | 2 | Весловидная | | | |
| | | 3 | Зонтиковидная | | | |
| | | 4 | Копьевидная | | | |
| | | 5 | Лопатовидная | | | |
| | | 6 | Обратнотреугольная | | | |
| | | 7 | Обратноширокояйцевидная | | | |
| | | 8 | Обратнойцевидная | | | |
| | | 9 | Обратносерцевидная | | | |
| 26. (*) | Лепесток: степень надрезанности | 1 | Мелкая | 2 | 0 | |
| | | 2 | Средняя | | | |
| | | 3 | Глубокая | | | |
| 27. (*) | Лепесток: тип флоральной пигментации | 1 | Отсутствует | 6 | 0 | Оба типа флоральной пигментации: 6 и 7 |
| | | 2 | Пятно у основания | | | |
| | | 3 | Кайма по краям и основанию | | | |
| | | 4 | Крупное пятно в центре | | | |
| | | 5 | Мелкие сдвоенные пятна в центре базальной части | | | |
| | | 6 | Мелкое пятно у дистального края | | | |
| | | 7 | Мелкое пятно в виде полоски у основания | | | |
| | | 8 | Вертикальная полоса в центре | | | |
| | | 9 | Другой (укажите) | | | |
| 28. (*) | Лепесток: окраска флоральной пигментации | 78 А яркий красновато-фиолетовый (цветовая шкала RHS) | | | | |

| 1 | | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|------------|--|---|---------------------|---|---|---|
| 29. (*) | Чашелистики: расположение в пространстве | 1 | Свободные | 2 | 0 | |
| | | 2 | Частично свободные | | | |
| | | 3 | Сросшиеся по 2-4 | | | |
| 30. (*) | Чашечка: антоциановая окраска | 1 | Отсутствует | 9 | 0 | |
| | | 9 | Имеется | | | |
| 31. (*) | Тычинка: окраска тычиночных нитей | 1 | Белая | 1 | 0 | |
| | | 2 | Бледно-желтая | | | |
| | | 3 | Бледно-розовая | | | |
| | | 4 | Ярко розовая | | | |
| | | 5 | Ярко-красная | | | |
| | | 6 | Бледно-фиолетовая | | | |
| | | 7 | Другая (укажите) | | | |
| 32. (*) | Пестик: окраска рыльца | 1 | Белая | 3 | 0 | |
| | | 2 | Желтоватая | | | |
| | | 3 | Пурпурно-фиолетовая | | | |
| | | 4 | Другая (укажите) | | | |
| 33. (*) | Цветок: аромат | 1 | Отсутствует | 2 | 0 | |
| | | 2 | Очень слабый | | | |
| | | 3 | Средний | | | |
| | | 4 | Сильный | | | |
| | | 5 | Очень сильный | | | |
| 34. (*) | Время начала цветения | 1 | Раннее | 1 | 0 | |
| | | 2 | Среднераннее | | | |
| | | 3 | Среднее | | | |
| | | 4 | Среднепозднее | | | |
| | | 5 | Позднее | | | |
| | | 6 | Очень позднее | | | |
| 35. (*) | Плод: форма коробочки | 1 | Цилиндрическая | 1 | 0 | |
| | | 2 | Веретеновидная | | | |
| 36. (*) | Плод: число борозд | 1 | Четыре | 2 | 0 | |
| | | 2 | Восемь | | | |

Общее число нетипичных растений –2.

ВЫВОДЫ

1. Впервые в условиях Западной Сибири и России в целом интродуцирован новый вид кларкии (*C. purpurea*) и создан сорт Лиловая фея, перспективный для озеленения городских пространств, который включен в методику оценки ООС кларкии в качестве эталона.

2. При анализирующем скрещивании генотипов с крайним выражением признаков: с пурпурно-фиолетовой и бледно-розовой (почти белой) окраской цветков получено потомство F_1 с лиловой (светло-фиолетовой) окраской

цветков, которая является доминантной по отношению к бледно-розовой (почти белой).

3. При скрещивания гибридного потомства F_1 со светло-фиолетовыми цветками получено следующее соотношение фенотипов: 15 : 1 (15 лиловых (фиолетовых разных тонов) и 1 бледно-розовый, почти белый). Таким образом, установлен полигенный характер наследования основной окраски цветков.

4. Комплексное изучение биологических, морфологических и декоративных признаков видов, сортов и форм кларкии из трех различных секций: *Godetia*, *Phaeostoma*, *Rhodanthos* рода *Clarkia* позволило авторам совместно с сотрудниками Госсортокмиссии РФ разработать

национальную методику RTG/1157/1 проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность кларки (*Clarkia Pursh*), которая будет полезна селекционерам в процессе создания и регистрации новых сортов этой культуры.

Благодарности. Авторы выражают глубочайшую признательность Татьяне Вячеславовне Федосовой, главному агроному отдела овощных, плодово-ягодных

и декоративных культур Государственной комиссии Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений (ФГБУ «Госсорткомиссия»), за всестороннюю помощь при разработке национальной методики испытаний на отличимость, однородность и стабильность кларки (*Clarkia Pursh*) и Антону Михайловичу Пономареву, дизайнеру, за графическую обработку изображений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Королева Е.В., Петров А.Ф., Чудинова Ю.В. Внутривидовая изменчивость цветочно-декоративных растений семейства Onagraceae и механизмы их сортообразования // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2021. – № 2(59). – С. 18–42. – DOI: 10.31677/2072-6724-2021-59-2-18-42.
2. Королева Е.В. Изучение декоративного потенциала популяций *Clarkia Pursh*. в условиях лесостепи Западной Сибири // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2022. – Т. 59–4. – С. 173–183. – DOI: 10.54258/20701047_2022_59_4_173.
3. Королева Е.В. Биологические особенности цветения генетической коллекции растений семейства Onagraceae Juss. в условиях лесостепи Западной Сибири // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. – 2022. – Т. 21, № 2. – С. 69–75. – DOI: 10.14258/pbssm.2022057. – URL: <http://journal.asu.ru/bpssm/article/view/pbssm.2022057/> (дата обращения: 10.05.2024).
4. Королева Е.В., Зибина А.А. Морфологическая структура сортопопуляций *Clarkia unguiculata* Lindl. на юге Западной Сибири // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. – 2023. – Т. 22, № 2. – С. 134–139. – DOI: 10.14258/pbssm.2023114. – URL: <http://journal.asu.ru/bpssm/article/view/pbssm.2023114> (дата обращения: 24.04.2024).
5. Королева Е.В. Изменчивость репродуктивных качеств семян *Clarkia amoena* (Lehm.) A. Nelson & J.F. Macbr.) в зависимости от срока хранения в условиях *ex situ* // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2023. – № 3 (68). – С. 54–65. – DOI: 10.31677/2072-6724-2023-68-3-54-65.
6. Королева Е.В. Разнокачественность семян нового сорта *Clarkia amoena* Малиновая чаша на юге Западной Сибири // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2023. – № 2(67). – С. 60–74. – DOI: 10.31677/2072-6724-2023-67-2-60-74.
7. *Flora of North America*. – URL: <http://dev.floranorthamerica.org/Clarkia> (дата обращения: 05.05.2024).
8. Lewis H., Lewis M.E. The mechanism of evolution in the genus *Clarkia* // *Evolution*. – 1955. – Vol. 8 (1). – № 20. – P. 251–392.
9. Миронова Л.Н., Воронцова А.А., Шупаева Г.В. Итоги интродукции и селекции декоративных травянистых растений в Республике Башкортостан. Ч. 1 / отв. ред. В.П. Путенихин; Бот. сад-институт Уфим. НЦ РАН. – М.: Наука, 2006. – 209 с.
10. Hiorth G. Zur Genetik und Systematik der Gattung *Godetia* // *Z. Ver-erbungslehre*. – 1941. – № 79. – P. 199–219.
11. Soltis P.S., Soltis D.E. Gottlieb L.D. Phosphoglucosyltransferase Gene Duplications in *Clarkia* (Onagraceae) and Their Phylogenetic Implications // *Evolution*. – 1987. – Vol. 41, № 3. – P. 667–671. – URL: www.jstor.org/stable/2409269 (дата обращения: 05.05.2024).
12. Нормативные документы, принятые Международным союзом по охране новых сортов растений. – URL: <https://gossortrf.ru/mezhdunarodnyy-soyuz-po-ohrane-novyh-sortov-rasteniy-upov>.
13. Гончаров Н.П., Гончаров П.П. Методические основы селекции растений / отв. ред. А.И. Моргунов; Рос. акад. наук, Сиб. отд., Ин-т цитологии и генетики. – 3-е изд., испр. и доп. – Новосибирск: Академическое изд-во “Гео”, 2018. – 439 с.
14. Автоматическое фенотипирование морфологии колоса тетраи гексаплоидных видов пшеницы методами компьютерного зрения / А.Ю. Пронозин, А.А. Паулищ, Е.А. Заварзин [и др.] // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2021. – Т. 25, № 1. – С. 71–81. – DOI: 10.18699/VJ21.009. – EDN EXBWHL.
15. Национальная методика испытаний на ООС Кларкия (*Clarkia Pursh*). URL: <https://gossortrf.ru/publication/metodiki-ispytaniy-na-oos.php>.

16. Королева Е.В., Фотев Ю.В. Создание и оценка исходного материала декоративно-цветущих растений *Clarkia Pursh* на юге Западной Сибири // Генофонд и селекция растений: мат-лы 7-й Междунар. конф., посвящ. 95-летию академика РАН П.Л. Гончарова, Новосибирск, 10–12 апреля 2024 г. – Новосибирск: Федеральный исследовательский центр институт цитологии и генетики СО РАН, 2024. – С. 171–175. – DOI: 10.18699/GPB2024-44.
17. Королева Е.В. Разработка критериев оценки сортов на отличимость, однородность и стабильность на основе генетической коллекции представителей рода *Clarkia Pursh*. V Вавиловская междунар. конф.: тез. докл., к 135-летию со дня рождения Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, 21–25 ноября 2022 г. / Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова. – СПб., 2022. – С. 231–232. – DOI: 10.30901/978-5-907145-90-0.

REFERENCES

1. Koroleva E.V., Petrov A.F., Chudinova YU.V., *Vestnik NGAU (Novosibirskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet)*, 2021, No. 2 (59), pp 18–42, DOI: 10.31677/2072-6724-2021-59-2-18-42. (In Russ.).
2. Koroleva E.V., *Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2022, T. 59–4, pp. 173–183, DOI: 10.54258/20701047_2022_59_4_173. (In Russ.).
3. Koroleva E.V., *Problemy`botaniki Yuzhnoj Sibiri i Mongolii*, 2022, T. 21, No. 2, pp. 69–75, DOI: 10.14258/pbssm.2022057. (In Russ.).
4. Koroleva E.V., Zibina A.A., *Problemy`botaniki Yuzhnoj Sibiri i Mongolii*, 2023, T. 22, No. 2, pp. 134–139, DOI: 10.14258/pbssm.2023114. (In Russ.).
5. Koroleva E.V., *Vestnik NGAU (Novosibirskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet)*, 2023, No. 2 (67), pp. 60–74, DOI: 10.31677/2072-6724-2023-68-3-54-65. (In Russ.).
6. Koroleva E.V., *Vestnik NGAU (Novosibirskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet)*, 2023, No. 3(68), pp. 54–65, DOI: 10.31677/2072-6724-2023-67-2-60-74. (In Russ.).
7. *Flora of North America*. URL: <http://dev.floranorthamerica.org/Clarkia>.
8. Lewis H., Lewis M.E., The mechanism of evolution in the genus *Clarkia*, *Evolution*, 1955, Vol. 8 (1), No. 20, pp. 251–392.
9. Mironova L.N., Voroncova A.A., SHipaeva G.V., *Itogi introdukcii i selekcii dekorativnyh travyanistykh rastenij v Respublike Bashkortostan* (Results of the introduction and selection of ornamental herbaceous plants in the Republic of Bashkortostan), Moscow: Nauka, 2006, 209 p.
10. Hiorth G., *Zur Genetik und Systematik der Gattung Godetia*, *Z. Ver-erbungslehre*, 1941, No. 79, pp. 199–219.
11. Soltis P.S., Soltis D.E. Gottlieb L.D., Phosphoglucomutase Gene Duplications in *Clarkia* (Onagraceae) and Their Phylogenetic Implications, *Evolution*, 1987, Vol. 41, No. 3, pp. 667–671, www.jstor.org/stable/2409269.
12. Normativny`e dokumenty`, prinyaty`e Mezhdunarodny`m soyuzom po ohrane novy`x sortov rastenij, URL: <https://gossortrf.ru/mezhdunarodnyy-soyuz-po-ohrane-novyh-sortov-rasteniy-upov/>. (In Russ.)
13. Goncharov N.P., Goncharov P.L., *Methodological principles of plant selection* (Methodological principles of plant breeding), resp. ed. A.I. Morgunov; Ross. acad. Sciences, Sib. Department, Institute of Cytology and Genetics, Novosibirsk: Academic Publishing House “Geo”, 2018, 439 p.
14. Pronozin A.Yu., Paulish A.A., Zavarzin E.A., Prikhodko A.Yu., Prokhoshin N.M., Kruchinina Yu.V., Goncharov N.P., Komyshv E.G., Genaev M.A., *Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Selekcii*, 2021, No. 25 (1), pp. 71–81, DOI: 10.18699/VJ21.009. (In Russ.).
15. Nacional`naya metodika ispy`taniy na OOS *Clarkia Pursh*, URL: <https://gossortrf.ru/publication/metodiki-ispytaniy-na-oos.php>. (In Russ.).
16. Koroleva E.V., Fotev Yu.V., *Genofond i selektsiya rasteniy* (Genepool and Plant Breeding), Proceedings of the 7th International conference, April 10–12, 2024, Novosibirsk, Russia, Institute of Cytology and Genetics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk: ICG SB RAS, 2024, pp. 171–175, DOI: 10.18699/GPB-2024-01. (In Russ.).
17. Koroleva E.V., *V International Vavilov Conference: celebrating N.I. Vavilov’s 135th birthday*, St. Petersburg, November 21–25, 2022; N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, Sanct-Petersburg: VIR, 2022, pp. 231–232, DOI: 10.30901/978-5-907145-90-0. (In Russ.).

ЗООГУМУС КАК ПЕРСПЕКТИВНОЕ СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ ПЛОДородИЯ СЕльскоХозЯЙСТВенных ЗЕМЕль СИБИРИ

И.Е. Лаврищев, аспирант

А.Ф. Петров, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

П.Н. Мирошников, исследователь

С.В. Краснов, аспирант

С.А. Рыбцов, бакалавр

М.Е. Староконь, бакалавр

Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия

E-mail: lavr_lv@mail.ru

Ключевые слова: зоогумус, органические удобрения, органическое сельское хозяйство, комнатная муха, черная львинка, субстрат, торф.

Реферат. Одной из важнейших задач современного органического растениеводства является поиск эффективных экологически безопасных органических удобрений. Перспективным решением данной задачи может быть изучение зоогумуса – продукта переработки насекомыми органики. Зоогумус получают как вторичный продукт при выращивании таких хозяйственно полезных насекомых, как, например, комнатная муха (лат. *Musca domestica*) и черная львинка (лат. *Hermetia illucens*). Зоогумус обладает высокой концентрацией азота, прошедшего переработку в пищеварительном тракте насекомых, что делает его более доступным для растений и способствует их активному росту и развитию. Он также обладает инсектицидными и фунгицидными свойствами, благодаря собственному микробиому. Также зоогумус способен усиливать влагоудерживающие способности почвы и может применяться как сорбент нефтепродуктов. Фактическое исследование рассматривает использование зоогумуса как обособленной среды для роста растений или как один из компонентов готового субстрата. Произведено исследование и определены содержание азота в аммонийной и нитратной форме, общая кислотность, дана оценка фитотоксичности зоогумуса в смеси с низинным торфом. Исследование показало, что зоогумус обладает приемлемой кислотностью для использования в составе субстрата, а также высоким содержанием азота в двух формах. При высокой концентрации зоогумус начинает проявлять фитотоксичные свойства, поэтому при его применении требуется соблюдать соотношение с другими компонентами субстрата. Таким образом, зоогумус при нормированном внесении может стать эффективным удобрением для всех сельхозтоваропроизводителей, занятых органическим земледелием, в котором инструменты повышения урожайности серьезно ограничены, а все полезные элементы, забираемые из почвы, должны быть восполнены без применения химических удобрений.

INSECT FRASS AS A PROMISING REMEDY OF INCREASING THE FERTILITY OF AGRICULTURAL LAND IN SIBERIA

I.E. Lavrishchev, graduate student

A.F. Petrov, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

P.N. Miroshnikov, researcher

S.V. Krasnov, graduate student

S.A. Rybtsov, bachelor

M.E. Starokon, bachelor

Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

E-mail: lavr_lv@mail.ru

Keywords: insect frass, organic fertilizers, organic agriculture, *Musca domestica*, *Hermetia illucens*, substrate, peat.

Abstract. One of the main tasks of modern organic crop production is the search for effective environmentally friendly fertilizers. A promising approach to this problem could be the study insect frass, a product of organic

*processing by insects. Insect frass is obtained as secondary products from the cultivation of such economic insects as, for example, housefly (*Musca domestica*) and black soldier fly (*Hermetia illucens*). Insect frass has a high concentration of nitrogen, which was processed within the digestive tract of insects, which makes it more accessible to plants and contributes to their active distribution and development. It also has insecticidal and fungicidal properties due to its own microbiome. Insect frass can also enhance the moisture-holding capacity of the environment and be used as sorbents for petroleum products. The actual study examines the use of insect frass as a stand-alone growing medium or as one component of a finished substrate. A study was carried out and the nitrogen content in ammonium and nitrate forms, total acidity and the phytotoxicity index of insect frass in mixtures with lowland peat were measured. The study showed that insect frass has acceptable acidity for use as a substrate, as well as a high nitrogen content in two forms. At high concentrations, insect frass is a source of phytotoxic properties, therefore, when using it, it is necessary to maintain the ratio with other components of the substrate. Thus, insect frass, with normal application, can become an effective fertilizer for all household producers engaged in organic farming, where the tools for increasing productivity are seriously limited, and all useful elements taken from the soil must be replenished without the use of chemical fertilizers.*

Поиск и изучение эффективных экологически безопасных органических удобрений для повешения урожайности является одной из основных задач органического земледелия [1]. Основным решением данной задачи может быть использование органических удобрений, полученных из побочных продуктов животноводства [2]. Перспективным в этом направлении может стать продукт, получаемый в результате переработки органики личинками насекомых: зоогумус [3]. Зоогумус является вторичным продуктом при выращивании таких хозяйственно полезных насекомых, как, например, комнатная муха (лат. *Musca domestica*) и черная львинка (лат. *Hermetia illucens*). Основными продуктами, ради которых их разводят, являются хитин, кормовые белки и жиры [4]. В современной мировой практике разведение черной львинки все больше популяризируется, и в будущем его значение только будет увеличиваться [5].

Главным плюсом технологии получения зоогумуса является то, что сырье для приготовления кормового субстрата для переработки личинками в виде птичьего помета и навоза животных, по сути, является отходом, требующим утилизации [6]. В объемах данного сырья нет недостатка, при этом сам процесс переработки при достаточном количестве насекомых может занимать не более недели при соблюдении температурного и влажностного режимов [7]. Из этого можно сделать вывод, что технология получения зоогумуса также может использоваться для переработки органических отходов.

Одним из главных преимуществ зоогумуса как органического удобрения является наличие в его составе высокой концентрации азота,

важнейшего питательного вещества в почве [8]. Даже на уровне естественных экосистем насекомые играют важную роль в круговороте азота [9]. Насекомым необходимо постоянно регулировать баланс фосфора и азота для поддержания стехиометрического гомеостаза, поэтому излишки данных веществ они выделяют в окружающую среду вместе с экскрементами [10]. Исследование Н. Kagata и соавторов показало, что внесение в почву зоогумуса ускорило рост репы огородной, увеличило ее зеленую массу и повысило в ней концентрацию азота [11]. Благодаря предварительной физиологической переработке в организме насекомых питательные вещества зоогумуса переходят в подвижную форму и лучше усваиваются растениями.

Пищеварительный тракт насекомых представлен такими группами микроорганизмов, как протисты, грибы, археи и бактерии. В процессе пищеварения данные микроорганизмы выводятся вместе с зоогумусом, что и объясняет его биологически активные свойства [12]. Попадание в почву хитиноразрушающих бактерий и актиномицетов зоогумуса приводит к снижению количества вредителей вблизи зоны внесения удобрения [13]. Для примера: полив настоем зоогумуса комнатной мухи снижал численность галловой нематоды в 5–10 раз, а гибель гусениц лугового мотылька увеличивалась в 7 раз [14]. Исследование Н. Elissen и соавторов показало, что применение зоогумуса черной львинки на сахарной свекле и кресс-салате способно подавлять распространение патогенного гриба *Rhizoctonia solani* [15]. Согласно представленным выше литературным данным, зоогумус может

быть рекомендован как эффективное биологическое средство защиты с инсектицидными и фунгицидными свойствами.

Согласно источникам, у зоогуруса присутствует еще ряд полезных для агрономии свойств. Как компонент субстрата зоогурус проявляет полезные физико-механические свойства и усиливает влагоудерживающие свойства почвы при добавлении в нее. Такой набор свойств возможно считать удачным для применения в качестве компонента субстрата овощных культур [16]. Согласно исследованию В.П. Зайцева и соавторов, зоогурус может применяться как сорбент нефтепродуктов в почве [17]. Исследования также подтверждают возможность применения зоогуруса черной львинки в кормлении рыб и аквакультуры ввиду наличия в нем большого количества питательных веществ [18].

Несмотря на имеющийся объем исследований, посвященных эффективности применения зоогуруса, как полноценное удобрение он мало распространен и массово на рынке сельскохозяйственных удобрений почти не представлен. Это, в свою очередь, приводит к необходимости формирования фундаментальных знаний о влиянии зоогуруса на отдельные культуры и о соотношениях с другими необходимыми компонентами субстрата, такими как, например, торф при выращивании в закрытых условиях.

Целью исследования было изучить возможность применения зоогуруса как компонента для субстрата.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- определить содержание азота и общую кислотность в зоогурусе;
- определить фитотоксичность зоогуруса.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Зоогурус был получен на базе лаборатории биополимеров Новосибирского государственного аграрного университета. Был использован зоогурус от личинок черной львинки (лат. *Hermetia illucens*) в результате полной переработки ими субстрата на основе зерновых отходов пшеницы (отрубей и некондиционного зерна). Личинки были отделены от субстрата

при помощи барабанного сепаратора, затем полученный зоогурус был пропущен через измельчитель кормов «Вихрь ИК 3 в 1» (Россия) для придания ему однородной структуры.

Основные исследования проводились на базе лаборатории фундаментальных и прикладных проблем селекции, генетики и биотехнологии сельскохозяйственных культур Новосибирского государственного аграрного университета.

В опыте по определению содержания азота и кислотности для контроля был использован низинный торф, просеянный на ситах с диаметром ячеек 0,3–0,6 см. Для эксперимента были взяты смеси зоогуруса и торфа в двух соотношениях – $\frac{1}{2}$ и $\frac{1}{4}$ – из логики одна порция зоогуруса к двум порциям торфа и одна порция зоогуруса к четырем порциям торфа соответственно. Анализируемые образцы брались из трех точек получаемых смесей в каждой из получившихся смесей. Все варианты были повторены не менее чем в трех повторностях. В результате было сформировано 9 образцов:

1–3-й образцы – варианты, зоогурус + торф в пропорции $\frac{1}{2}$;

4–6-й образцы – варианты, зоогурус + торф в пропорции $\frac{1}{4}$;

7–9-й образцы – чистый торф.

Общие значения содержания азота в форме N-NO₃ и N-NH₄ были определены по ГОСТ 26488–85 [19], а значения общей кислотности субстратов – по ГОСТ 58594–2019 [20].

Определение степени фитотоксичности субстрата было проведено методом проростков [21]. Метод основан на разнице в количестве проросших семян и общей фитомассе проростков. В основу был добавлен верховой торф, который также использовался в качестве контроля на всех используемых образцах. Для анализа зоогуруса на фитотоксичность были добавлены образцы без включения торфа. Для оценки степени фитотоксичности использовалась следующая шкала:

- почва не фитотоксична (ингибирование ростовых процессов проростков до 20 %);
- почва фитотоксична в степени:
 - слабой (ингибирование на 21–30 %);
 - средней (ингибирование на 31–60 %);
 - высокой (ингибирование более 60 %).

Полученные данные были обработаны методом дисперсионного анализа на ПК с использованием программы SNEDEKOR.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

По результатам исследования было установлено, что в образцах с добавлением зоогуруса произошло незначительно подщелачивание среды, что сказалось на повышении pH, но общие значения не переходили границ, близких к почвам с нейтральной кислотностью (табл. 1). Так, для торфа, смешанного с зоогурусом в

пропорции 1/4, среднее значение pH было равно 6,68, а для соотношения 1/2 оставалось равным 6,81, что соответствовало уровню кислотности нейтральных почв в обоих случаях. Общее содержание азота в амонийной и нитратной форме изначально было повышено, из чего можно сделать вывод, что имеющееся количество азота в двух формах в торфе достаточно для обеспечения роста культур. Используемые пропорции оказались излишними и превышали требуемую норму в среднем в 5–6 раз для субстрата в соотношении 1/2 и в 3–4 раза для варианта, содержащего зоогурус и торф в соотношении 1/4.

Таблица 1

Содержание азота и общая кислотность
Nitrogen content and total acidity

| № образца | Влажность субстрата W, % | pH | N-NO ₃ , мг/кг | N-NH ₄ , мг/кг |
|-------------------------|--------------------------|------|---------------------------|---------------------------|
| 1 | 48,6 | 6,8 | 102 | 249 |
| 2 | 62,4 | 6,75 | 92 | 169 |
| 3 | 43,59 | 6,88 | 102 | 138,75 |
| 4 | 61,95 | 6,76 | 90,2 | 238,75 |
| 5 | 74,23 | 6,63 | 76,2 | 196,25 |
| 6 | 96 | 6,67 | 71,8 | 211,25 |
| 7 | 44 | 5,9 | 22,24 | 32,25 |
| 8 | 44 | 6,1 | 18,68 | 27,5 |
| 9 | 43 | 6,1 | 18,21 | 28,10 |
| НСР (ошибка опыта 0,55) | | | 4,45 | |

Высокое содержание азота в зоогурусе обуславливается тем, что он является продуктом переработки органики насекомыми, следовательно, его можно относить к высококонцентрированным по азоту биологическим удобрениям, что особенно ценно для условий открытого грунта [22].

Несмотря на пористую структуру и визуальную схожесть чистого зоогуруса с верховым торфом, его использование в качестве универ-

сального субстрата для горшечного выращивания нецелесообразно в силу его высокой биологической активности. Результаты показали, что повышение содержания зоогуруса пагубно сказывалось на вероятности прорастания семян (табл. 2). Общий результат показал, что зоогурус без добавления торфа демонстрирует высокую фитотоксичность и не может быть использован в чистом виде.

Таблица 2

Оценка фитотоксичности
Phytotoxicity assessment

| Показатель | Контроль | | 1/2 зоогурус/торф | | 1/4 зоогурус/торф | | Зоогурус | |
|------------------------------------|----------|-------|-------------------|-------|-------------------|-------|----------|-------|
| | Овес | Редис | Овес | Редис | Овес | Редис | Овес | Редис |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Количество взошедших проростков, % | 90,48 | 100 | 89,47 | 83,33 | 100 | 90 | 100 | 50 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Средняя длина проростков, см | 6,94 | 3,73 | 6,12 | 6,79 | 6,8 | 5,56 | 4,4 | 2,5 |
| Средняя длина корней, см | 5,4 | 4,3 | 8 | 6,79 | 6,8 | 5,56 | 3,9 | 1,5 |
| Фитомасса, г | 12,1 | 7,4 | 8,9 | 4,8 | 7,5 | 3,5 | 7,2 | 2,6 |
| Общая оценка фитотоксичности | - | - | 27 % | 36 % | 38 % | 53 % | 41 % | 65 % |

Проращение семян в термостате фиксировалось через неделю после закладки опыта (рисунок). На седьмой день, когда производилась фиксация результатов, во всех чашках Петри, где был заложен чистый зоогумус, были обнаружены очаги белой плесени. Также отмечено, что в чашках Петри с торфом фактическая длина корней и стебля была больше, чем в отличных вариантах. Активная среда зоогумуса, включающая в себя большое количество микроорганизмов и плесневых грибов, делает его перспективным компонентом для активизации процесса минерализации органики в почве, однако отрицательно воздействует на сами семена и их активацию [23]. Подобные результаты были получены Е.А. Пушкаревой и соавторами, которые установили, что вытяжки из зоогумуса черной львинки в исследуемых

концентрациях проявляли фитотоксическое действие в отношении проростков пшеницы. Выраженность негативных эффектов усиливалась с ростом концентрации. Двдцатипроцентная вытяжка зоогумуса сокращала всхожесть на 40 %, длину корней проростков – на 50 %, индекс прорастания снижался до 30 % по сравнению с контрольными значениями [24]. Таким образом, можно сделать вывод, что при соблюдении правильной концентрации внесения зоогумуса, полезная микрофлора, которую он содержит, способна активизировать деятельность естественного почвенного микробиоценоза, тем самым вытесняя патогенные микроорганизмы, отпугивая вредителей и защищая растения от поражений. Концентрированный же зоогумус может оказать негативный эффект на рост растений.



Подготовка семян и субстрата для оценки фитотоксичности
Seed and substrate preparation for phytotoxicity assessment

Для того, чтобы зоогумус был приемлем для использования в качестве удобрения, необходимо соблюдать его правильное соотношение при смешивании с почвой. Так, согласно С.М. Шинкареву и соавторам, приемлемым объемом является 20–40 г зоогумуса для внесения локально на 1 м погонной длины бороздки или в лунку. Для выращивания рассады на 10 кг почвы возможно внесение 10–50 г зоогумуса. В жидком виде возможно использовать водный настой зоогумуса из расчета 50–200 г на 10 л воды [25]. В своих исследованиях А.М. Тысленко и С.И. Тарасов определили, что наиболее эффективным соотношением торфа и зоогумуса для огурцов, томатов и перцев является 80 % торфа и 20 % зоогумуса, для лука – 70 % торфа и 30 % зоогумуса, для цветов и газонов 75 % торфа и 25 % зоогумуса [26].

ВЫВОДЫ

1. Зоогумус проявляет себя как биологическое удобрение, имеющее среднюю кислотность, приемлемую для использования с другими компонентами субстрата. Высокое

содержание азота в двух различных формах в зоогумусе может играть первостепенную роль для развития зеленой массы растений.

2. При высокой концентрации зоогумус начинает проявлять фитотоксичность из-за своей интенсивной биологической активности, поэтому при использовании в составе субстрата зоогумуса его концентрация должна строго регламентироваться. Согласно полученным результатам, предельное соотношение зоогумуса к торфу должно быть менее 25 %. Наибольший показатель фитотоксичности был обнаружен при использовании 100 % концентрации зоогумуса.

3. Исследование показало, что зоогумус можно использовать как компонент субстрата, но необходимо контролировать его внесение из-за высокой биологической активности. Правильное применение зоогумуса может позволить как восполнить запас полезных элементов в почве, так и повысить устойчивость растений к болезням и вредителям.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки ведущих научных школ НШ-1129.2022.2.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рудой Е.В., Петухова М.С., Лаврищев И.Е. Улучшение качества питания жителей Сибири путем производства биологизированных функциональных продуктов // Достижения науки и техники АПК. – 2022. – Т. 36, № 11. – С. 86–90.
2. Качество и безопасность стимулятора роста растений, полученного из побочных продуктов птицеводства / П.Н. Мирошников, К.В. Жучаев, О.Н. Сороколетов [и др.] // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2023. – № 4 (69). – С. 225–232.
3. Сороколетов О.Н. Технологические и экологические аспекты переработки отходов птицеводства и свиноводства личинками *Musca domestica*: дис. ... канд. с.-х. наук. – Новосибирск, 2006. – 160 с.
4. When a turbot catches a fly: Evaluation of a pre-pupae meal of the Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) as fish meal substitute – Growth performance and chitin degradation in juvenile turbot (*Psetta maxima*) / S. Kroeckel, A.-G.E. Harjes, I. Roth // Aquaculture. – 2012. – С. 345–352.
5. The potential role of insects as feed: A multi-perspective review / G. Sogari, M. Amato, I. Biasato [et al.] // Animals. – 2019. – № 9. – P. 119.
6. Марцев А.А., Подолец А.А. Перспективы разведения мухи *Hermetia illucens* в России для утилизации органических отходов сельскохозяйственных предприятий // Владимирский земледелец. – 2017. – № 4 (82). – С. 36–38.
7. Биотехнология переработки органических отходов и экология / И.И. Гудилин, А.Ф. Кондратов [и др.]. – Новосибирск, 1999. – 392 С.
8. Sweetapple P., Barron M. Frass drop for monitoring relative abundance of large arboreal invertebrates in a New Zealand mixed beech forest // New Zealand Journal of Ecology. – 2016. – N 40 (3). – P. 321–329.
9. Behie S.W., Bidochka M.J. Insects as a nitrogen source for plants // Insects. – 2013. – N 4 (3). – P. 413–424.
10. Grasshoppers regulate N: P stoichiometric homeostasis by changing phosphorus contents in their frass / Z. Zhang, J.J. Elser, A.J. Cease [et al.] // PLoS. – 2014. – N 9 (8). – P. e103697.

11. Kagata H., Ohgushi T. Positive and negative impacts of insect frass quality on soil nitrogen availability and plant growth // *Population Ecology*. – 2012. – N 54 (1). – P. 75–82.
12. Pernice M., Simpson S.J., Ponton F. Towards an integrated understanding of gut microbiota using insects as model systems // *J Insect Physiol*. – 2014. – N 69. – P. 12–18.
13. Jang S., Kikuchi Y. Impact of the insect gut microbiota on ecology, evolution, and industry // *Curr Opin Insect Sci*. – 2020. – N 41. – P. 33–39.
14. Бедин Д.П., Токарев В.С., Лисунова Л.И. Разработка препарата против галловой нематоды на огурце в защищенном грунте [биопрепарат зоогумус]. // *Зоокультура и биологические ресурсы / Моск. с.-х. акад.* – М., 2005. – С. 82–84.
15. Disease suppression in cress and sugar beet seedlings with frass of the Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) / H. Elissen, M. Schilder, J. Postma [et al.] // *Wageningen: Wageningen Plant Research*. – 2019. – 23 p. (Report WPR; 816).
16. Тараканов Г.И., Борисов Н.В., Климов В.В. Овощеводство защищенного грунта. – М.: Колос, 1982. – С. 303.
17. Зайцев В.П., Клименко М.В., Бочкарева И.И. Использование зоогумуса на основе личинок *Musca Domestica* в качестве сорбента нефтепродуктов // *Вестник СГУГиТ (Сибирского государственного университета геосистем и технологий)*. – 2016. – № 3 (35). – С. 211–218.
18. Yildirim-Aksoy M., Eljack R., Beck B.H. Nutritional value of frass from black soldier fly larvae, *Hermetia illucens*, in a channel catfish, *Ictalurus punctatus*, diet // *Aquaculture Nutrition*. – 2020. – N 26. – P. 812–819.
19. ГОСТ 26488–85. Почвы. Определение нитратов по методу ЦИНАО. – М.: Московский печатник, 1986. – 4 с.
20. ГОСТ Р 58594–2019. Почвы. Метод определения обменной кислотности. – М.: Стандартинформ, 2019. – 9 с.
21. Определение фитотоксичности методом проростков / Н.М. Привалова, А.А. Процай, Ю.Ф. Литвиненко [и др.] // *Успехи современного естествознания*. – 2006. – № 10. – С. 45–45.
22. Влияние различных форм и доз минеральных азотных удобрений на продуктивность томата в условиях открытого грунта / А.Ф. Петров, Р.Р. Галеев, Н.В. Гаврилец [и др.] // *Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет)*. – 2023. – № 3. – С. 93–100.
23. Использование зоогумуса для защиты растений / О.Н. Сороколетов, И.И. Гудилин, А.В. Бгатов, И.Н. Кунавин // *Современные наукоемкие технологии*. – 2005. – № 3. – С. 73–74.
24. Исследование фитотоксичности водных вытяжек зоогумуса *Hermetia illucens* L. на жизнеспособность и развитие пшеницы / Е.А. Пушкарева, Е.В. Коваль, А.А. Лящев [и др.] // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. – 2023. – № 4 (102). – С. 26–33.
25. Шинкарев С.М., Аксенов А.В., Тарасов С.И. Применение зоогумуса в качестве органического удобрения в защищенном грунте // *Плодородие*. – 2008. – № 4. – С. 17–18.
26. Тысленко А.М., Тарасов С.И. Питательные грунты на основе зоогумуса // *Современные тенденции развития науки и технологий*. – 2015. – № 4–2. – С. 85–88.

REFERENCES

1. Rudoj E.V., Petuhova M.S., Lavrishchev I.E., *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2022, T. 36, No. 11, pp. 86–90. (In Russ.)
2. Miroshnikov P.N., Zhuchayev K.V., Sorokoletov O.N. [i dr.], *Vestnik NGAU (Novosibirskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet)*, 2023, No. 4 (69), pp. 225–232. (In Russ.)
3. Sorokoletov O.N., *Tekhnologicheskie i ekologicheskie aspekty pererabotki othodov pticevodstva i svinovodstva lichinkami Musca domestica* (Technological and ecological aspects of processing of poultry and pig waste by *Musca domestica* larvae), candidates thesis, Novosibirsk, 2006, 160 p.
4. Kroeckel S., Harjes A.-G. E., Roth I., Katz H., Wuertz S., Susenbeth A., Schulz C., When a turbot catches a fly: Evaluation of a pre-pupae meal of the Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) as fish meal substitute – Growth performance and chitin degradation in juvenile turbot (*Psetta maxima*), *Aquaculture*, 2012, pp. 345–352.
5. Sogari G., Amato M., Biasato I., Chiesa S., Gasco L., The potential role of insects as feed: A multi-perspective review, *Animals*, 2019, No. 9, pp. 119.

6. Marcev A.A., Podolec A.A., *Vladimirskij zemledelec*, 2017, No. 4(82), pp. 36–38. (In Russ.)
7. Gudilin I.I., Kondratov A.F. i dr., *Biotekhnologiya pererabotki organicheskikh othodov i ekologiya* (Biotechnology of organic waste processing and ecology), Novosibirsk, 1999, pp. 392.
8. Sweetapple P., Barron M., Frass drop for monitoring relative abundance of large arboreal invertebrates in a New Zealand mixed beech forest, *New Zealand Journal of Ecology*, 2016, No. 40 (3), pp. 321–329.
9. Behie S.W., Bidochka M.J., Insects as a nitrogen source for plants, *Insects*, 2013, No. 4 (3), pp. 413–424.
10. Zhang Z., Elser J.J., Cease A.J., Zhang X., Yu Q., Han X., Zhang G., Grasshoppers regulate N: P stoichiometric homeostasis by changing phosphorus contents in their frass, *PLoS One*, 2014, No. 9 (8), pp. e103697.
11. Kagata H., Ohgushi T., Positive and negative impacts of insect frass quality on soil nitrogen availability and plant growth, *Population Ecology*, 2012, No. 54 (1), pp. 75–82.
12. Pernice M., Simpson S.J., Ponton F., Towards an integrated understanding of gut microbiota using insects as model systems, *J Insect Physiol.*, 2014, No. 69, pp. 12–18.
13. Jang S., Kikuchi Y., Impact of the insect gut microbiota on ecology, evolution, and industry, *Curr Opin Insect Sci*, 2020, No. 41, pp. 33–39.
14. Bedin D.P., Tokarev B.C., Lisunova L.I., *Zookul'tura i biologicheskie resursy*, Mosk. s.-h. akad., Moscow, 2005, pp. 82–84. (In Russ.)
15. Elissen H., Schilder M., Postma J., van der Weide R., Disease suppression in cress and sugar beet seedlings with frass of the Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*), *Wageningen: Wageningen Plant Research*, 2019, 23 p. (Report WPR; 816).
16. Tarakanov G.I., Borisov N.V., Klimov V.V., *Ovoshchevodstvo zashchishchennogo grunta* (Protected ground vegetable growing), Moscow: Kolos, 1982, pp. 303.
17. Zajcev V.P., Klimenko M.V., Bochkareva I.I., *Vestnik SGUGiT (Sibirskogo gosudarstvennogo universiteta geosistem i tekhnologij)*, 2016, No. 3 (35), pp. 211–218. (In Russ.)
18. Yildirim-Aksoy M., Eljack R., Beck B.H., Nutritional value of frass from black soldier fly larvae, *Hermetia illucens*, in a channel catfish, *Ictalurus punctatus*, diet, *Aquacult Nutr*, 2020, No. 26, pp. 812–819.
19. GOST 26488-85. *Pochvy. Opredelenie nitratov po metodu CINAO* (Soils. Determination of nitrates by the CINAO method), Moscow: Moskovskij pechatnik, 1986, 4 p. (In Russ.)
20. GOST R 58594-2019. *Pochvy. Metod opredeleniya obmennoj kislotnosti* (Soils. Method for determining exchangeable acidity), Moscow: Standartinform, 2019, 9 p. (In Russ.)
21. Privalova N.M., Procaj A.A., Litvinenko YU.F., Marchenko L.A., Pan'kov V.A., *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*, 2006, No. 10, pp. 45–45. (In Russ.)
22. Petrov A.F., Galeev R.R., Gavrilec N.V. [i dr.], *Vestnik NGAU (Novosibirskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet)*, 2023, No. 3, pp. 93–100. (In Russ.)
23. Sorokoletov O.N., Gudilin I.I., Bgatov A.V., Kunavin I.N., *Sovremennye naukoemkie tekhnologii*, 2005, No. 3, pp. 73–74; (In Russ.)
24. Pushkareva E.A., Koval' E.V., Lyashchev A.A. [i dr.], *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2023, No. 4(102), pp. 26–33. (In Russ.)
25. SHinkarev S.M., Aksenov A.V., Tarasov S.I., *Plodorodie*, 2008, No. 4, pp. 17–18. (In Russ.)
26. Tyslenko A.M., Tarasov S.I., *Sovremennye tendencii razvitiya nauki i tekhnologij*, 2015, No. 4-2, pp. 85–88. (In Russ.)

ДИНАМИКА ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ДЛЯ ВИНОГРАДАРСТВА КЛИМАТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В ОСНОВНЫХ ЗОНАХ РАЗМЕЩЕНИЯ АМПЕЛОЦЕНОЗОВ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ

А.А. Марморштейн

Е.Т. Ильницкая, кандидат биологических наук

Г.Ю. Алейникова, кандидат сельскохозяйственных наук

ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия», Краснодар, Россия

E-mail: am342@yandex.ru

Ключевые слова: изменение климата, засушливость, виноград, абсолютный максимум температуры, относительная влажность.

Реферат. Современные изменения климата затрагивают все отрасли сельского хозяйства. Повсеместно отмечается повышение температуры воздуха, изменения в выпадении атмосферных осадков, учащение экстремальных погодных явлений. Так как продуктивная продолжительность жизни виноградно-растения 30–40 лет, то необходима оценка климатических изменений для создания адаптированного к изменениям сортимента. Цель исследований – оценка изменений экстремальных показателей теплообеспеченности и относительной влажности на территории основных виноградарских районов Краснодарского края. Рассчитаны средние значения экстремальных показателей теплообеспеченности и относительной влажности двух климатологических периодов 1961–1990 гг. и 1991–2020 гг., их изменения во времени и ход аномалий показателей 1991–2020 гг. по сравнению со средними значениями 1961–1990 гг. Отмечен рост абсолютного максимума температуры воздуха на 0,2–1,6 °C за период 1991–2020 гг. по сравнению с предыдущим, за исключением Новороссийска (уменьшение на 1,4 °C); рост среднего абсолютного максимума температуры воздуха на 1,5–2,5 °C, учащение количества дней с максимальной температурой воздуха выше +35 °C на 1,0–2,3 дня; уменьшение средней относительной влажности воздуха за апрель–октябрь на 0,7–2,7 % и увеличение количества дней с минимальной относительной влажностью менее 30 % за лето на 0,8–5,4 дней. Изменчивость данных показателей во времени за период 1991–2020 гг. согласуется с изменением среднего. Установлен рост абсолютного максимума (на 0,65–0,9 °C/10 лет), количества дней с максимальной температурой воздуха выше +35 °C (на 0,8–1,1 дней/10 лет), количества дней с минимальной относительной влажностью менее 30 % за лето (на 1,2–7,2 дней/10 лет); снижение средней относительной влажности воздуха за апрель–октябрь (на 0,5–6,5 %/10 лет). Данные изменения свидетельствуют об увеличении экстремальности климата и повторяемости неблагоприятных для винограда условий в летний период, что требует корректировки сортимента.

DYNAMICS OF EXTREME CLIMATIC VARIABLES FOR VITICULTURE IN THE MAIN ZONES OF AMPELOCENOSIS OF THE KRASNODAR REGION

A.A. Marmorshstein

E.T. Ilitskaya, PhD in Biological Sciences

G.Yu. Aleynikova, PhD in Agricultural Sciences

FSBSI “North Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Wine-making”, Krasnodar, Russia

E-mail: am342@yandex.ru

Keywords: climate change, aridity, grapes, absolute maximum temperature, relative humidity.

Abstract: Modern climate changes affect all branches of agriculture. Everywhere there is an increase in air temperature, changes in precipitation, an increase in extreme weather events. Since the productive lifespan of a grape plant is 30–40 years, it is necessary to assess climatic changes in order to create a variety adapted to changes. The purpose of the research is to assess changes in extreme heat supply and relative humidity in the main viticultural areas of the Krasnodar region. The average values of extreme heat supply and relative humidity variables of two climatological periods of 1961–1990 and 1991–2020, their changes over time and the course of variable's anomalies of 1991–2020 compared with the average values of 1961–1990 are calculated. An increase

in the absolute maximum air temperature by 0.2–1.6 °C for the period 1991–2020 was noted compared to the previous period, with the exception of Novorossiysk (decrease by 1.4 °C); an increase in the average absolute maximum air temperature by 1.5–2.5 °C, an increase in the number of days with a maximum air temperature above +35 °C by 1.0–2.3 days; a decrease in the average relative humidity of April–October by 0.7–2.7 % and an increase in the number of days with a minimum relative humidity of less than 30 % over the summer by 0.8–5.4 days. The variability of these variables over time for the period 1991–2020 is consistent with the change in the average. An increase in the absolute maximum was established (by 0.65–0.9 °C/10 years), the number of days with a maximum air temperature above +35 °C (by 0.8–1.1 days/10 years), the number of days with a minimum relative humidity of less than 30% over the summer (by 1.2–7.2 days/10 years); decrease in the average relative humidity of April–October (by 0.5–6.5 %/10 years). These changes indicate an increase in climate extremes and the frequency of unfavorable conditions for grapes in the summer, which requires an adjustment of the assortment.

Изменение климата является важным фактором, оказывающим влияние на сельское хозяйство и виноградарство в частности.

Анализ 30–60-летних метеорологических рядов выявил тенденции к потеплению в Европе – среднегодовая температура растет на 1–2 °C, температура вегетационного периода от 1 до более чем 2 °C, также отмечается увеличение абсолютной и средней максимальной температуры (на 2 °C) и количества дней с максимальными температурами воздуха выше +30 °C. Изменение количества атмосферных осадков было одинаково, например, уменьшение в северной Италии и увеличение интенсивности осадков в центральной Италии [1]. Страны Северной Африки подвержены сильному повышению температуры и высокому риску засухи в условиях изменения климата [2]. В Азии также отмечается рост температур и в основном снижение количества осадков за некоторым исключением [3–4]. В районах с прохладным для виноградарства климатом в Северной Америке наблюдается тенденция к потеплению [5], как и в Калифорнии, причем для этого региона отмечаются асимметричные изменения температуры в течение дня и ночи [5]. Изменения климата в Южном полушарии происходит менее интенсивно, чем в Северном. Основным последствием будущих изменений климата ожидается уменьшение осадков в данном регионе. Средняя температура вегетационного периода в Южной Африке выросла на 0,42 °C за 1950–1999 гг., по прогнозам с 2000 по 2049 гг. вырастет еще на 0,52 °C [7]. В Южной Америке увеличилась интенсивность и частота аномальной жары с 1960 г. [8]. Наряду с повышением температуры Австралия подверглась более экстремальным климатическим явлениям,

таким как аномальная жара, лесные пожары и изменения во времени и объеме осадков [9]. В соседней Новой Зеландии также отмечается повышение температуры и экстремальных температурных явлений [10].

По данным Росгидромета, средняя скорость потепления в Российской Федерации за период 1976–2021 гг. составила +0,49 °C за 10 лет, в Южном федеральном округе – +0,74 °C за 10 лет, отмечается увеличение засушливости территории за период 2001–2019 гг. [11]. Будущие изменения климата приведут не только к росту средней температуры воздуха и неравномерному изменению выпадающих атмосферных осадков, но и к увеличению частоты опасных гидрометеорологических явлений: наводнений, засух, волн тепла и холода, нетипичных заморозков в вегетационный период и т.д. [12].

Виноград является многолетним растением с ожидаемой экономически продуктивной продолжительностью жизни до 30–40 лет [13], поэтому сорта винограда должны быть адаптированы к условиям изменяющегося климата [14]. Краснодарский край – лидирующий регион по производству винограда и винодельческой продукции в Российской Федерации [15]. Высокие температуры воздуха оказывают негативное влияние на рост, развитие и плодоношение винограда. При температуре выше +35 °C ухудшается вегетационная активность, листья часто желтеют и опадают, при продолжительных экстремальных температурах +35–40 °C угнетается фотосинтетическая система растений, а в период созревания при +40 °C наблюдаются также ожоги ягод [16–19]. Оптимальная относительная влажность для нормальной жизнедеятельности виноградного растения (транспирации и фотосинтеза) составляет 70–80%. При относитель-

ной влажности 40 % процессы замедляются, при 20 % – прекращаются [20].

Целью исследования являлась оценка изменений экстремальных показателей теплообеспеченности и относительной влажности на территории основных виноградарских районов Краснодарского края.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектами исследований являлись максимальные температуры и относительная влажность воздуха в наиболее важных для виноградарства районах Краснодарского края (Тамань, Темрюк, Анапа, Новороссийск и Геленджик Черноморской агроэкологической зоны виноградарства). Метеорологические данные были использованы из базы данных [21].

По общепринятым методикам выполнен расчет следующих показателей: абсолютный и средний из абсолютных максимумов температуры воздуха; количество дней с максимальной температурой воздуха выше +35 °С; средняя относительная влажность воздуха за апрель-октябрь; количество дней с минимальной относительной влажностью ниже 30 % за лето [22, 23]. Средние значения получены для двух климатологических периодов 1961–1990 гг. и 1991–2020 гг., принятых Всемирной метеорологической организацией в качестве базовых [24], оценены их изменения во времени и ход аномалий показателей 1991–2020 гг. по сравнению со средними значениями 1961–1990 гг.

Для определения статистической значимости изменения средних значений и трендов использовался *t*-критерий Стьюдента. Рассчитанное значение сравнивалось с табличным (при уровне значимости $\alpha = 0,05$). Если табличное значение было меньше рассчитанного, то изменение среднего не несет случайный характер и статистически значимо или тренд являлся статистически значимым [25].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Согласно анализу метеорологической информации по выбранным пяти станциям,

абсолютный максимум температуры воздуха варьировал от +37,0 °С (Темрюк) до +41 °С (Новороссийск) в период 1961–1990 гг. (табл. 1). В 1969 г. абсолютный максимум был отмечен во вторую декаду августа, в 1971 г. – в третью декаду июля, в 1972 г. – в третью декаду августа, в 1981 г. – в третью декаду июля. В период 1991–2020 гг. значение абсолютного максимума температуры воздуха выросло на всех станциях за исключением Новороссийска и варьировало от +38,0 °С (Анапа и Темрюк) до +39,6 °С (Новороссийск). В Анапе увеличилась повторяемость значения абсолютного максимума от 1 до 4 лет. В 1998 г. абсолютный максимум отмечался в первую декаду августа, в 2005 г. – в первую декаду августа, в 2007 г. – в третью декаду июля (Анапа) и в первую декаду августа (Темрюк), в 2010 и 2017 гг. – в первую декаду августа. Значения абсолютного максимума выше +40 °С за все 60 лет отмечались только в Новороссийске.

Средний абсолютный максимум температуры воздуха значимо вырос на всех станциях, за исключением Тамани из-за меньшего числа лет, по которым имелись данные, во втором периоде. В первый период 1961–1990 гг. значения среднего абсолютного максимума варьировали от 32,2 °С (Тамань) до 34,5 °С (Новороссийск). Во второй климатологический период – от +34,7 °С (Тамань) до +36,1 °С (Новороссийск). Порога в +35,0 °С достигли и перешли его средние абсолютные максимумы на всех станциях кроме Тамани.

Значения количества дней с максимальной температурой воздуха выше +35,0 °С оценивались на всех станциях, где имелась суточная метеорологическая информация. На Тамани количество таких дней увеличилось на 1 (от 0,1 до 1,1), в Анапе – почти на два (от 0,2 до 2,1, изменение среднего значимо), в Новороссийске и Геленджике – больше, чем на два (от 0,5 до 2,6 и от 0,3 до 2,6 соответственно, изменения средних значимы).

Таблица 1

Абсолютный максимум и средний абсолютный максимум температуры воздуха, количество дней с максимальной температурой воздуха выше +35 °С за климатологические периоды 1961–1990 гг. и 1991–2020 гг.
The absolute maximum and average absolute maximum air temperature, the number of days with a maximum air temperature above +35 °C for two climatological periods 1961–1990 and 1991–2020

| Станция | Период | Абсолютный максимум температуры и год наблюдения, °С | Средний абсолютный максимум температуры, °С | Кол-во дней с максимальной температурой воздуха выше +35 °С |
|--------------|-----------|--|---|---|
| Темрюк | 1961–1990 | 37,0 (1969, 1972) | 33,5 | – |
| | 1991–2020 | 38,0 (2005, 2007) | 35* | – |
| Тамань | 1961–1990 | 37,3 (1981) | 32,2 | 0,1 |
| | 2009–2020 | 38,9 (2010) | 34,7 | 1,1 |
| Анапа | 1961–1990 | 37,3 (1971) | 33,3 | 0,2 |
| | 1991–2020 | 38,0 (1998, 2007, 2010, 2017) | 35,6* | 2,1* |
| Новороссийск | 1961–1990 | 41,0 (1971) | 34,5 | 0,5 |
| | 1991–2020 | 39,6 (2010) | 36,1* | 2,6* |
| Геленджик | 1966–1990 | 38,8 (1981) | 33,7 | 0,3 |
| | 1991–2020 | 39,0 (2017) | 35,8* | 2,6* |

* – изменение среднего значения значимо при уровне значимости $\alpha = 0,05$.

Средняя относительная влажность воздуха за апрель–октябрь на всех станциях уменьшилась, статистически незначимое изменение отмечалось только на Тамани из-за меньшего числа лет, по которым имелись данные, во втором периоде. В первый климатологический период 1961–1990 гг. среднее значение варьировало от 67,8 % (Новороссийск) до 75,5 %

(Темрюк). Только в Новороссийске средняя относительная влажность была менее 70 %. Во втором периоде значения меньше 70 % отмечались уже на всех исследуемых станциях кроме Таманского полуострова. Значения средней относительной влажности воздуха варьировали от 65,1 % (Новороссийск) до 74,8 % (Темрюк) (табл. 2).

Таблица 2

Средняя относительная влажность воздуха за апрель–октябрь и количество дней с минимальной относительной влажностью менее 30 % за климатологический период 1961–1990 гг. и 1991–2020 гг.
The average relative humidity for April–October and the number of days with a minimum relative humidity of less than 30% for two climatological periods of 1961–1990 and 1991–2020

| Станция | Период | Средняя относительная влажность воздуха за апрель–октябрь, % | Кол-во дней с минимальной относительной влажностью менее 30 % за лето |
|--------------|-----------|--|---|
| Темрюк | 1961–1990 | 75,5 | 2,1 |
| | 1991–2020 | 74,8* | 3,3 |
| Тамань | 1961–1990 | 73,7 | 0,5 |
| | 2009–2020 | 71,2 | 1,3 |
| Анапа | 1961–1990 | 71,8 | 2,0 |
| | 1991–2020 | 69,2* | 6,6* |
| Новороссийск | 1961–1990 | 67,8 | 5,9 |
| | 1991–2020 | 65,1* | 11,3* |
| Геленджик | 1966–1990 | 70 | 4,5 |
| | 1991–2020 | 69,3 | 7,3* |

* – изменение среднего значения значимо при уровне значимости $\alpha = 0,05$.

Количество дней с минимальной относительной влажностью менее 30 % за лето значительно выросли в Анапе, Новороссийске и Геленджике, незначительный рост отмечался в Темрюке и Тамани из-за ограниченного числа лет с данными. В первый климатологический период значения данного показателя варьировало от 0,5 (Тамань) до 5,9 дней (Новороссийск), во второй период 1991–2020 гг. от 1,3 до 11,3 на тех же станциях.

Помимо изменений средних значений показателей приведены тенденции изменений абсолютного максимума температуры воздуха, количества дней с максимальной температурой воздуха выше +35,0 °С, средней относительной влажностью воздуха за апрель–октябрь и количества дней с минимальной относительной

влажностью воздуха менее 30 % за лето за период 1991–2020 гг. по сравнению со средними значениями 1961–1990 гг. В табл. 3 указаны тренды за 10 лет. На рис. 1–5 приведен ход аномалий показателей.

Тренд абсолютного максимума температуры воздуха с 1991 по 2020 гг. положительный и варьирует от +0,65 (Новороссийск) до +0,9 °С/10 лет (Темрюк и Геленджик), за исключением Тамани (см. рис. 2). В последнем случае тенденция отрицательная и составляет -1,4 °С/10 лет, что объясняется построением графика только за период с 2009 по 2020 гг. Значимыми трендами являются тенденции в Анапе и Геленджике. Тренды согласуются с изменениями абсолютных и средних абсолютных значений за исключением Тамани и Новороссийска.

Таблица 3

Тренды абсолютного максимума температуры воздуха, количества дней с максимальной температурой воздуха выше +35 °С, средней относительной влажности воздуха за апрель–октябрь и количества дней с минимальной относительной влажностью менее 30 % в 1991–2020 гг.

Trends of the absolute maximum air temperature, the number of days with a maximum air temperature above +35 °С, the average relative humidity for April-October and the number of days with a minimum relative humidity of less than 30% in 1991–2020.

| Станция | Абсолютный максимум температуры, °С | Кол-во дней с максимальной температурой воздуха выше +35 °С | Средняя относительная влажность воздуха за апрель–октябрь, % | Кол-во дней с минимальной относительной влажностью менее 30 % |
|--------------------|-------------------------------------|---|--|---|
| Темрюк | +0,9 | – | -0,5 | +1,3 |
| Тамань (2009–2020) | -1,4 | -2,2 | -6,5* | +1,2 |
| Анапа | +0,8* | +0,9* | -3,4* | +4* |
| Новороссийск | +0,65 | +1,1* | -3,3* | +7,2* |
| Геленджик | +0,9* | +0,8 | -2,8* | +5,9* |

* – тренд значим при уровне значимости $\alpha = 0,05$.

Тенденция количества дней с максимальной температурой воздуха выше +35 °С во втором климатологическом периоде также положительная от +0,8 (Геленджик, см. рис. 3) до +1,1 (Новороссийск, см. рис. 1) дней/10 лет, значимыми являются изменения во времени для

Анапы и Новороссийска. Тренд в Тамани также отрицательный и незначительный из-за анализа последних 12 лет, а не 30. Тренды согласуются с изменениями средних значений за исключением Тамани.



Рис. 1. Аномалии абсолютного максимума температуры воздуха за период 1991–2020 гг. по сравнению с периодом 1961–1990 гг. для Новороссийска

Anomalies of the absolute maximum air temperature for the period 1991 to 2020 compared with the period 1961–1990 for Novorossiysk

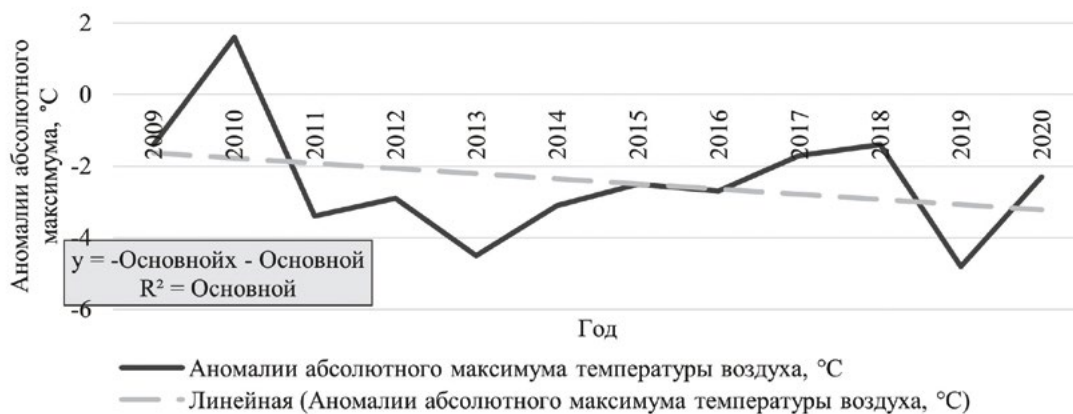


Рис. 2. Аномалии абсолютного максимума температуры воздуха за период 2009–2020 гг. по сравнению с периодом 1961–1990 гг. для Тамани

Anomalies of the absolute maximum air temperature for the period 1991 to 2020 compared with the period 1961–1990 for Taman



Рис. 3. Аномалии количества дней с максимальной температурой воздуха выше +35,0 °С за период 1991–2020 гг. по сравнению с периодом 1961–1990 гг. для Геленджика

Anomalies of the number of days with a maximum air temperature above +35.0 °C for the period 1991 to 2020 compared with the period 1961–1990 for Gelendzhik

Средняя относительная влажность воздуха за апрель–октябрь имеет отрицательную тенденцию, которая незначима только в Темрюке и составляет 0,5 %/10 лет (см. рис. 4). На остальных станциях за 30 лет варьирует от -2,8 (Геленджик) до -3,4 (Анапа) %/10 лет. На

Тамани тенденция составляет 6,5 %/10 лет из-за анализа только периода 2009–2020 гг. Изменчивость показателя во второй климатологический период согласуются с изменением его средних значений по сравнению со средними 1961–1990 гг.

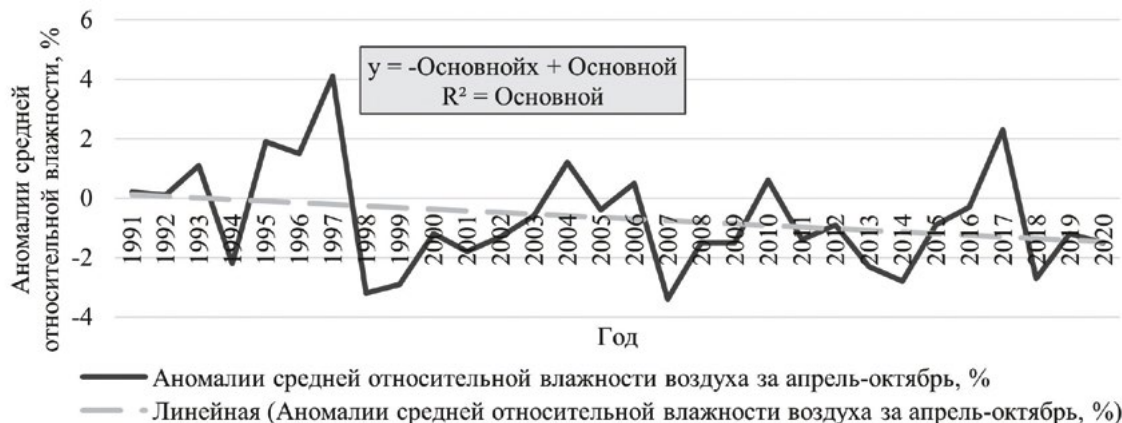


Рис. 4. Аномалии средней относительной влажности воздуха за апрель–октябрь за период 1991–2020 гг. по сравнению с периодом 1961–1990 гг. для Темрюка

Anomalies of the average relative humidity for April-October for the period 1991–2020 compared with the period 1961–1990 for Temryuk

Ход количества дней с минимальной относительной влажностью воздуха менее 30 % за лето за период 1991–2020 гг. по сравнению с периодом 1961–1990 гг. имеет положительную значимую тенденцию от +4 (Анапа, см. рис. 5)

до +7,2 (Новороссийск) дней/10 лет. В Тамани и Темрюке тренд составляет +1,2–1,3 дней/10 лет, разница обусловлена меньшим количеством данных для исследований.



Рис. 5. Аномалии количества дней с минимальной относительной влажностью воздуха менее 30 % за лето в период 1991–2020 гг. по сравнению с периодом 1961–1990 гг. для Анапы

Anomalies of the number of days with a minimum relative humidity of less than 30% in the summer for the period 1991 to 2020 compared with the period 1961 to 1990 for Anapa

Для установления влияния изучаемых экстремальных климатических показателей на

виноградное растение нами проведен анализ отклика сортов отечественной селекции и ин-

тродуцентов на метеорологические условия 2020 г., который отличался значительными отклонениями от климатических норм. В ходе исследований, проведенных нами в Черноморской агроэкологической зоне виноградарства (Анапа), установлена негативная реакция сортов винограда отечественной селекции на высокие температуры, дефицит осадков и увеличение количества дней с минимальной влажностью воздуха ниже 30 % на 17 дней за лето. Эти климатические изменения стали причиной существенного снижения массы грозди: у сорта Гранатовый она составила 51,3–76,5 г при среднемноголетних значениях 82,2–126,9 г, у сорта Антарис – 91,3–102,4 г при среднемноголетних значениях 110,5–124,1 г, у сорта Алькор – от 54,5 до 72,4 г при среднемноголетних значениях 84,3–90,2 г [26]. Стрессовые метеорологические условия 2020 г. повлияли на сахаристость и массу грозди интродуцированного сорта Рислинг рейнский, произрастающего в Черноморской агроэкологической зоне виноградарства (Анапа), отмечено снижение массовой концентрации сахаров (до 16,2–18,2 г/100 см³) и уменьшение массы грозди на 32,5 % (с 104,1 до 70,3 г) при высокой нагрузке и уплотненной схеме посадки (70 тыс. побегов/га и 3,0×1,0 м) [27].

ВЫВОДЫ

1. Установлено увеличение экстремальности климата в основных зонах размещения виноградников Краснодарского края на основании анализа изменения и изменчивости во времени абсолютного и среднего из абсолютных максимумов температуры воздуха, количества дней с максимальной температурой воздуха выше плюс 35 °С, средней относительной влажности воздуха за апрель–октябрь и количества дней с минимальной относительной влажностью ниже 30 % за лето.

2. Отмечено увеличение повторяемости неблагоприятных для винограда значений теплообеспеченности и относительной влажности воздуха в течение вегетационного периода.

3. На основании установленной динамики экстремальных для виноградарства климатических показателей для повышения устойчивости ампелоценозов к стрессорам летнего периода при закладке насаждений рекомендуется вводить в используемый сортимент винограда генотипы с высокой адаптивностью к наблюдаемым климатическим изменениям, обладающие повышенной жаростойкостью и засухоустойчивостью.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Droulia F., Charalampopoulos I.* A Review on the Observed Climate Change in Europe and Its Impacts on Viticulture // *Atmosphere*. – 2022. – Vol. 13. – P. 837.
2. *Climate change vulnerability, water resources and social implications in North Africa / J. Schilling, E. Hertig, Y. Trambly [et al.]* // *Regional Environmental Change*. – 2020. – Vol. 20. – P. 15.
3. *Nguyen T.-H., Sahin, O. Howes M.* Climate Change Adaptation Influences and Barriers Impacting the Asian Agricultural Industry // *Sustainability*. – 2021. – Vol. 13. – P. 7346.
4. *Increased crop failure due to climate change: Assessing adaptation options using models and socio-economic data for wheat in China / A.J. Challinor, E.S. Simelton, E.D. Fraser [et al.]* // *Environmental Research Letters*. – 2010. – Vol. 5. – P. 034012.
5. *Schultze S.R., Sabbatini P.* Implications of a climate-changed atmosphere on cool-climate viticulture // *Journal of applied meteorology and climatology*. – 2019. – Vol. 58 (5). – P. 1141–1153.
6. *Historical long-term cultivar× climate suitability data to inform viticultural adaptation to climate change / H. Bai, G.A. Gambetta, Y. Wang [et al.]* // *Scientific Data*. – 2022. – Vol. 9 (1). – P. 271.
7. *Naude R.T., Naude M.J.* Impact of Climate Change and Extreme Weather Conditions on wine growing within the Stellenbosch region // *Journal of Contemporary Management*. – 2019. – Vol. 16 (2). – P. 111–134.
8. *2022 early-summer heatwave in Southern South America: 60 times more likely due to climate change / J.A. Rivera, P.A. Arias, A.A. Sörensson [et al.]* // *Climatic Change*. – 2023. – Vol. 176. – P. 102.
9. *Impact of climate change on grape berry ripening: An assessment of adaptation strategies for the Australian vineyard / S.Y. Rogiers, D.H. Greer, Y. Liu [et al.]* // *Frontiers in Plant Science*. – 2022. – Vol. 13. – P. 1094633.

10. *Unparalleled coupled ocean-atmosphere summer heatwaves in the New Zealand region: drivers, mechanisms and impacts* / M.J. Salinger, H.J. Diamond, E. Behrens [et al.] // *Climatic Change*. – 2020. – Vol. 162. – P. 485–506.
11. *Вышкаваркова Е.В., Рыбалко Е.А.* Влияние климата на виноградарство в Севастопольском регионе. – Севастополь: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Институт природно-технических систем», 2022. – 125 с.
12. *Акмаров П.Б., Князева О.П., Суетина Н.А.* Некоторые аспекты влияния климатических факторов на эффективность земледелия // *Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет)*. – 2014. – № 4 (33). – С. 178–185.
13. *Carbone A., Quici L., Pica G.* The Age Dynamics of Vineyards: Past Trends Affecting the Future // *Wine Economics and Policy*. – 2019. – Vol. 8. – P. 38–48.
14. *Cabré F., Nuñez M.* Impacts of climate change on viticulture in Argentina // *Reg. Environ. Chang*. – 2020. – Vol. 20. – P. 12.
15. *Итоги дегустационного конкурса винодельческой продукции «Антицея-2021»* / Т.И. Гугучкина, О.Н. Шелудько, Л.Э. Чемисова [и др.] // *Плодоводство и виноградарство Юга России*. – 2022. – № 74 (2). – С. 265–285.
16. *Виноградарство* / К.В. Смирнов, Л.М. Малтабар, А.К. Раджабов [и др.]. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2017. – 500 с.
17. *Berry J., Bjorkman O.* Photosynthetic Response and Adaptation to Temperature in Higher Plants // *Annual Review of Plant Physiology*. – 1980. – Vol. 31. – P. 491–543.
18. *Grapevine Responses to Heat Stress and Global Warming* / X. Venios, E. Korkas, A. Nisiotou [et al.] // *Plants*. – 2020. – Vol. 9. – P. 1754.
19. *Steel C.C., Greer D.H.* Effect of Climate on Vine and Bunch Characteristics: Bunch Rot Disease Susceptibility // *Acta Hortic*. – 2008. – Vol. 785. – P. 253–262.
20. *Технология возделывания и использования винограда* / Э.А. Верновский, С.Ю. Дженеев, В.Ф. Пономарев [и др.]. – М.: Агропромиздат, 1990. – 303 с.
21. *База данных RU 2023621618.* Климатические нормы агрометеорологических показателей за периоды 1961–1990 гг. и 1991–2020 гг. в агроэкологических зонах виноградарства Краснодарского края и тенденции их изменения: № 2023621258: заявл. 03.05.2023: опубли. 19.05.2023 / Г.Ю. Алейникова, В.С. Петров, А.А. Мarmorштейн; заявитель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия». Объем: 8,82 Мб.
22. *Climatic risk factors of Central Hungarian grape growing regions* / K. Szenteleki, M. Ladányi, M. Gaál [et al.] // *Applied ecology and environmental research*. – 2002. – Vol. 10 (1). – P. 87–105.
23. *Мищенко З.А.* Агроклиматология. – Киев: КНТ, 2009. – 512 с.
24. *ВМО № 1203.* Руководящие указания ВМО по расчету климатических норм. – Женева: Chairperson, Publications Board, 2017. – 32 с.
25. *Рожков В.А.* Теория и методы статистического оценивания вероятностных характеристик случайных величин и функций с гидрометеорологическими примерами. Кн. 2. – СПб.: Гидрометиздат, 2002. – 780 с.
26. *Aleynikova G., Seget O.* Realization of biological productivity of grape varieties in conditions of the south of Russia under influence of shoot load // *Bio Web Conf*. – 2021. – Vol. 34. – P. 01011.
27. *Влияние междустного расстояния и нагрузки кустов винограда Рислинг рейнский побегами на продуктивность и качество вина* / А.А. Мarmorштейн, Г.Ю. Алейникова, Д.М. Цику, В.С. Петров // *Русский виноград*. – 2022. – Т. 20. – С. 41–50.

REFERENCES

1. Droulia F., Charalampopoulos I. A Review on the Observed Climate Change in Europe and Its Impacts on Viticulture, *Atmosphere*, 2022, Vol. 13, pp. 837.
2. Schilling J., Hertig E., Trambly Y., Scheffran J., Climate change vulnerability, water resources and social implications in North Africa, *Regional Environmental Change*, 2020, Vol. 20, pp. 15.
3. Nguyen T.-H., Sahin O., Howes M., Climate Change Adaptation Influences and Barriers Impacting the Asian Agricultural Industry, *Sustainability*, 2021, Vol. 13, pp. 7346.

4. Challinor A.J., Simelton E.S., Fraser E.D., Hemming D., Collins M., Increased crop failure due to climate change: Assessing adaptation options using models and socio-economic data for wheat in China, *Environmental Research Letters*, 2010, Vol. 5, pp. 034012.
5. Schultze S.R., Sabbatini P., Implications of a climate-changed atmosphere on cool-climate viticulture, *Journal of applied meteorology and climatology*, 2019, Vol. 58, Is. 5, pp. 1141–1153.
6. Bai H., Gambetta G.A., Wang Y., Kong J., Long Q., Fan P., Duan W., Liang Z., Dai Z., Historical long-term cultivar× climate suitability data to inform viticultural adaptation to climate change, *Scientific Data*, 2022, Vol. 9, Is. 1, pp. 271.
7. Naude R.T., Naude M.J., Impact of Climate Change and Extreme Weather Conditions on wine growing within the Stellenbosch region, *Journal of Contemporary Management*, 2019, Vol. 16, Is. 2, pp. 111–134.
8. Rivera J.A., Arias P.A., Sörensson A.A., Zachariah M., Barnes C., Philip S., Kew S., Vautard R., Koren G., Pinto I., Vahlberg M., Singh R., Raju E., Li S., Yang W., Vecchi G.A., Harrington L.J., Otto F.E.L., 2022 early-summer heatwave in Southern South America: 60 times more likely due to climate change, *Climatic Change*, 2023, Vol. 176, pp. 102.
9. Rogiers S.Y., Greer D.H., Liu Y., Baby T., Xiao Z., Impact of climate change on grape berry ripening: An assessment of adaptation strategies for the Australian vineyard, *Frontiers in Plant Science*, 2022, Vol. 13, pp. 1094633.
10. Salinger M.J., Diamond H.J., Behrens E. [et al.], Unparalleled coupled ocean-atmosphere summer heatwaves in the New Zealand region: drivers, mechanisms and impacts, *Climatic Change*, 2020, Vol. 162, pp. 485–506.
11. Vyshkvarkova E.V., Rybalko E.A., *Vliyanie klimata na vinogradarstvo v Sevastopol'skom regione* (Climate impact on viticulture in the Sevastopol region), Sevastopol: Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethnoe nauchnoe uchrezhdenie "Institut prirodno-tekhnicheskikh sistem", 2022, 125 p. (In Russ.)
12. Akmarov P.B., Knyazeva O.P., Suetina N.A., *Vestnik NGAU (Novosibirskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet)*, 2014, No. 4(33), pp. 178–185. (In Russ.)
13. Carbone A., Quici L., Pica G., The Age Dynamics of Vineyards: Past Trends Affecting the Future, *Wine Economics and Policy*, 2019, Vol. 8, pp. 38–48.
14. Cabré F., Nuñez M., Impacts of climate change on viticulture in Argentina, *Reg. Environ. Chang*, 2020, Vol. 20, p. 12.
15. Guguchkina T.I., Shelud'ko O.N., Chemisova L.E., Antonenko O.P., Antonenko M.V., *Plodovodstvo i vinogradarstvo Yuga Rossii*, 2022, No. 74(2), pp. 265–285. (In Russ.)
16. Smirnov K.V., Maltabar L.M., Radzhabov A.K., Matuzok N.V., Troshin L.P., *Vinogradarstvo (Viticulture)*, Moscow: FGBNU "Rosinformagrotekh", 2017, 500 p. (In Russ.)
17. Berry J., Bjorkman O., Photosynthetic Response and Adaptation to Temperature in Higher Plants, *Annual Review of Plant Physiology*, 1980, Vol. 31, pp. 491–543.
18. Venios X., Korkas E., Nisiotou A., Banilas G., Grapevine Responses to Heat Stress and Global Warming, *Plants*, 2020, Vol. 9, pp. 1754.
19. Steel C.C., Greer D.H., Effect of Climate on Vine and Bunch Characteristics: Bunch Rot Disease Susceptibility, *Acta Hort*, 2008, Vol. 785, pp. 253–262.
20. Vernovskii E.A., Dzheneev S.Yu., Ponomarev V.F., Shol'ts E.P. *Tekhnologiya vozdeleyvaniya i ispol'zovaniya vinograda* (Technology of cultivation and use of grapes), Moscow: Agropromizdat, 1990, 303 p.
21. Database RU 2023621618. *Klimaticheskie normy agrometeorologicheskikh pokazatelei za periody 1961–1990 gg. i 1991–2020 gg. v agroekologicheskikh zonakh vinogradarstva Krasnodarskogo kraja i tendentsii ikh izmeneniya* (Climatic norms of agrometeorological indicators for the periods 1961-1990 and 1991-2020 in agroecological zones of viticulture of the Krasnodar region and trends in their changes): No. 2023621258: application 03.05.2023: publ. 19.05.2023 / G.Yu. Aleynikova, V.S. Petrov, A.A. Marmorstein; applicant Federal State Budget Scientific Institution "North Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, viticulture, wine-making". Data size: 8.82 Mb.
22. Szenteleki K., Ladányi M., Gaál M., Zanathy G., Bisztray Gy., Climatic risk factors of Central Hungarian grape growing regions, *Applied ecology and environmental research*, 2012, Vol. 10, Iss. 1, pp. 87–105.
23. Mishchenko Z.A., *Agroklimatologiya* (Agroclimatology), Kiev: KNT, 2009, 512 p. (In Russ.)
24. WMO No 1203. *Rukovodyashchie ukazaniya WMO po raschetu klimaticheskikh norm* (WMO Guidelines on the Calculation of Climate Normals), Geneva, Chairperson, Publications Board, 2017, 32 p. (In Russ.)

25. Rozhkov V.A., *Teoriya i metody statisticheskogo otsenivaniya veroyatnostnykh kharakteristik sluchainykh velichin i funktsii s gidrometeorologicheskimi primerami*, Part 2. (Theory and methods of statistical estimation of probabilistic characteristics of random variables and functions with hydrometeorological examples), Sanct-Petersburg: Gidrometizdat, 2002, 780 p. (In Russ.)
26. Aleynikova G., Seget O., Realization of biological productivity of grape varieties in conditions of the south of Russia under influence of shoot load, *Bio Web Conf.*, 2021, Vol. 34, pp. 01011.
27. Marmorshstein A.A., Aleynikova G.Yu., Tsiku D.M., Petrov V.S., *Russkiy vinograd*, 2022, Vol. 20, pp. 41–50. (In Russ.)

УРОЖАЙНОСТЬ, СОРТОВОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ В ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ И ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ПЛАСТИЧНОСТИ И СТАБИЛЬНОСТИ ЕГО СОРТОВ

В.А. Сапега, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия

E-mail: sapegavalerii@rambler.ru

Ключевые слова: яровой ячмень, сорт, урожайность, стрессоустойчивость, изменчивость урожайности, экологическая пластичность, относительная стабильность, генотипический эффект, показатель стабильности сорта, ранг сорта.

Реферат. Цель исследования – оценка урожайности ярового ячменя в производстве и госсортоиспытании Тюменской области за 2017–2022 гг., его сортового районирования, а также урожайности и адаптивности сортов за 2021–2023 гг. в условиях подтайги. Отмечено значительное превышение урожайности в госсортоиспытании по сравнению с производством, которое в среднем за 2017–2022 гг. составило 15,0 ц/га. Оригинаторами большинства допущенных к использованию сортов являются федеральные исследовательские центры Урала и Западной Сибири. По величине средней урожайности лучшим был сорт Кудесник (44,8 ц/га), а по реализации ее потенциала – Челябинский 99 (69,2 %). Стрессоустойчивость низкая у всех сортов, показатель которой был от -31,2 (Орда) до -49,0 (Норд 18/2613). Все сорта характеризовались значительной изменчивостью урожайности, от 42,7 % (Орда) до 69,4 % (Норд 18/2613). Сильная отзывчивость на изменение условий выявлена у сортов КВС Джесси ($b_i = 1,10$) и Норд 18/2613 ($b_i = 1,34$), которые отнесены к интенсивным. Сорта Ача, Деспина, Кудесник, Дивный и Абба, с коэффициентом регрессии равным или близким единице, характеризовались как пластичные, а сорта Орда, Челябинский 99 и Абалак были слабоотзывчивыми на изменение условий ($b_i < 1$). Стабильность урожайности низкая у всех сортов, от $St^2 = 0,52$ (Норд 18/2613) до $St^2 = 0,82$ (Абалак, Орда). Наибольшим показателем генотипического эффекта характеризовался сорт Кудесник ($E_{i..} = 4,8$), а показателем урожайности и стабильности сорта – Абалак (143,5 %). По сумме рангов показателей урожайности и адаптивности ярового ячменя за 2021–2023 гг. в условиях подтайги Тюменской области лучшими признаны сорта Абалак (сумма рангов 32) и Кудесник (сумма рангов 35).

YIELD, VARIETAL ZONING OF SPRING BARLEY IN TYUMEN REGION AND ASSESSMENT OF ECOLOGICAL PLASTICITY AND STABILITY OF ITS VARIETIES

V.A. Sapega, Doctor of Agricultural Sciences, professor

Industrial university of Tyumen, Tyumen, Russia

E-mail: sapegavalerii@rambler.ru

Keywords: spring barley, variety, yield, stress resistance, yield variability, ecological plasticity, relative stability, genotypic effect, indicator of variety stability, rank of varieties.

Abstract. The purpose of the study is to assess the yield of spring barley in the production and state variety testing of the Tyumen region for 2017-2022, its varietal zoning, as well as the yield and adaptability of varieties for 2021-2023 in the conditions of the subtaiga. There was a significant excess of yield in state variety testing compared to production, which averaged 15.0 c/ha in 2017-2022. The originators of most of the varieties approved for use are the Federal Research Centers of the Urals and Western Siberia. The variety Kudesnik (44.8 c/ha) was the best in terms of average yield, and Chelyabinsky 99 (69.2%) – in terms of the realization of its potential. Stress resistance is low in all varieties, which ranged from -31.2 (Orda) to -49.0 (Nord 18/2613). All varieties had significant yield variability, ranging from 42.7% (Orda) to 69.4% (Nord 18/2613). Strong responsiveness to changes in conditions was detected in the varieties KVS Jessy ($b_i = 1.10$) and Nord 18/2613 ($b_i = 1.34$), which are classified as intensive. The varieties Acha, Despina, Kudesnik, Divny and Abba, with a regression coefficient equal to or close to one, were characterized as plastic, and the varieties Orda, Chelyabinsky 99 and Abalak were poorly responsive to changes in conditions ($b_i < 1$). Yield stability is low in all varieties, from $St^2 = 0.52$ (Nord 18/2613) to $St^2 = 0.82$ (Abalak, Orda). The variety Kudesnik ($E_{i..} = 4.8$) was characterized the greatest indicator of the genotypic effect,

and the variety Abalak (143.5%) – the indicator of the yield and stability of the variety. The varieties Abalak (sum of ranks 32) and Kudesnik (sum of ranks 35) were recognized as the best by the sum of the ranks of the indicators of yield and adaptability of spring barley for 2021–2023 in the subtype of the Tyumen region.

По своей значимости ячмень – вторая зерновая культура в Российской Федерации. По данным на 2022 г. площадь его посева составила 7,2 млн га, или 25% от общей площади зерновых в стране [1, 2].

Ячмень имеет разностороннее использование, что характеризует его как универсальную культуру. Он имеет большое кормовое, продовольственное, техническое и агротехническое значение [2, 3].

Основным резервом повышения продуктивного потенциала культуры ячменя, наряду с технологией возделывания, выступают сорта, которые должны характеризоваться способностью наиболее полно использовать агротехнологические и природно-климатические факторы в процессе формирования урожайности [4, 5].

Урожайность сорта – комплексный признак, формирующийся в процессе генотип-средового взаимодействия. Процесс такого взаимодействия сказывается на величине реализации генетического потенциала сортов, который часто сдерживается из-за недостаточной их устойчивости к неблагоприятным факторам среды [6–9].

Изменения климата и, в частности, глобальное потепление, а также нестабильность агрометеорологических условий в большинстве регионов страны приводят к снижению уровня и повышению вариабельности урожайности имеющегося сортимента зерновых культур, снижению темпов роста валового производства зерна как основы продовольственной безопасности [10, 11].

В связи с этим определяющим условием формирования высокой и стабильной урожайности является создание и внедрение в аграрную отрасль адаптивных сортов, способных реализовать свою продуктивность в условиях отрицательного действия комплекса факторов биотической и абиотической природы [5, 12–14]. Эта задача решается при эколого-адаптивной направленности селекции, которая предусматривает контроль адаптивности, экологической пластичности и стабильности на всех этапах селекционного процесса. Такой контроль возможен при наличии искусственного или

естественного градиента, или вектора сред, т.е. различных экологических условий, которые позволяют выявить потенциал адаптивности сортов на основе использования различных методов ее оценки [9, 10]. Большинство таких методов основаны на статистической оценке ряда параметров, характеризующих генотип-средовое взаимодействие [6, 15].

Испытание и оценка сортов в контрастных условиях по параметрам урожайности и адаптивности позволяет дифференцированно подходить к подбору сортов для различных природно-климатических зон возделывания с учетом их продуктивности и экологической устойчивости [16–18].

Цель исследования – оценка урожайности ярового ячменя в производстве и госсортоиспытании Тюменской области, его сортового районирования, а также урожайного и адаптивного потенциала его сортов в условиях зоны подтайги.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

При проведении исследования использовались материалы по сортовому районированию сельскохозяйственных культур и результаты сортоиспытания по Тюменской области за 2017–2022 гг., а также данные урожайности сортов ярового ячменя при их испытании за 2021–2023 гг. в условиях зоны подтайги (Нижне-Тавдинский ГСУ) [19]. Объект исследования – десять сортов пленчатого ярового ячменя, из них восемь допущенных к использованию по Западно-Сибирскому региону (Ача, Челябинский 99, Абалак, Деспина, Кудесник, КВС Джесси, Орда, Дивный) и два перспективных (Абба, Норд 18/2613). Предшественником в годы испытания сортов была яровая пшеница, срок посева – вторая декада мая. Сорта испытывали в четырехкратной повторности с нормой высева 6,0 млн всхожих семян на 1 га на делянках учетной площадью 25 м² при рендомизированном размещении сортов в опыте. Агротехника в опыте была общепринятой при

возделывании ярового ячменя в условиях подтайги Тюменской области.

Реализацию потенциала урожайности сортов ярового ячменя определяли по методике Э.Д. Неттевича [20], а их стрессоустойчивость и среднюю урожайность в контрастных условиях – по уравнениям А.А. Rossielle, J. Hemblin [21] в изложении А.А. Гончаренко [22]. Изменчивость урожайности определяли по методике Б.А. Доспехова [23], а экологическую пластичность сортов (коэффициент линейной регрессии) – по методике S.A. Eberhart, W.A. Russell [24] в изложении В.А. Зыкина с соавторами. [25]. Относительную стабильность урожайности

и генотипический эффект сортов определяли соответственно по методике Н.А. Соболева [26] и П.П. Литуна [27], а показатель уровня стабильности сортов – по методике Э.Д. Неттевича с соавторами [28].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ площади посева ярового ячменя в Тюменской области показал, что ее наибольшая величина за анализируемые годы составила 136,2 тыс. га (2022 г.), а в среднем за 2017–2022 гг. – 131,6 тыс. га. Изменчивость площади посева незначительная – 2,8 % (табл. 1).

Таблица 1

Площадь посева и урожайность ярового ячменя в производстве и госсортоиспытании Тюменской области
Sowing area and yield of spring barley in production and state-owned Tyumen region

| Год | Площадь посева, тыс. га | Урожайность | | | | |
|-----------------|-------------------------|--------------------|-------------------|------------------------|--------------------------|--|
| | | Производство, ц/га | Госсортоиспытание | | | |
| | | | ц/га | +–к производству, ц/га | Максимальная урожайность | |
| ц/га | Сорт, ГСУ, зона | | | | | |
| 2017 | 135,4 | 24,8 | 37,1 | 12,3 | 53,3 | Челябинский 99, Нижне-Тавдинский ГСУ, подтайга |
| 2018 | 128,6 | 20,6 | 40,3 | 19,7 | 54,0 | Абалак, Омутинский ГСУ, северная лесостепь |
| 2019 | 126,8 | 22,9 | 37,1 | 14,2 | 55,2 | Челябинский 99, Нижне-Тавдинский ГСУ, подтайга |
| 2020 | 131,8 | 21,6 | 33,4 | 11,8 | 52,9 | Деспина, Нижне-Тавдинский ГСУ, подтайга |
| 2021 | 130,5 | 17,5 | 29,0 | 11,5 | 56,5 | Кудесник, Аромашевский ГСУ, подтайга |
| 2022 | 136,2 | 26,8 | 47,4 | 20,6 | 72,3 | КВС Джесси, Ишимский ГСУ, северная лесостепь |
| 2017–2022 | 131,6 | 22,4 | 37,4 | 15,0 | – | – |
| Изменчивость, % | 2,8 | 14,7 | 16,6 | – | – | – |

Урожайность ярового ячменя в хозяйствах всех категорий составила величину от 17,5 ц/га (2021 г.) до 26,8 ц/га (2022 г.), а в среднем за 2017–2022 гг. – 22,4 ц/га при средней ее изменчивости (14,7 %).

Урожайность ярового ячменя в госсортоиспытании в пределах отдельного года рассчитывалась нами как средняя урожайность всех допущенных к использованию сортов в данном году по всем ГСУ. Наибольшая урожайность отмечена в 2022 г. – 47,4 ц/га, а в среднем за

2017–2022 гг. она составила 37,4 ц/га при средней изменчивости – 16,6 %.

Проведенные исследования показали, что урожайность в госсортоиспытании во все годы значительно превышала урожайность в производстве. Такое превышение составило величину от 11,5 ц/га (2021 г.) до 20,6 ц/га (2022 г.), а в среднем за 2017–2022 гг. – 15,0 ц/га (см. табл. 1).

Это указывает на недостаточную реализацию генетического потенциала продуктивности допущенных к использованию сортов в производственных условиях. Основными

причинами здесь могут быть: неправильный выбор сорта исходя из условий природно-климатической зоны и его биологических особенностей, несоблюдение сортовой технологии при возделывании, низкий в целом уровень культуры земледелия, который в значительной степени влияет на реализацию потенциальных возможностей сорта, особенно интенсивного и полунинтенсивного типа.

Сорт – один из основных факторов повышения урожайности в технологии зернового производства. Использование высокопродуктивных сортов, устойчивых к неблагоприятным факторам среды, имеет решающее значение в росте валовых сборов зерна. В процессе исследования нами выделены в различных природно-климатических зонах при испытании на ГСУ допущенные к использованию сорта, которые отличались максимальной урожайностью, что указывает на имеющийся потенциал их продуктивности. Так, в условиях подтайги лучшими по потенциалу урожайности в

различные годы были сорта Челябинский 99 (55,2 ц/га, 2019 г.) и Кудесник (56,5 ц/га, 2021 г.), а в условиях северной лесостепной зоны – Абалак (54,0 ц/га, 2018 г.) и КВС Джесси (72,3 ц/га, 2022 г.) (см. табл. 1). Использование таких сортов в условиях производства при соблюдении всех агротехнических требований позволит значительно повысить урожайность зерновых культур в регионе.

Всего по области на 2023 г. было допущено к использованию восемь сортов ярового ячменя, из них два сорта иностранной селекции (табл. 2). Все сорта, за исключением сорта Дивный, характеризовались распространением районирования по области. Более эффективным, как известно, является районирование сортов в зональном направлении, т.е. с учетом их биологических особенностей, а также особенностей природно-климатической зоны, в условиях которой наиболее полно реализуется генетический потенциал сорта.

Таблица 2

Сортовое районирование ярового ячменя по Тюменской области на 2023 г.
Varietal zoning of spring barley in the Tyumen region for 2023

| Сорт | Год допуска к использованию | Распространение районирования | Продолжительность районирования, годы | Оригинатор |
|----------------|-----------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|--|
| Ача | 2001 | По области | 23 | Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики СО РАН, Всероссийский НИИ сои |
| Челябинский 99 | 2004 | По области | 20 | Челябинский НИИ сельского хозяйства |
| Абалак | 2015 | По области | 9 | Федеральный исследовательский центр Тюменский научный центр СО РАН, Федеральный исследовательский центр Красноярский научный центр СО РАН, филиал «Госсорткомиссия» по Красноярскому краю, Республике Хакасия и Республике Тыве, ООО «Ермак» |
| Деспина | 2020 | По области | 4 | NORDSAAT SAATZUCHT GMBH |
| Кудесник | 2021 | По области | 3 | Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока |
| КВС Джесси | 2022 | По области | 2 | 846-KWS LOCHOW GMBH |
| Орда | 2022 | По области | 2 | Челябинский НИИ сельского хозяйства |
| Дивный | 2023 | II, III зона | 1 | Федеральный исследовательский центр Тюменский научный центр СО РАН |

Примечание. II зона – подтайга, III зона – северная лесостепь.

Как будет показано далее, даже в пределах одной природно-климатической зоны сорта значительно различаются по параметрам урожайности и адаптивности, что необходимо учитывать при их допуске к использованию.

Наибольшая продолжительность районирования отмечена у сортов Ача и Челябинский 99 (соответственно 23 и 20 лет). Такая длительность районирования может объясняться, с одной стороны, ценными наряду с урожайностью 1–2 признаками или свойствами (отзывчивость на изменение условий, стабильность урожайности, засухоустойчивость, устойчивость к полеганию, качество зерна и др.), а с другой – отсутствием сортов, которые по результатам госсортоиспытания были бы признаны лучшими по комплексу или отдельным хозяйственно ценным признакам по сравнению с сортами длительного периода районирования.

Оригинаторами большинства сортов являются федеральные исследовательские центры Урала и Западной Сибири.

Условия среды в годы испытания сортов ярового ячменя были контрастными. Величина индекса условий характеризовалась значительной вариабельностью, от -15,4 (2021 г.) до 23,1 (2022 г.) (табл. 3).

Характер таких условий оказал значительное влияние на урожайность сортов и смену их рангов по ее величине, что указывает на наличие генотип-средового взаимодействия как одного из важнейших механизмов, влияющих на уровень реализации генетического потенциала продуктивности сорта.

В условиях 2021 г., который характеризовался наибольшим отрицательным индексом (-15,4), урожайность сортов была сравнительно низкой, от 22,2 ц/га (Деспина) до 26,6 ц/га (Орда), а в наиболее благоприятных условиях 2022 г. (индекс условий 23,1) выявлен высокий потенциал урожайности всех сортов, от 57,8 ц/га (Орда) до 72,4 ц/га (Норд 18/2613). Размах среднесортовой урожайности в контрастных условиях испытания составил 38,5 ц/га.

По величине средней урожайности за 2021–2023 гг. лучшим был сорт Кудесник – 44,8 ц/га, а наиболее низкая ее величина отмечена у сорта Деспина – 35,1 ц/га. Ценным показателем сортов при их возделывании в тех или иных условиях среды является величина реализации потенциала урожайности. Данный показатель у изученных нами сортов был сравнительно низким и характеризовался величиной от 55,5 % (Норд 18/2613) до 69,2 % (Челябинский 99).

Таблица 3

Ранги сортов ярового ячменя по урожайности и реализации ее потенциала в различных экологических условиях
Ranks of spring barley varieties in terms of yield and the realization of its potential in various environmental conditions

| Сорт Ранг | Год допуска к использо- ванию | Урожайность, ц/га | | | Средняя урожайность | |
|----------------|-------------------------------------|-------------------|---------|---------|---------------------|---|
| | | 2021 г. | 2022 г. | 2023 г. | ц/га | Реализация потенциала урожайности, % |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Ача | 2001 | 24,1 | 61,2 | 31,5 | 38,9 | 63,6 |
| ранг | | 3 | 1 | 2 | 6 | 5 |
| Челябинский 99 | 2004 | 24,7 | 61,4 | 41,4 | 42,5 | 69,2 |
| ранг | | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 |
| Абалак | 2015 | 26,0 | 62,5 | 40,4 | 43,0 | 68,8 |
| ранг | | 3 | 1 | 2 | 2 | 2 |
| Деспина | 2020 | 22,2 | 58,7 | 24,3 | 35,1 | 59,8 |
| ранг | | 3 | 1 | 2 | 8 | 7 |
| Кудесник | 2021 | 25,1 | 67,0 | 42,2 | 44,8 | 66,9 |
| ранг | | 3 | 1 | 2 | 1 | 4 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---------------------------------|------|-------|------|------|------|------|
| КВС Джесси | 2022 | 24,4 | 65,2 | 29,0 | 39,5 | 60,6 |
| ранг | | 3 | 1 | 2 | 5 | 6 |
| Орда | 2022 | 26,6 | 57,8 | 32,2 | 38,9 | 67,3 |
| ранг | | 3 | 1 | 2 | 6 | 3 |
| Дивный | 2023 | 22,9 | 61,2 | 32,7 | 38,9 | 63,6 |
| ранг | | 3 | 1 | 2 | 6 | 5 |
| Абба | – | 25,6 | 63,8 | 26,6 | 38,7 | 60,6 |
| ранг | | 3 | 1 | 2 | 7 | 6 |
| Норд 18/2613 | – | 24,8 | 72,4 | 23,4 | 40,2 | 55,5 |
| ранг | | 2 | 1 | 3 | 4 | 8 |
| НСР ₀₅ | | 2,3 | 2,5 | 0,8 | | |
| Среднесортная урожайность, ц/га | | 24,6 | 63,1 | 32,4 | | |
| Индекс условий среды I_s | | -15,4 | 23,1 | -7,6 | | |

Такие низкие значения реализации потенциала урожайности сортов в первую очередь связаны с недостаточной их экологической устойчивостью к неблагоприятным условиям среды, которые в Сибирском регионе отличаются непостоянством, а также часто своей жесткостью.

Изучение селекционного материала или сортов при испытании в различных условиях среды позволяет дать им объективную и комплексную оценку по урожайности и адаптивности, что служит важным критерием их использования в селекционном процессе, а также при решении вопроса допуска к использованию в производстве.

Сравнение минимальной Y_2 и максимальной Y_1 урожайности сортов ярового ячменя показало, что она в наиболее неблагоприятных условиях была ниже в 2–3 раза по сравнению с урожайностью в наиболее благоприятных условиях испытания (табл. 4).

Величина средней урожайности в контрастных (стрессовых и нестрессовых) условиях позволяет дать оценку генетической гибкости сорта. Чем больше значение данного показателя, тем выше степень соответствия между генотипом сорта и различными факторами среды [22]. Нами выявлена высокая средняя урожайность в контрастных условиях у всех сортов ячменя. Это подтверждает вышеотмеченное соответствие, но оно выражено в большей степени

в благоприятных условиях, что отразилось в максимальной реализации потенциала сортов и, в меньшей степени, в неблагоприятных. Это в конечном счете отрицательно сказалось на показателях адаптивности, которые будут рассмотрены далее. Наибольшая величина урожайности в контрастных условиях отмечена у сорта Норд 18/2613 – 47,9 ц/га, в первую очередь за счет очень высокой максимальной урожайности в благоприятных условиях. Наименьшей величиной данного показателя характеризовался сорт Деспина – 40,4 ц/га, это следствие низкого уровня как максимальной, так и минимальной урожайности (см. табл. 4).

Стрессоустойчивость – один из основных параметров, характеризующих адаптивность сортов. Их оценка по данному показателю особо актуальна для регионов с непостоянством агрометеорологических условий в период вегетации, что характерно для Западной Сибири.

В целом изученные нами сорта ярового ячменя характеризовались низкой стрессоустойчивостью. Ее наибольшая величина выявлена у сорта Орда (-31,2), а у остальных сортов данный параметр был от -36,5 (Абалак, Деспина) до -49,0 (Норд 18/2613).

Урожайность, стрессоустойчивость, экологическая пластичность и стабильность сортов ярового ячменя, 2021–2023 гг.

Yield, stress resistance, environmental plasticity and stability of spring barley varieties, 2021-2023

| Сорт Ранг | Год до- пуска к исполь- зованию | Показатели урожайности и адаптивности* | | | | | | | | | Сумма рангов* |
|----------------|--|--|-------|---------------------|-----------|-----------|-------|--------|-----------|-------|------------------|
| | | Y_2 | Y_1 | $\frac{Y_1+Y_2}{2}$ | Y_2-Y_1 | $C_v, \%$ | b_i | St^2 | $E_{i..}$ | ПУСС | |
| Ача | 2001 | 24,1 | 61,2 | 42,6 | -37,1 | 50,4 | 0,97 | 0,74 | -1,1 | 100,0 | |
| ранг | | 7 | 7 | 7 | 4 | 5 | 7 | 4 | 6 | 5 | 63 |
| Челябинский 99 | 2004 | 24,7 | 61,4 | 43,0 | -36,7 | 43,3 | 0,87 | 0,81 | 2,5 | 139,0 | |
| ранг | | 5 | 6 | 6 | 3 | 3 | 9 | 2 | 3 | 3 | 44 |
| Абалак | 2015 | 26,0 | 62,5 | 44,2 | -36,5 | 42,8 | 0,89 | 0,82 | 3,0 | 143,5 | |
| ранг | | 2 | 5 | 5 | 2 | 2 | 8 | 1 | 2 | 1 | 32 |
| Деспина | 2020 | 22,2 | 58,7 | 40,4 | -36,5 | 58,4 | 1,00 | 0,66 | -4,9 | 70,2 | |
| ранг | | 10 | 8 | 10 | 2 | 8 | 5 | 6 | 8 | 10 | 82 |
| Кудесник | 2021 | 25,1 | 67,0 | 46,0 | -41,9 | 47,1 | 1,01 | 0,78 | 4,8 | 142,1 | |
| ранг | | 4 | 2 | 2 | 8 | 4 | 4 | 3 | 1 | 2 | 35 |
| КВС Джесси | 2022 | 24,4 | 65,2 | 44,8 | -40,8 | 62,0 | 1,10 | 0,62 | -0,5 | 84,4 | |
| ранг | | 6 | 3 | 3 | 7 | 9 | 2 | 7 | 5 | 8 | 61 |
| Орда | 2022 | 26,6 | 57,8 | 42,2 | -31,2 | 42,7 | 0,82 | 0,82 | -1,1 | 118,2 | |
| ранг | | 1 | 9 | 8 | 1 | 1 | 10 | 1 | 6 | 4 | 50 |
| Дивный | 2023 | 22,9 | 61,2 | 42,0 | -38,3 | 51,2 | 0,98 | 0,74 | -1,1 | 98,7 | |
| ранг | | 9 | 7 | 9 | 6 | 6 | 6 | 4 | 6 | 6 | 70 |
| Абба | – | 25,6 | 63,8 | 44,7 | -38,2 | 56,3 | 1,06 | 0,68 | -1,3 | 89,1 | |
| ранг | | 3 | 4 | 4 | 5 | 7 | 3 | 5 | 7 | 7 | 58 |
| Норд 18/2613 | – | 23,4 | 72,4 | 47,9 | -49,0 | 69,4 | 1,34 | 0,52 | 0,2 | 77,8 | |
| ранг | | 8 | 1 | 1 | 9 | 10 | 1 | 8 | 4 | 9 | 63 |

Примечание. Y_2 – минимальная урожайность, ц/га; b_i – пластичность (коэффициент регрессии); Y_1 – максимальная урожайность, ц/га; St^2 – относительная стабильность; Y_1+Y_2 – средняя урожайность в контрастных условиях, ц/га; $E_{i..}$ – генотипический эффект; $Y_2 - Y_1$ – стрессоустойчивость; ПУСС – показатель уровня стабильности сорта, %; C_v – изменчивость урожайности, %;

* с учетом средней урожайности и реализации ее потенциала.

Как видно из показателей минимальной и максимальной урожайности, стрессоустойчивость снижалась по мере увеличения реагирования генотипа на смену величины лимфакторов в контрастных условиях возделывания, которая четко прослеживалась в период испытания.

Изменчивость урожайности значительная у всех сортов, что является следствием их низкой стрессоустойчивости. Коэффициенты вариации характеризовались величиной от 42,7 (Орда) до 69,4 % (Норд 18/2613). Изменчивость урожайности возрастала по мере повышения

ее потенциала, что подтверждают показатели сортов КВС Джесси, Абба и Норд 18/2613.

Согласно методу S.A. Eberhart, W.A. Russell [24], оценка экологической пластичности сортов базируется на основе расчета коэффициента линейной регрессии, величина которого характеризует их отзывчивость на изменение условий среды, что позволяет дифференцированно подходить к выбору сортов различной интенсивности при формировании сортовой структуры посевов в производстве исходя из характера природно-климатических условий и уровня агротехнологий хозяйств.

Оценка сортов ярового ячменя по экологической пластичности показала, что у пяти сортов из десяти, изученных в процессе исследования, коэффициент линейной регрессии b_i был равен или близок единице, что характеризует их как пластичные. Такими сортами были: Ача, Деспина, Кудесник, Дивный и Абба. Они адаптированы к разнообразным условиям, а изменение их урожайности полностью соответствует изменению условий выращивания (см. табл. 4). При благоприятных условиях среды, а также высоком уровне агрофона данные сорта формируют высокую урожайность, а в худших условиях возделывания и низких агрофонах – незначительно ее снижают.

Сильная отзывчивость на изменение условий выявлена у сортов КВС Джесси ($b_i = 1,10$) и Норд 18/2613 ($b_i = 1,34$), которые характеризуются как интенсивные. Они могут быть наиболее эффективны при возделывании в благоприятных природно-климатических условиях, а также на высоком уровне агрофона. Вместе с тем наряду с высоким потенциалом урожайности у данных сортов отмечена низкая стрессоустойчивость и значительная изменчивость урожайности. Это указывает на снижение экологической устойчивости сортов по мере значительного повышения уровня их интенсивности, что согласуется с данными других исследований [20, 22]. Поэтому в селекционном процессе и сортоиспытании не следует стремиться к одностороннему отбору и внедрению в производство только интенсивных сортов, без учета уровня их адаптивности, так как такое направление ведет к нестабильности урожайности и валовых сборов зерна.

Сравнительно слабой отзывчивостью на изменение условий характеризовались сорта Орда ($b_i = 0,82$), Челябинский 99 ($b_i = 0,87$) и Абалак ($b_i = 0,89$), но наряду с этим они были лучшими по уровню стрессоустойчивости и вариабельности урожайности. Сорта с такими характеристиками наиболее эффективны при их возделывании в неблагоприятных условиях среды, а также сравнительно низкого агрофона, где они дадут максимум отдачи при минимуме затрат.

Наряду с отзывчивостью на изменение условий выращивания важным параметром их оценки является стабильность урожайно-

сти. Определение относительной стабильности сортов ярового ячменя согласно методике Н.А. Соболева [26] показало, что все они характеризовались низкой стабильностью урожайности, показатель которой был ниже единицы (см. табл. 4). Наибольшая стабильность выявлена у сортов Абалак и Орда (соответственно $St^2 = 0,82$). Величина данного показателя у остальных сортов была от $St^2 = 0,52$ (Норд 18/2613) до $St^2 = 0,81$ (Челябинский 99).

Оценку средней урожайности сортов, при их изучении в различных средах по сравнению с урожайностью всех сортов в опыте, проводят на основе определения величины генотипического эффекта. Лучшими по данному параметру считаются те сорта, средняя урожайность которых превышает среднюю урожайность по опыту. В наших исследованиях наибольшая величина генотипического эффекта выявлена у сортов Кудесник ($E_i = 4,8$), а наименьшая – у сорта Деспина ($E_i = -4,9$) (см. табл. 4). Вместе с тем необходимо отметить, что наиболее ценными сортами будут те, у которых высокий уровень генотипического эффекта сочетается с незначительной вариабельностью урожайности. Выделившиеся сорта по изученному параметру и, в частности, Кудесник с наибольшей его величиной, не соответствуют такому критерию ценности из-за значительной изменчивости урожайности.

Показатель уровня стабильности сорта (ПУСС), предложенный Э.Д. Неттевичем с соавторами [28], позволяет дать комплексную оценку сортам как по урожайности, так и стабильности в сравнении со стандартом, или во временной динамике допуска их к использованию. Оценка сортов по данному показателю показала, что не все сорта во временной динамике допуска их к использованию превышали сорт Ача (допущен к использованию в 2001 г.). Наибольшая величина показателя уровня стабильности отмечена у сорта Абалак (ПУСС = 143,5 %), как следствие высокой средней урожайности и ее стабильности. Наиболее низким значением показателя уровня стабильности характеризовался сорт Деспина (ПУСС = 70,2 %), в первую очередь из-за недостаточной высокой средней урожайности, а также низкой стабильности (см. табл. 4).

Нами проведено ранжирование сортов ярового ячменя по величине показателей параметров урожайности и адаптивности, оценка которых получена на основе различных методических подходов, позволяющих выделить наиболее ценные сорта при их изучении в различных условиях среды. Проведение такого ранжирования показало, что в условиях зоны подтайги Тюменской области по результатам исследования за 2021–2023 гг. лучшими сортами ярового ячменя признаны Абалак (сумма рангов – 32) и Кудесник (сумма рангов – 35). У сорта Абалак такая оценка получена в первую очередь за счет высокой средней урожайности, низкой по сравнению с другими сортами ее изменчивости, а также высокой стрессоустойчивости и стабильности. У сорта Кудесник такая оценка сложилась за счет высокого потенциала урожайности, ее средней величины и величины в контрастных условиях, а также высокого значения показателя генотипического эффекта.

ВЫВОДЫ

1. В среднем за 2017–2022 гг. урожайность ярового ячменя в госсортоиспытании превысила урожайность в производстве на 15,0 ц/га.
2. Оригинаторами большинства допущенных к использованию сортов являются федеральные исследовательские центры Урала и Западной Сибири.
3. Наибольшая средняя урожайность за 2021–2023 гг. отмечена у сорта Кудесник –

44,8 ц/га, а средняя урожайность в контрастных условиях – у сорта Норд 18/2613 – 47,9 ц/га.

4. По величине реализации потенциала урожайности лучшим был сорт Челябинский 99 – 69,2 %.

5. Стрессоустойчивость низкая у всех сортов ярового ячменя и характеризовалась величиной от -31,2 (Орда) до -49,0 (Норд 18/2613), а изменчивость урожайности – значительная, коэффициент ее вариации был от 42,7 (Орда) до 69,4 % (Норд 18/2613).

6. Сильная отзывчивость на изменение условий выявлена у сортов КВС Джесси ($b_i = 1,10$) и Норд 18/2613 ($b_i = 1,34$), а наиболее низкая – у сортов Орда ($b_i = 0,82$), Челябинский 99 ($b_i = 0,87$) и Абалак ($b_i = 0,89$). Остальные сорта, с коэффициентом регрессии равным или близким единице, отнесены к пластичным.

7. Относительная стабильность урожайности низкая у всех сортов. Лучшими по данному показателю были сорта Абалак и Орда ($St^2 = 0,82$).

8. Наибольшая величина генотипического эффекта отмечена у сорта Кудесник ($E_i = 4,8$), а наибольший показатель уровня стабильности – у сорта Абалак ($ПУСС = 143,5$ %).

9. По сумме рангов величины показателей урожайности и адаптивности лучшими сортами ярового ячменя в условиях подтайги Тюменской области за 2021–2023 гг. признаны Абалак (сумма рангов – 32) и Кудесник (сумма рангов – 35).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Параметры* адаптивности и гомеостатичности сортов ярового ячменя в условиях Оренбургской области / А.А. Новикова, О.С. Гречишкина, А.А. Емельянова [и др.] // Земледелие. – 2022. – № 8. – С. 35–38.
2. *Экологическое* испытание ячменя в северной лесостепи Челябинской области / Д.А. Пырников, Л.А. Пуалаккайнан, Н.В. Глаз, Л.В. Уфимцева // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2023. – Т. 53, № 2 (291). – С. 48–54.
3. *Влияние* удобрений и средств защиты растений на биометрические показатели и урожайность ячменя в лесостепи Красноярского края / Н.А. Сурин, С.А. Герасимов, Н.Е. Ляхова [и др.] // Земледелие. – 2023. – № 4. – С. 26–38.
4. *Серебренников Ю.И.* Пластичность и стабильность ярового ячменя по урожаю зерна и массе 1000 зерен // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2020. – № 2 (55). – С. 50–58.
5. *Морозов Н.А., Самсонов И.В., Панкратова Н.А.* Оценка исходного материала ярового ячменя на адаптивность к засушливым условиям Ставропольского края // Зерновое хозяйство России. – 2021. – № 5 (77). – С. 29–34.

6. *Методика* оценки экологической пластичности сортов злаковых культур / И.Г. Гребенникова, А.Ф. Чешкова, П.И. Степочкин [и др.] // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2020. – Т. 50, № 2. – С. 100–108.
7. *Sapega V.A., Tursumbekova G.Sh.* Interaction of genotype-environment, yield and adaptive potential of oat varieties in conditions of subtaiga of the Northern Trans-Urals // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2022. – Vol. 1045. – Article number 012077.
8. *Адаптивность* сортов ярового ячменя селекции ФАНЦ Северо-Востока / Т.К. Шешегова, И.Н. Щенникова, Л.М. Шеклеина, Е.В. Дягилева // Российская сельскохозяйственная наука. – 2022. – № 2. – С. 25–29.
9. *Левакова О.В.* Перспективы экологической селекции ярового ячменя в лесостепной агроэкологической зоне Центрального региона РФ // Достижения науки и техники АПК. – 2024. – Т. 38, № 1. – С. 23–27.
10. *Мордвинцев М.П., Солдаткина Е.А.* Создание и характеристика агроэкологических сред в селекции адаптивных сортов ячменя // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2021. – № 6 (92). – С. 59–64.
11. *Юсова О.А., Николаев П.Н.* Изменение урожайности и качества зерна ячменя ярового с повышением адаптивности сортов // Зерновое хозяйство России. – 2021. – № 2 (74). – С. 75–80.
12. *Новохатин В.В., Шеломенцева Т.В., Драгавцев В.А.* Новый комплексный подход к изучению динамики повышения адаптивности и гомеостатичности у сортов мягкой яровой пшеницы (на примере длительной истории селекции в Северном Зауралье) // Сельскохозяйственная биология. – 2022. – Т. 57, № 1. – С. 81–97.
13. *Продуктивность* и стрессоустойчивость сортов ярового ячменя омской селекции в условиях южной лесостепи Западной Сибири / П.Н. Николаев, О.А. Юсова, Н.И. Аниськов, И.В. Сафонова // Зерновое хозяйство России. – 2022. – № 2 (14). – С. 24–28.
14. *Langndge P., Reynolds M.* Breeding for drought and heat tolerance in wheat // Theoretical and Applied Genetics. – 2021. – Vol. 34, № 6. – P. 1753–1769.
15. *Сравнение* статистических методов оценки стабильности урожайности озимой пшеницы / А.Ф. Чешкова, П.И. Степочкин, А.Ф. Алейников [и др.] // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2020. – Т. 24, № 3. – С. 267–275.
16. *Оценка* экологической пластичности и стабильности перспективных сортов и линий озимого ячменя в конкурсном сортоиспытании / Е.Г. Филиппов, А.А. Донцова, Д.П. Донцов, И.М. Засыпкина // Зерновое хозяйство России. – 2021. – № 4 (76). – С. 8–14.
17. *Сапега В.А., Турсумбекова Г.Ш.* Урожайность и адаптивность сортов яровой пшеницы различных групп спелости в условиях лесостепи Северного Зауралья // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2022. – № 3 (64). – С. 67–75.
18. *Максимов Р.А., Киселев Ю.А., Шадрина Е.А.* Адаптивная реакция коллекционных сортообразцов ярового ячменя (*Hordeum vulgare* L.) в условиях Среднего Урала // Достижения науки и техники АПК. – 2022. – Т. 36, № 4. – С. 35–40.
19. *Градобоева Л.Я., Бронина М.С.* Сортовое районирование сельскохозяйственных культур и результаты сортоиспытания по Тюменской области за 2023 год. – Тюмень: Тюменский издательский дом, 2023. – 68 с.
20. *Неттевич Э.Д.* Потенциал урожайности рекомендованных для возделывания в центральном регионе РФ сортов яровой пшеницы и ячменя и его реализация в условиях производства // Доклады РАСХН. – 2001. – № 3. – С. 3–6.
21. *Rossielle A.A., Hamblin J.* Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments // Crop. Sci. – 1981. – Vol. 21, № 6. – P. 27–29.
22. *Гончаренко А.А.* Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур // Вестник РАСХН. – 2005. – № 6. – С. 49–53.
23. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Альянс, 2014. – 351 с.
24. *Eberhart S.A., Russell W.A.* Stability parameters for comparing varieties // Crop. Sci. – 1966. – Vol. 6, № 1. – P. 36–40.

25. Зыкин В.А., Мешков В.В., Санага В.А. Параметры экологической пластичности сельскохозяйственных растений, их расчет и анализ: метод. рекомендации. – Новосибирск, 1984. – 24 с.
26. Соболев Н.А. Методика оценки экологической стабильности сортов и генотипов // Проблемы отбора и оценки селекционного материала. – Киев: Наукова думка, 1980. – С. 100–106.
27. Литун П.П. Методические указания по экологическому сортоиспытанию зерновых культур. – Москва: ВАСХНИЛ, 1980. – 36 с.
28. Неттевич Э.Д., Моргунов А.И., Максименко М.И. Повышение эффективности отбора яровой пшеницы на стабильность урожайности и качество зерна // Вестник сельскохозяйственной науки. – 1985. – № 1. – С. 66–73.

REFERENCES

1. Novikova A.A., Grechishkina O.S., Yemel'yanova A.A., Pustovalova A.A., Zamerzlyak M.V., *Zemledeliye*, 2022, No. 8, pp. 35–38. (In Russ.)
2. Pyrsikov D.A., Pualakkaynan L.A., Glaz N.V., Ufimtseva L.V., *Sibirskiy vestnik sel'skokhozyaystvennoy nauki*, 2023, Vol. 53, No. 2 (291), pp. 48–54. (In Russ.)
3. Surin N.A., Gerasimov S.A., Lyakhova N.E., Bobrovskiy A.V., Kryuchkov A.A., *Zemledeliye*, 2023, No. 4, pp. 26–38. (In Russ.)
4. Serebrennikov Yu.I., *Vestnik NGAU*, 2020, No. 2 (55), pp. 50–58. (In Russ.)
5. Morozov N.A., Samsonov I.V., Pankratova N.A., *Zernovoye khozyaystvo Rossii*, 2021, No. 5 (77), pp. 29–34. (In Russ.)
6. Grebennikova I.G., Cheshkova A.F., Steepochkin P.I., Aleynikov A.F., Chanyshev D.I., *Sibirskiy vestnik sel'skokhozyaystvennoy nauki*, 2020, Vol. 50, No. 2, pp. 100–108. (In Russ.)
7. Sapega V.A., Tursumbekova G.Sh. Interaction of genotype-environment, yield and adaptive potential of oat varieties in conditions of subtaiga of the Northern Trans-Urals, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2022, Vol. 1045, Article number 012077.
8. Sheshegova T.K., Shchennikova I.N., Shekleina L.M., Dyagileva Ye.V., *Rossiyskaya sel'skokhozyaystvennaya nauka*, 2022, No. 2, pp. 25–29. (In Russ.)
9. Levakova O.V., *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2024, Vol. 38, No. 1, pp. 23–27. (In Russ.)
10. Mordvintsev M.P., Soldatkina Ye.A., *Izvestiya Orenburgskogo GAU*, 2021, No. 6 (92), pp. 59–64. (In Russ.)
11. Yusova O.A., Nikolayev P.N., *Zernovoye khozyaystvo Rossii*, 2021, No. 2 (74), pp. 75–80. (In Russ.)
12. Novokhatin V.V., Shelomentseva T.V., Dragavtsev V.A., *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya*, 2022, Vol. 57, No. 1, pp. 81–97. (In Russ.)
13. Nikolayev P.N., Yusova O.A., Anis'kov N.I., Safonova I.V., *Zernovoye khozyaystvo Rossii*, 2022, No. 2 (14), pp. 24–28. (In Russ.)
14. Langndge P., Reynolds M., Breeding for drought and heat tolerance in wheat, *Theoretical and Applied Genetics*, 2021, Vol. 34, No. 6, pp. 1753–1769.
15. Cheshkova A.F., Steepochkin P.I., Aleynikov A.F., Grebennikova I.G., Ponomarenko V.I., *Vavilovskiy zhurnal genetiki i seleksii*, 2020, Vol. 24, No. 3, pp. 267–275. (In Russ.)
16. Filippov YE.G., Dontsova A.A., Dontsov D.P., Zasyapkina I.M., *Zernovoye khozyaystvo Rossii*, 2021, No. 4 (76), pp. 8–14. (In Russ.)
17. Sapega V.A., Tursumbekova G.Sh., *Vestnik NGAU*, 2022, No. 3 (64), pp. 67–75. (In Russ.)
18. Maksimov R.A., Kiselev Yu.A., Shadrina Ye.A., *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2022, Vol. 36, No. 4, pp. 35–40. (In Russ.)
19. Gradoboyeva L.YA., Bronina M.S., *Sortovoye rayonirovaniye sel'skokhozyaystvennykh kul'tur i rezul'taty sortoispytaniya po Tyumenskoy oblasti za 2023 god.* (Varietal zoning of crops and results of variety testing in the Tyumen region for 2023), Tyumen': Tyumenskij izdatel'skij dom, 2023, 68 p. (In Russ.)
20. Nettevich E.D., *Doklady RASKHN*, 2001, No. 3 pp. 3–6. (In Russ.)
21. Rossielle A.A., Hamblin J., Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments, *Crop. Sci.*, 1981, Vol. 21, No. 6, pp. 27–29.
22. Goncharenko A.A., *Vestnik RASKHN*, 2005, No. 6, pp. 49–53. (In Russ.)

-
-
23. Dospel'khov B.A. *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy)* (Field experience methodology (with the basics of statistical processing of study results), Moscow: Al'yans, 2014, 351 p. (In Russ.)
 24. Eberhart S.A., Russell W.A., Stability parameters for comparing varieties, *Crop. Sci.*, 1966, Vol. 6, No. 1, pp. 36–40.
 25. Zykin V.A., Meshkov V.V., Sapega V.A., *Parametry ekologicheskoy plastichnosti sel'skokhozyaystvennykh rasteniy, ikh raschet i analiz. Metodicheskiye rekomendatsii* (Parameters of ecological plasticity of agricultural plants, their calculation and analysis. Guidelines), Novosibirsk, 1984, 24 p. (In Russ.)
 26. Sobolev N.A., *Problemy otbora i otsenki selektsionnogo materiala*, Kiyev: Naukova dumka, 1980, pp. 100–106 (171 p.) (In Russ.)
 27. Litun P.P., *Metodicheskiye ukazaniya po ekologicheskomu sortoispytaniyu zernovykh kul'tur* (Guidelines for Ecological Variety Testing of Grain Crops), Moscow: VASKHNIL, 1980, 36 p. (In Russ.)
 28. Nettevich E. D., Morgunov A. I., Maksimenko M. I., *Vestnik s.-kh. Nauki*, 1985, No. 1, pp. 66–73. (In Russ.)

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ХОЗЯЙСТВЕННО ПОЛЕЗНЫХ ПРИЗНАКОВ ИССОПА ЛЕКАРСТВЕННОГО

Т.В. Сачивко, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

В.Н. Босак, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, г. Горки, Республика Беларусь

E-mail: sachyuka@rambler.ru

Ключевые слова: иссоп лекарственный, морфологические, морфометрические и фенологические признаки, селекционный процесс.

Реферат. Иссоп лекарственный (*Hyssopus officinalis* L.) относится к ценным пряно-ароматическим, эфирно-масличным и лекарственным культурам и широко используется в традиционной и народной медицине, парфюмерии, косметологии, кулинарии и пищевой промышленности. Основные направления селекции иссопа лекарственного – повышение продуктивности, получение форм, приспособленных к промышленной технологии возделывания, устойчивость к вредителям и болезням, ценный химический и биохимический состав, различные сроки наступления хозяйственной годности, медопродуктивность, зональность (пригодность к возделыванию в конкретных почвенно-климатических условиях). В статье приведены результаты исследований по оценке селекционного материала иссопа лекарственного по комплексу хозяйственно полезных морфологических, морфометрических и фенологических признаков, в том числе нового районированного авторского сорта Белорусской государственной сельскохозяйственной академии Завея. В результате исследований усовершенствована методика проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность иссопа лекарственного, что позволяет оптимизировать селекционный процесс данной культуры и проводить расширенную оценку по идентификации сортов при проведении государственного сортоиспытания. Национальная методика проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность предоставляет селекционерам возможность обратить внимание на соответствующие характерные и отличительные признаки иссопа лекарственного, что будет способствовать эффективному ведению дальнейшей селекционной работы по созданию форм и сортов с различными хозяйственно ценными свойствами.

DEVELOPMENT OF A METHODOLOGY FOR ASSESSING ECONOMICALLY USEFUL SIGNS OF HYSOP

T.V. Sachivko, PhD (Agriculture), Associate professor

V.N. Bosak, DSc (Agriculture), Professor

Belarussian State Agricultural Academy, Gorki, Republic of Belarus

E-mail: sachyuka@rambler.ru

Keywords: hyssop, morphological, morphometric and phenological signs, selection process.

Abstract. Hyssop (*Hyssopus officinalis* L.) refers to valuable spicy-aromatic, essential oil and medicinal crops and is widely used in traditional and folk medicine, perfumery, cosmetology, cooking and food industry. The main directions of selection of hyssop are increasing productivity, obtaining forms adapted to industrial cultivation technology, resistance to pests and diseases, valuable chemical and biochemical composition, different terms of onset of economic suitability, honey productivity, zoning (suitability for cultivation in specific soil and climatic conditions). The article presents the results of studies on the evaluation of the breeding material of hyssop by a complex of economically useful morphological, morphometric and phenological traits, including a new zoned author's variety of the Belarussian State Agricultural Academy Zaveya. As a result of the research, the methodology for testing the distinctiveness, uniformity and stability of hyssop has been improved, which makes it possible to optimize the breeding process of this crop and conduct an extended assessment of the identification of varieties during state variety testing. The national methodology for testing for distinctiveness, uniformity and stability provides an opportunity for breeders to pay attention to the relevant characteristic and distinctive features of hyssop, which will contribute to the effective conduct of further breeding work to create forms and varieties with various economically valuable properties.

Иссоп лекарственный (*Hyssopus officinalis* L.) относится к семейству яснотковых (*Lamiaceae*). Родина иссопа лекарственного – Средиземноморье и Средняя Азия. Род составляют от 4 до 15 видов многолетних вечнозеленых полукустарников, реже многолетних травянистых растений [1–5].

На первом году жизни, как правило, развиваются только вегетативные органы. Цветение в условиях Республики Беларусь обычно наступает на второй год вегетации с конца июня по август, массовое цветение начинается в середине июля – начале августа. Семена созревают во второй половине августа – начале сентября. Иссоп нетребователен к условиям произрастания, засухоустойчив, зимостоек. При рассадном способе или вегетативном размножении иссоп зацветает в первый год. Иссоп лекарственный убирают в фазе полного цветения начиная со второго года выращивания. Хороший урожай зеленой массы получают в течение пяти-шести лет [6, 7].

В листьях, цветках и семенах иссопа содержатся эфирные масла, жирные кислоты, флавоноиды, дубильные и горькие вещества, смолы, камедь, витамины, макро- и микроэлементы и др. Применяют иссоп лекарственный в традиционной и народной медицине, в фармацевтике и парфюмерии, косметической, пищевой и ликеро-водочной промышленности (эфирные масла), в качестве пряной приправы в кулинарии, медоносного и декоративного растения [8–21].

Цель исследования – усовершенствовать методику оценки селекционного материала иссопа лекарственного на отличимость, однородность, стабильность.

В задачи исследования входило изучение основных морфологических, морфометрических и фенологических признаков иссопа лекарственного.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования по усовершенствованию методики оценки селекционного материала иссопа лекарственного (*Hyssopus officinalis* L.) проводили в Белорусской государственной

сельскохозяйственной академии (БГСХА) в 2015–2023 гг.

Учет основных хозяйственно полезных признаков проводили с различными сортами иссопа лекарственного, в том числе с новым сортом Завей селекции БГСХА (авторы Т.В. Сачивко, В.Н. Босак) [1, 4, 7, 22].

В настоящее время в качестве исходного материала для селекции иссопа лекарственного наряду с коллекционными сортами различного эколого-географического происхождения широко используются местные популяции, что позволяет создавать новые сорта, адаптированные к почвенно-климатическим условиям региона и обладающие комплексом признаков экологической устойчивости и приспособленности [2, 4, 5].

Селекция иссопа должна быть направлена на создание сортов иссопа овощного, эфирно-масличного и лекарственного направления, что позволит расширить перспективы применения растения, повысит его продуктивность, улучшит зимостойкость, качество побегов, даст ценный химический состав (высокое содержание аскорбиновой кислоты, витаминов, каротина, эфирных масел и др.), возможность механизированного возделывания, увеличит скорость отрастания после срезки, даст различные сроки спелости, медопродуктивность, продолжительность цветения и цветовую гамму венчика, декоративность. Кроме того, селекция должна быть направлена на создание сортов для защищенного грунта, возможность выращивания иссопа на проточной линии для расширения ассортимента зеленых культур, сортов с высоким содержанием антиоксидантов.

Селекционный материал должен оцениваться по основным хозяйственно ценным признакам: плотность и высота растения, разветвление стебля (для механизированного возделывания), цвет венчика, размер и интенсивность зеленой окраски листьев (идентификация сортов, декоративное садоводство, медопродуктивность – белоцветковые формы имеют большую нектаропродуктивность), скороспелость (создание непрерывного конвейера поступления зелени, растянутый период цветения для декоративного садоводства и загруженность перерабатывающих предприятий – в фазу цветения наиболее ценный растительный материал по содержанию

эфирных масел и других биологически активных веществ), биохимические показатели (в медицине, пищевой промышленности).

Оценка признаков при селекционной работе у иссопа в Республике Беларусь в настоящее время регламентируется соответствующей методикой, которую предлагается усовершенствовать [23].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Все признаки на растениях иссопа лекарственного наблюдают на следующий год после посадки. Наблюдения проводятся во время массового цветения растений (высота, плотность). Измерения высоты растений проводятся в поле на стоящих растениях от земли до наивысшей точки растения без поднятия отдельных стеблей.

Признаки стебля определяют в средней части главных побегов, выше одревесневшей зоны во время начала формирования бутонов (интенсивность зеленой окраски), в начале цветения (опушение, разветвление), во время массового цветения (длина междоузлий, антоциановая окраска). Разветвление определяют по числу образования боковых ветвей первого порядка.

Признаки листовой пластинки оценивают на типичном листе в средней трети главных побегов в начале цветения (интенсивность зеленой окраски верхней и нижней стороны, антоциановая окраска верхней и нижней стороны), во время массового цветения (длина, ширина, отношение длины к ширине).

Измерение длины листовой пластинки проводится от основания до кончика листа, ширины – в самой широкой части листовой пластинки.

Признаки чашелистика, венчика определяют во время массового цветения.

Время начала и массового цветения определяют по числу дней с момента отрастания до распускания цветков. Время начала цветения достигнуто, когда у 10 % растений открыт первый цветок главного побега. Массовым цветением считают фазу, когда 75 % растений имеют открытые цветки.

Время созревания семян определяют при побурении семян в нижней части соцветия на центральных побегах.

Для облегчения оценки хозяйственно ценных признаков похожие сорта разбиваются на группы. Для группировки используют такие признаки, которые не варьируют или варьируют незначительно в пределах сорта (разветвление стебля и окраска венчика):

1) разветвление стебля определяют по числу образования боковых побегов первого порядка: слабое, среднее, сильное;

2) цветок: окраска венчика – белый, светло-розовый, розовый, темно-розовый, голубой, синий, темно-синий, фиолетовый.

Каждый вегетационный период оценке подлежат признаки, которые обязательно используются для селекционной работы и описания сорта:

1) растение: высота (низкое – до 55 см, средней высоты – 55–65 см, высокое – более 65 см);

2) растение: плотность (рыхлое, средней плотности, плотное);

3) стебель: разветвление (слабое, среднее, сильное);

3) стебель: антоциановая окраска (отсутствует, имеется);

4) цветок: окраска венчика (белый, светло-розовый, розовый, темно-розовый, голубой, синий, темно-синий, голубой с белой окантовкой, фиолетовый) (рис. 1);

5) время начала цветения (раннее, среднее, позднее);

6) время массового цветения (раннее, среднее, позднее);

7) время созревания семян (раннее, среднее, позднее).

Для оценки большого разнообразия изучаемых образцов иссопа, создания новых сортов, а также подтверждения их однородности в качестве морфологических признаков должны учитываться следующие признаки:

1) стебель: интенсивность зеленой окраски (светлая, средняя, темная);

2) стебель: опушение (отсутствует или очень слабое, слабое, среднее, сильное, очень сильное);

3) стебель: интенсивность антоциановой окраски (очень слабая, слабая, средняя, сильная, очень сильная);

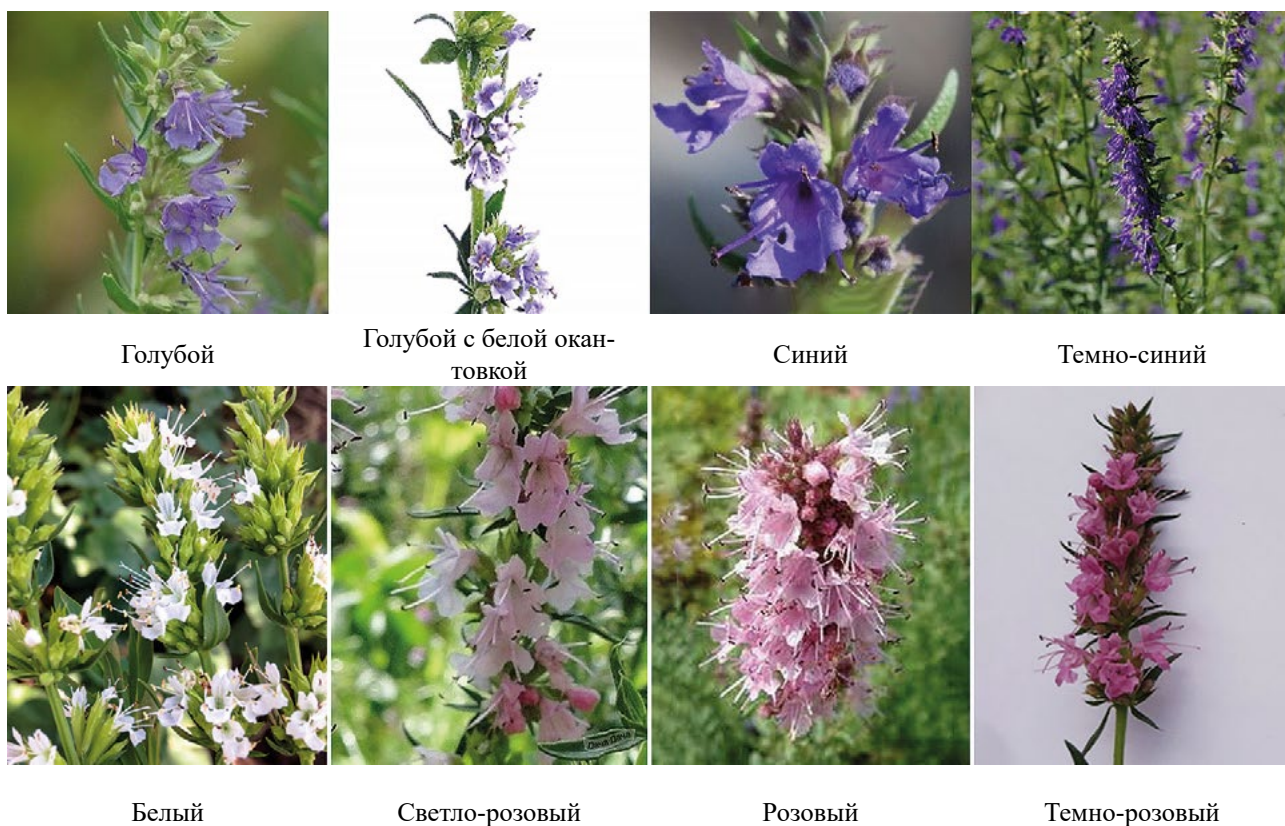


Рис. 1. Окраска венчика иссопа лекарственного
Coloring of the corolla of *hyssop officinalis*



Рис. 2. Длина соцветия иссопа лекарственного
Length of the inflorescence of *hyssop officinalis*

4) стебель: длина междоузлий (короткие, средней длины, длинные);

5) листовая пластинка: длина (короткая – до 2 см), средней длины – 2–3 см, длинная – более 3 см);

6) листовая пластинка: ширина (узкая, средней ширины, широкая);

7) листовая пластинка: отношение длины к ширине (низкое, среднее, высокое);

8) листовая пластинка: интенсивность зеленой окраски верхней стороны (светлая, средняя, темная);

9) листовая пластинка: интенсивность зеленой окраски нижней стороны (светлая, средняя, темная);

10) листовая пластинка: антоциановая окраска верхней стороны (отсутствует или очень слабая, слабая, средняя, сильная, очень сильная);

11) листовая пластинка: антоциановая окраска нижней стороны (отсутствует или очень слабая, слабая, средняя, сильная, очень сильная);

12) чашелистик; антоциановая окраска (отсутствует или очень слабая, слабая, средняя, сильная, очень сильная);

13) соцветие (короткой длины, средней длины, длинное) (рис. 2).

В результате оценки выделены источники хозяйственно ценных признаков для селекции иссопа лекарственного:

– по скороспелости (от отрастания до фазы хозяйственной спелости – начало цветения): ранние (80–85 дн.) – Голубой, Розовый, Белый, Розовый фламинго, Лазурит; среднеранние (86–95 дн.) – Розовоцветковый, Завея; средние (96–105 дн.) – Лекарь; среднепоздние (106–115 дн.) – Лазарь, Родник здоровья, Дачный, Лазурь, Розовый туман, Никитский белый, Волоконовский, Аккорд, поздние (116–125 дн.) – Иней, Аметист;

– по высоте растений: низкие – Розовый туман; средние – Лазарь, Голубой, Розовый, Белый, Лазурь, Лекарь, Аметист, Аккорд, Лазурит, Завея, Розовоцветковый; высокие – Родник здоровья, Волоконовский, Дачный, Розовый фламинго;

– по плотности растения: рыхлые – Дачный; средней плотности – Родник здоровья, Голубой, Розовый, Лазурь, Розовый фламинго, Лазурит, Завея, Розовоцветковый; плотные – Лазарь, Формула, Волоконовский, Белый, Иней;

– по длине листовой пластинки: короткая – Формула, Белый, Голубой, Розовый, Лазурь, Розовый фламинго, Аметист, Розовый туман, Аккорд; средняя – Родник здоровья, Волоконовский, Никитский белый, Дачный, Лекарь, Завея, Лазурит; длинная – Лазарь, Иней, Розовоцветковый;

– по интенсивности зеленой окраски листовой пластинки: светлая – Родник здоровья, Никитский белый, Розовый туман; средняя – Лазарь, Волоконовский, Иней, Аметист; темная – Формула, Голубой, Розовый, Белый, Дачный, Розовый фламинго, Лекарь, Отрадный семко, Аккорд;

– по окраске венчика: белый – Никитский белый, Белый, Иней, Завея; розовый – Родник здоровья, Розовый, Розовый фламинго, Аметист, Розовый туман, Розовоцветковый; голубой – Голубой, Лазурь, Лекарь, Аккорд; темно-синий – Лазарь; синий – Формула, Волоконовский, Дачный, Лазурит.

ВЫВОДЫ

1. В исследованиях Белорусской государственной сельскохозяйственной академии изучены коллекционные образцы иссопа лекарственного (*Hyssopus officinalis* L.). На основании оценки морфологических, морфометрических и фенологических признаков растений усовершенствована методика проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность, что позволяет оптимизировать селекционный процесс данной культуры и проводить расширенную оценку по идентификации сортов при проведении государственного сортоиспытания.

2. Национальная методика проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность предоставляет селекционерам возможность обратить внимание на соответствующие характерные и отличительные признаки иссопа лекарственного, что будет способствовать эффективному ведению дальнейшей селекционной работы по созданию форм и сортов с различными хозяйственно ценными свойствами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Генетические ресурсы растений. Пряно-ароматические и эфирно-масличные культуры* / Т.В. Сачивко, Н.А. Дуктова, О.В. Порхунцова [и др.]. – Горки: БГСХА, 2021. – 22 с.
2. *Губанов В.Г.* Перспективные образцы иссопа лекарственного (*Hyssopus officinalis* L.) в Тюменской области // *Аграрный вестник Урала*. – 2016. – № 12 (154). – С. 24–26.
3. *Иссоп лекарственный (Hyssopus officinalis L.)* / Л.В. Беспалько, В.А. Харченко, Ю.П. Шевченко, И.Т. Ушакова // *Овощи России*. – 2016. – № 2. – С. 60–63. – DOI: 10.18619/2072-9146-2016-2-60-63.
4. *Сачивко Т.В.* Оценка сортов иссопа лекарственного по основным хозяйственно полезным признакам // *Овощеводство*. – 2018. – Т. 26. – С. 141–146.

5. Чернявских В.И. Селекция и семеноводство иссопа лекарственного (*Hyssopus officinalis* L.) в Центрально-Черноземном регионе // Таврический вестник аграрной науки. – 2018. – № 3 (15). – С. 137–146. – DOI: 10.25637/TVAN.2018.03.15.
6. Сачивко Т.В., Босак В.Н., Яковлева Е.В. Особенности способов размножения *Hyssopus officinalis* L. и *Ruta graveolens* L. // Вестник аграрной науки. – 2023. – № 2 (101). – С. 49–56. – DOI: 10.17238/issn2587-666X.2023.2.49.
7. Характеристика и особенности агротехники новых сортов пряно-ароматических культур / Т.В. Сачивко, В.Н. Босак, А.П. Гордеева, М.В. Наумов. – Горки: БГСХА, 2019. – 19 с.
8. Антибактериальная активность эфирных масел иссопа лекарственного / Н.А. Коваленко, Т.И. Ахрамович, Г.Н. Супиченко, Т.В. Сачивко, В.Н. Босак // Химия растительного сырья. – 2019. – № 1. – С. 191–199. – DOI: 10.14258/jcrpm.2019014083.
9. Биохимический состав новых сортов пряно-ароматических и эфирно-масличных культур / В.Н. Босак, Т.В. Сачивко, Н.В. Барбасов, С.В. Егоров, Е.В. Егорова // Вестник БГСХА. – 2024. – № 1. – С. 64–68.
10. Динамика накопления биологически активных веществ в растениях *Hyssopus officinalis* L., выращиваемых в предгорной зоне Крыма / О.А. Пехова, Л.А. Тимашева, И.Л. Данилова, И.В. Белова // Таврический вестник аграрной науки. – 2021. – № 4 (28). – С. 138–148. – DOI: 10.33952/2542-0720-2021-4-28-138-148.
11. Использование показателей компонентного состава эфирных масел для идентификации сорта / Т.В. Сачивко, Н.А. Коваленко, Г.Н. Супиченко, В.Н. Босак // Овощи России. – 2019. – № 3. – С. 68–73. – DOI: 10.18619/2072-9146-2019-3-68-73.
12. Компонентный и энантиомерный состав эфирных масел иссопа лекарственного / Т.В. Сачивко, Н.А. Коваленко, Г.Н. Супиченко, В.Н. Босак // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы: агрономия. – 2019. – Т. 45. – С. 136–143.
13. Компонентный состав эфирных масел и антиоксидантная активность сортов *Hyssopus officinalis* L., интродуцированных в горных условиях Дагестана / М.К. Курамагомедов, А.М. Алиев, Ф.И. Исламова [и др.] // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. – 2020. – Т. 23, № 12. – С. 24–30. – DOI: 10.29296/25877313-2020-12-04.
14. Пряно-ароматические и эфирно-масличные культуры: урожайность и жирнокислотный состав семян / Т.В. Сачивко, Е.В. Феськова, Н.А. Коваленко, Г.Н. Супиченко, В.Н. Босак // Техника и технология пищевых производств. – 2022. – Т. 52, № 4. – С. 675–684. – DOI: 10.21603/2074-9414-2022-4-2397.
15. Селицкая А.В., Довганюк А.И., Селицкая О.В. Антимикробная активность эфирных масел представителей семейства Яснотковые (*Lamiaceae*) // Вестник ландшафтной архитектуры. – 2022. – № 32. – С. 81–84.
16. Antioxidant, antigenotoxic and cytotoxic activity of essential oils and methanol extracts of *Hyssopus officinalis* L. subsp. *aristatus* (Gord.) Nyman (*Lamiaceae*) / T. Mićović, D. Topalović, L. Živković [et al.] // Plants. – 2022. – Т. 10, N 4. – P. 711. – DOI: 10.3390/plants10040711.
17. Essential oil composition of Hyssop (*Hyssopus officinalis* L.) under salt stress at flowering stage / O. Jahantigh, F. Najafi, H.N. Badi, R.A. Khavari-Nejad // Journal of Essential Oil Research. – 2016. – N 28 (5). – P. 458–464. – DOI: 10.1080/10412905.2016.1153001.
18. Essential Oils from Fruit and Vegetables, Aromatic Herbs and Spices: Composition, Antioxidant and Antimicrobial Activities / S. De-Montijo-Prieto, M.D.C. Razola-Diaz, A.M. Gomez-Caravaca [et al.] // Biology. – 2021. – Vol. 10 (11). – P. 1091. – DOI: 10.3390/biology10111091.
19. Polyphenolic content and antioxidant activity of *Hyssopus officinalis* L. from the Republic of Moldova / A. Benea, C. Ciobanu, N. Ciobanu [et al.] // The Moldovan Medical Journal. – 2022. – Vol. 65, N 2. – P. 41–46. – DOI: 10.52418/moldovan-med-j.65-2.22.06.
20. Shoja H.M., Shishavan H.K. Effects of different hormonal treatments on growth parameters and secondary metabolite production in organ culture of *Hyssopus officinalis* L. // Biotechnologia. – 2021. – Т. 102, N 1. – P. 33–41. – DOI: 10.5114/bta.2021.103760.
21. The impact of hyssop (*Hyssopus officinalis*) extract on activation of endosomal toll like receptors and their downstream signaling pathways / M. Chasempour, M. Hosseine, M.S. Soltani-zangbar [et al.] // BMC Research Notes. – 2022. – Т. 15, N 1. – P. 1–7. – DOI: 10.1186/s13104-022-06253-3.

22. Государственный реестр сортов сельскохозяйственных растений / Государственная инспекция по испытанию и охране сортов растений. – Минск, 2023. – 300 с.
23. Методика проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность: иссоп лекарственный (*Hyssopus officinalis* L.): BY RTG/1077/1/1 / Государственная инспекция по испытанию и охране сортов растений. – Минск, 2016. – 8 с.

REFERENCES

1. Sachivko T.V., Duktova N.A., Porkhuntsova O.V. [et al.], *Geneticheskie resursy rastenij. Pryano-aromaticheskie i efirmo-maslichnye kul'tury* [Plant genetic resources. Spicy-aromatic and essential-oil plants], Gorki, BSAA, 2021, 22 p.
2. Gubanov V.G., *Agrarnyj vestnik Urala*, 2016, No. 12 (154), pp. 24–26. (in Russ.)
3. Bespal'ko L.V., Kharchenko V.A., Shevchenko Yu.P., Ushakova I.T., *Ovoshchi Rossii*, 2016, No. 2, pp. 60–63, DOI: 10.18619/2072-9146-2016-2-60-63. (in Russ.)
4. Sachivko T.V. *Ovoshchevodstvo*, 2018, T. 26, pp. 141–146. (in Russ.)
5. Chernyavskikh V.I., *Tavrisheskij vestnik agrarnoj nauki*, 2018, No. 3 (15), pp. 137–146, DOI: 10.25637/TVAN.2018.03.15. (in Russ.)
6. Sachivko T.V., Bosak V.N., Yakovleva E.V., *Vestnik agrarnoj nauki*, 2023, No. 2 (101), pp. 49–56, DOI: 10.17238/issn2587-666X.2023.2.49. (in Russ.)
7. Sachivko T.V., Bosak V.N., Gordeeva A.P., Naumov M.V., *Kharakteristika i osobennosti agrotekhniki novykh sortov pryano-aromaticheskikh kul'tur* [Characteristics and features of agricultural techniques of new varieties of spicy-aromatic crops], Gorki, BSAA, 2019, 19 p. (in Russ.)
8. Kovalenko N.A., Akhramovich T.I., Supichenko G.N., Sachivko T.V., Bosak V.N., *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2019, No. 1, pp. 191–199, DOI: 10.14258/jcprm.2019014083. (in Russ.)
9. Bosak V.N., Sachivko T.V., Barbasov N.V., Egorov S.V., Egorova E.V., *Vestnik BGSNA*, 2024, No. 1, pp. 64–68. (in Russ.)
10. Pekhova O.A., Danilova I.L., Belova B.V., *Tavrisheskij vestnik agrarnoj nauki*, 2021, No. 4 (28), pp. 138–148, DOI: 10.33952/2542-0720-2021-4-28-138-148 (in Russ.)
11. Sachivko T.V., Kovalenko N.A., Supichenko G.N., Bosak V.N., *Ovoshchi Rossii*, 2019, No. 3, pp. 68–73, DOI: 10.18619/2072-9146-2019-3-68-73. (in Russ.)
12. Sachivko T.V., Kovalenko N.A., Supichenko G.N., Bosak V.N., *Sel'skoje khozyajstvo – problemy i perspektivy*, 2019, Vol. 45, pp. 136–143. (in Russ.)
13. Kuramagomedov M.K., Alijev A.M., Islamova F.I. [et al.], *Voprosy biologicheskoy, meditsinskoj i farmatsevticheskoy khimii*, 2020, Vol. 23, No. 12, pp. 24–30, DOI: 10.29296/25877313-2020-12-04. (in Russ.)
14. Sachivko T.V., Fes'kova E.V., Kovalenko N.A., Supichenko G.N., Bosak V.N., *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv*, 2022, Vol. 52, No. 4, pp. 675–684. (in Russ.)
15. Selitskaya A.V., Dovganyuk A.I., Selitskaya O.V., *Vestnik landshaftnoj erkhitektury*, 2022, No. 32, pp. 81–84. (in Russ.)
16. Mićović T., Topalović D., Živković L. [et al.], Antioxidant, antigenotoxic and cytotoxic activity of essential oils and methanol extracts of *Hyssopus officinalis* L. subsp. *aristatus* (Gord.) Nyman (*Lamiaceae*), *Plants*, 2022, Vol. 10, No. 4, pp. 711, DOI: 10.3390/plants10040711.
17. De-Montijo-Prieto S., C. Razola-Diaz M.D., Gomez-Caravaca A.M. [et al.], Essential Oils from Fruit and Vegetables, Aromatic Herbs and Spices: Composition, Antioxidant and Antimicrobial Activities, *Biology*, 2021, Vol. 10 (11), pp. 1091, DOI: 10.3390/biology10111091.
18. Fathiazad F., Hamedeyazdan S., A review on *Hyssopus officinalis* L.: composition and biological activities, *African Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 2011, Vol. 5 (8), pp. 1959–1965, DOI: 10.5897/AJPP11.527.
19. Benea A., Ciobanu C., Ciobanu N. [et al.], Polyphenolic content and antioxidant activity of *Hyssopus officinalis* L. from the Republic of Moldova, *The Moldovan Medical Journal*, 2022, Vol. 65, No. 2, pp. 41–46, DOI: 10.52418/moldovan-med-j.65-2.22.06.
20. Shoja H.M., Shishavan H.K., Effects of different hormonal treatments on growth parameters and secondary metabolite production in organ culture of *Hyssopus officinalis* L., *Biotechnologia*, 2021, Vol. 102, No. 1, pp. 33–41, DOI: 10.5114/bta.2021.103760.

21. Chasempour M., Hosseine M., Soltani-zangbar M.S. [et al.], The impact of hyssop (*Hyssopus officinalis*) extract on activation of endosomal toll like receptors and their downstream signaling pathways, *BMC Research Notes*, 2022, Vol. 15, No. 1, pp. 1–7, DOI: 10.1186/s13104-022-06253-3.
22. *Gosudarstvennyj reestr sortov sel'skokhozyajstvennykh rastenij* [State register of varieties of the agricultural plants], Minsk, 2023, 300 p. (in Russ.)
23. *Metodika provedeniya ispytaniy na otlichimost', odnorodnost' i stabil'nost': issop lekarstvennyj (Hyssopus officinalis L.)* [Method of testing for distinctiveness, uniformity and stability: hyssop]: BY RTG/1077/1/1, Minsk, 2016, 8 p. (in Russ.)

ЛИСТОСТЕБЛЕВЫЕ БОЛЕЗНИ СОИ НА СОРТАХ РАЗНЫХ ГРУПП СПЕЛОСТИ В УСЛОВИЯХ АМУРСКОЙ ОБЛАСТИ

^{1,2}**Е.Ю. Торопова**, доктор биологических наук, профессор

²**Т.П. Колесникова**, кандидат биологических наук

²**М.Ф. Царькова**, кандидат биологических наук, доцент

¹Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия

²Дальневосточный государственный аграрный университет, Благовещенск, Россия

E-mail: 79139148962@yandex.ru

Ключевые слова: соя, сорт, группа спелости, мониторинг, септориоз, пероноспороз, церкоспороз, пурпурный церкоспороз, аскохитоз.

Реферат. Амурская область – основной производитель соевых бобов в Российской Федерации, где одной из существенных фитосанитарных проблем технологий возделывания сои являются листовые инфекции. Поражаемость сои болезнями варьирует в значительной степени в зависимости от погодных условий, применяемой агротехники и устойчивости возделываемых сортов. Поскольку возделываемые в регионе сорта сои имеют существенные различия по скороспелости, сохраняется актуальность мониторинга листовых инфекций и выявления степени их развития в зависимости от длины вегетационного периода культуры и условий года. Цель исследования состояла в оценке влияния сортов сои по группам спелости и условий года на развитие листовых инфекций. Исследования проводили в 2022 и 2023 гг. в Тамбовском районе Амурской области на 32 сортах сои отечественной и иностранной селекции, относящихся к трем группам спелости: скороспелые, среднеспелые и позднеспелые. При фитопатологическом обследовании посевов сои были выявлены септориоз (*Septoria glycines* T. Hemmi. Syn.), церкоспороз (*Cercospora sojae* Hara), аскохитоз (*Ascochyta sojaecola* Abramoff. Syn.), пероноспороз (*Peronospora manshurica* (Naum.) Syd. Syn.), пурпурный церкоспороз (*Cercospora kikuchii* (Matsuet Tomoyasu) Yarden) и угловая бактериальная пятнистость. По показателю развития болезней на сортах сои трех групп спелости было выявлено, что развитие пероноспороза достоверно, на уровне 90 %, зависело от группы спелости сорта: средне-, а особенно позднеспелые сорта, поражались болезнью в оба года исследований на порядок сильнее, чем раннеспелые сорта. Достоверного влияния групп спелости сортов сои на остальные инфекции на фоне применения фунгицида выявлено не было, при этом дисперсионный анализ по схеме двухфакторного опыта показал достоверное влияние погодных условий года на развитие заболеваний: церкоспороза – на уровне 75,7 %, пурпурного церкоспороза – 77,1 %, аскохитоза – 98,5 %. На развитие бактериоза влияла как группа спелости сортов сои, так и условия года, болезнь сильнее проявлялась на раннеспелых сортах, более заселенных клещами – переносчиками возбудителя болезни и была отмечена только в 2023 г. Дисперсионный анализ по схеме двухфакторного опыта не позволил выявить достоверного влияния сортов и условий года на развитие септориоза, что говорит о значительных адаптациях возбудителя болезни к погодным факторам и физиологии растений разных групп спелости, а также о стабильной эффективности против септориоза фунгицидной обработки посевов сои.

LEAF-STEM DISEASES OF SOYBEAN ON VARIETIES OF DIFFERENT RIPENITY GROUPS IN THE CONDITIONS OF THE AMUR REGION

^{1,2}**E.Yu. Toropova**, Doctor of Biological Sciences, Professor

²**T.P. Kolesnikova**, PhD in Biological Sciences

²**M.F. Tsarkova**, PhD in Biological Sciences, Associate Professor

¹Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

²Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk, Russia

E-mail: 79139148962@yandex.ru

Keywords: soybean, variety, ripeness group, monitoring, *Septoria* blight, downy mildew, *Cercospora* blight, purple *Cercospora* blight, *Ascochyta* blight.

Abstract. The Amur region is the main producer of soybeans in the Russian Federation, where one of the significant phytosanitary problems of soybean cultivation technologies is leaf and stem infections. The susceptibility of soybeans to diseases varies greatly depending on weather conditions, used agricultural technology and the resistance of cultivated varieties. Since the soybean varieties, cultivated in the region, have significant differences in early maturity, it remains relevant to monitor leaf and stem infections and identify the degree of their development depending on the length of the crop growing season and the year conditions. The purpose of the study was to assess the influence of soybean variety by maturity groups and year conditions on the incidence of leaf-stem infections. Research was carried out in 2022 and 2023 in the Tambov district of the Amur region on 32 soybean varieties of domestic and foreign selection, belonging to 3 ripeness groups: early ripening, mid-ripening and late ripening. A phytopathological examination of soybean crops revealed *Septoria blight* (*Septoria glycines* T. Hemmi. Syn.), *Cercospora blight* (*Cercospora sojae* Hara), *Ascochyta blight* (*Ascochyta sojaecola* Abramoff. Syn.), downy mildew (*Peronospora manshurica* (Naum.) Syd. Syn.), purple *Cercospora blight* (*Cercospora kikuchii* (Matsuet Tomoyasu) Yarden) and angular bacterial spot. According to the indicator of disease incidence on soybean varieties of three ripeness groups, it was revealed that the incidence of downy mildew significantly, at the level of 90 %, depended on the variety ripeness group: mid-, and especially late-ripening varieties, were affected by the disease in both years an order of magnitude more strongly than early-ripening varieties. No significant influence of soybean varieties maturity groups on other infections was detected after the use of the fungicide, while analysis of variance according to the two-factor experiment scheme showed a significant influence of year weather conditions on the diseases incidence: *Cercospora blight* – at the level of 75.7 %, *Cercospora purple blight* – 77.1 %, *Ascochyta blight* – 98.5%. Both the ripeness group of soybean varieties and the year conditions influenced the bacteriosis incidence: the disease was more pronounced on early-ripening varieties, which were more populated by mites, the vectors of the disease pathogen, and was noted only in 2023. Analysis of variance according to the two-factor experiment scheme did not reveal a significant influence of varieties and year conditions on the incidence of *Septoria blight*, which indicates significant adaptations of the pathogen to weather factors and the physiology of plants from different ripeness groups, as well as the stable effectiveness of fungicidal treatment of soybean crops against *Septoria blight*.

На Дальнем Востоке соя – высококороткостебельная культура, ее посевы преобладают в севообороте всех хозяйств региона. Нарастание производства зерна этой культуры происходит за счет увеличения посевных площадей и повышения урожайности [1]. При этом поражаемость сои болезнями варьирует от 20 до 100 % в зависимости от устойчивости сорта, агрессивности возбудителей болезней, погодных условий, применяемой агротехники.

В посевах сои широко распространены микозы, бактериозы, несколько видов вирусных заболеваний. Доминирующими фитопатогенами являются возбудители септориоза (*Septoria glycines* T. Hemmi. Syn.), церкоспороза (*Cercospora sojae* Hara), пурпурного церкоспороза (*Cercospora kikuchii* (Matsuet Tomoyasu) Yarden), пероноспороза (*Peronospora manshurica* (Naum.) Syd. Syn.), бактериальной угловатой пятнистости (*Pseudomonas glycineum* Coerper) и корневых гнилей (*Fusarium solani* (Mart.); *Rhizoctonia solani* Kuehn; *Ascochyta sojaecola* Abramoff. Syn.) [2].

Септориоз (*Septoria glycines*), или ржавая пятнистость, является одним из самых вредоносных заболеваний сои на Дальнем Востоке.

Он поражает все надземные органы растений, вызывает преждевременное опадение листьев и снижение урожайности от 8 до 34 % [3]. При влажной погоде инфекция с нижних листьев распространяется выше по растению, однако не всегда достигает верхних ярусов до фазы созревания, так как пораженные листья быстро опадают. При массовом развитии заболевания пятна сливаются, образуя темно-бурые зоны неправильной формы, окруженные хлоротичной тканью [2].

Церкоспороз, или округлую серую пятнистость, вызывает возбудитель гриб *Cercospora sojae*, поражающий все надземные органы сои. Болезнь прогрессирует вверх по растению, достигая массового развития к концу цветения и в фазу налива бобов сои. При сильном развитии болезни урожай снижается до двух раз, уменьшается содержание масла и белка в зерне [4].

В Амурской области все большее распространение получает пурпурный церкоспороз сои (возб. *Cercospora kikuchii*), который ранее отмечался только за рубежом. В связи с вступлением в силу с 1 июля 2017 г. Единого перечня карантинных объектов ЕАЭС, в соответствии с решением Совета Евразийской экономиче-

ской комиссии от 30 ноября 2016 г. № 158, *S. kikuchii* является карантинным объектом на территории стран ЕАЭС. Фитопатоген обычно сохраняется в оболочке семян сои и передается следующему поколению растений-хозяев, одновременно расселяясь в пространстве, однако он может выживать в виде мицелия и на растительных остатках. Зараженные семена отличаются от здоровых наличием темных пятен или неестественной окраской от слабо-розовой до пурпурно-черной. Семенная кожура растрескивается продольными трещинами и становится шероховатой. При прорастании инфицированных семян семядольные листочки становятся темно-пурпурными и опадают. На стеблях растений сои появляются охватывающие темно-пурпурные некротические пятна [5]. В Приамурье это заболевание было впервые зафиксировано в 1998 г., но не идентифицировано и отмечалось как красная пятнистость. В настоящее время пурпурный церкоспороз получает все большее распространение в посевах сои, где отмечается инфицирование семян до 10 % и выше. Заболевание ухудшает товарные и посевные качества семян [6].

Возбудитель пероноспороза (возб. *Peronospora manshurica*), как и возбудитель септориоза, относится к вредным организмам группы воздушно-капельно-семенные, которые освоили в качестве дополнительной экологической ниши семена и приспособились к передаче инфекции с семенами из года в год. Они нуждаются в наличии капельно-жидкой влаги или высокой влажности воздуха на всех фазах механизма передачи возбудителя. Фактором передачи возбудителя инфекции являются зараженные семена или растительные остатки, на которых выживают зооспоры и мицелий фитопатогена. В начале вегетации сои на пораженных семядолях появляется нежный, быстро исчезающий налет конидиального спороношения гриба, в результате чего они желтеют и опадают. В дальнейшем посредством конидий происходит вторичное заражение листьев. Таким образом, инфекция распространяется с пораженных растений, которые являются источником инфекции, на здоровые. Заболевание вызывает уменьшение ассимиляционной поверхности листьев, в результате чего продуктивность сои снижается на

40 % и более, в зерне уменьшается содержание жира, а всхожесть семян падает до 70 % [7].

Оптимальной температурой для развития пероноспороза считается 18–20 °С при относительной влажности воздуха 95–100 %. Развитие болезни приостанавливается не только в сухую жаркую погоду, но и в период сильных ливневых дождей, когда конидии смываются с листьев [8]. Такое явление очень часто происходит в условиях Амурской области, что сдерживает распространение данного заболевания.

Аскохитозом (возб. *Ascochyta sojaecola*) могут поражаться все органы сои. На листьях появляются светло-коричневые пятна округлой формы с темно-коричневым ободком. При отмирании ткани на пятнах просматриваются концентрические круги. Со временем центральная, более светлая часть пятна, выпадает. Возбудитель аскохитоза сохраняется на растительных остатках и семенах в виде мицелия и пикнид. Распространяется рано весной при температуре от +4 °С при обязательном наличии капельно-жидкой влаги. Наиболее опасна семенная форма аскохитоза, так как сильно зараженные семена загнивают и теряют всхожесть, слабо зараженные семена дают всходы с больными семядолями [4].

Бактериальная угловатая пятнистость (возб. *Pseudomonas glycineum* Coerp.), или бактериальный ожог, максимально проявляется во второй половине июля – августе, когда среднесуточная температура воздуха составляет 22–27 °С и выпадает значительное количество осадков – до 300 мм и выше. В этот период соя формирует куст, и соприкосновение листьев способствует контактному перезаражению растений. Фитопатоген передается во времени семенами, а в период вегетации сои распространяется насекомыми. Вредоносность бактериальной угловатой пятнистости выражается в снижении продуктивности за счет уменьшения количества бобов на больных растениях и массы семян в них [9].

В сезонной и многолетней динамике эпифитотического процесса листостеблевых инфекций большую роль играют гидротермические факторы, поскольку наземные фитопатогены передаются в течение вегетации воздушно-капельным путем [10]. Для развития фитопатогенов в растении-хозяине, длительности ин-

кубационного периода болезней важную роль играет температура воздуха [11].

Большое значение в предупреждении и контроле развития болезней сои играет устойчивость сортов, которая может варьировать по группам спелости растений. Устойчивость растений к болезням связана со сложной системой их морфофизиологических особенностей. Они могут не подвергнуться заболеванию, поскольку фенофазы и цикл развития фитопатогена не совпадают. Устойчивость или слабая поражаемость могут быть обусловлены анатомическими особенностями строения листа, стебля, цветка и т.д. Очень часто устойчивость определяется физиологическими и биохимическими свойствами растений. Нередко защитные механизмы обусловлены комбинацией различных признаков и свойств устойчивости [3].

Цель исследования состояла в оценке влияния сортов сои по группам спелости и условий года на развитие листостеблевых инфекций.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили в 2022 и 2023 гг. на опытном участке исследовательского центра «Таргет Агро» Тамбовского района Амурской области. Схема опыта включала 32 сорта сои отечественной и иностранной селекции. Сорта по группам спелости распределяли согласно производственной классификации сортов сои, принятой на Дальнем Востоке (115 дней и более – позднеспелый, 101–114 дней – среднеспелый, 91–100 – скороспелый, менее 90 дней – ультраскороспелый) [12].

Скороспелые сорта – Сентябринка (Амурская область), Топаз (Амурская область), ЭОС (Красноярск), Припять (Белоруссия), Говернор (Франция).

Среднеспелые сорт – Невеста (Амурская область), Чародейка (Амурская область), Журавушка (Амурская область), Апис (Амурская область), Дебют (Амурская область), Евгения (Амурская область), Волма (Белоруссия), Амадеус (Канада), Максус (Канада), Аляска (Канада), Сиберия (Канада), Тайга (Канада), Юнка (Канада), Элина (Канада), ХУ-03 (Китай), ХУ-06 (Китай), ХУ-08 (Китай), ХУ-33 (Китай).

Позднеспелые сорта – Грей (Амурская область), Фавор (Франция), Хана (Канада), ДШ-863 (Канада), Кассиди (Канада), Навигатор (Франция), Кофу (Канада), Опус (Канада).

Предшественник – соя, осенняя обработка почвы (октябрь) – культивация в один след на глубину 14–16 см (Buhler Versatile2375 + Salford 450), весенняя обработка (апрель) – закрытие влаги, ранневесеннее боронование (Buhler Versatile2375 + Veles), весенняя обработка (май) – культивация (Buhler Versatile2375 + Salford-550), боронование. Посев – вторая декада мая, ширина междурядий 45 см, норма высева 650 тыс. всхожих семян/га. Площадь опытной делянки под каждым вариантом – 720 м².

Почва опытного участка – лугово-черноземовидная, среднеспелая (мощность пахотного горизонта – 25 см). По механическому составу – глинистая, содержание гумуса низкое – 2,8 %, реакция водной вытяжки слабокислая ($pH_{\text{сол}} = 5,2$), содержание подвижного фосфора (P_2O_5) низкое – 23 мг/кг почвы (по Кирсанову); обменного калия (K_2O) повышенное – 155 мг/кг почвы (по Кирсанову), минерального азота ($N_{\text{мин}}$) – 16,1 мг/кг почвы, представленного в основном аммонийной формой ($N-NH_4$) – 13,4 мг/кг почвы.

Уход за посевами:

в фазу 1–3 настоящих листьев – гербицид Тигрис, 2,5 л/га (кломазон, 480 г/л);

в фазу 3–5 настоящих листьев – гербицид Тигрис, 2,5 л/га (кломазон, 480 г/л) + фунгицид Кристалл, 0,6 л/га (эпоксиконазол 160 г/л + пиракlostрабин 100 г/л + боскалид 90 г/л) + микроудобрения Фолирус Стимул, 3,0 л/га (N-170 г/л, P-146 г/л, K-73 г/л, + МЭ) + прилипатель Агропол, 0,05 л/га + пеногаситель Агропол пеностоп, 0,07 л/га;

в фазу бутонизация – фунгицид Кристалл, 0,6 л/га (эпоксиконазол 160 г/л + пиракlostрабин 100 г/л + боскалид 90 г/л) + инсектицид Патрий, 0,3 л/га (циперметрин, 250 г/л) + микроудобрения Фолирус Бор 1,0 л/га (B-150г/л) + прилипатель Агропол, 0,05 л/га + пеногаситель Агропол пеностоп, 0,07 л/га.

Оценку фитосанитарного состояния посевов проводили методом маршрутных обследований в фазу образования бобов. Болезни определяли методом макроскопического анализа,

для уточнения видового состава возбудителей инфекций использовали метод влажных камер и микроскопический метод [13].

Лето 2022 г. было типичным для Амурской области с небольшими отклонениями от среднемноголетних данных. Вторая половина июня и июль были теплее на 1,6–2,1 °С по сравнению с многолетней нормой. Сумма осадков за период вегетации распределялась неравномерно, больше нормы (на 37 мм) выпало в третьей декаде мая, что затрудняло посев сои. В третьей декаде июня осадков выпало на 15 мм больше среднемноголетних данных, в первой декаде августа – на 29 мм, затопления посевов не наблюдалось. За период вегетации с апреля по сентябрь выпало 435 мм, это на 56 мм меньше среднемноголетнего показателя.

Весна 2023 г. была ранней, неустойчивой, с длительными периодами похолоданий. В июне преобладала неустойчивая, немного прохладная погода, с ливневыми дождями, грозами. Количество осадков составило 145 % климатической нормы. Июль характеризовался обычным летним режимом. Температура воздуха была на уровне средней многолетней. Дожди в течение месяца были чаще всего незначительными и

кратковременными, с грозами, более интенсивно они прошли в третьей декаде июля. В августе температура воздуха в первую декаду была на уровне среднемноголетних значений, самой теплой была вторая декада. Частые дожди в августе обусловили избыток увлажнения, число дней с дождем 1 мм и более составило 12, что на два дня больше среднемноголетнего показателя. Наиболее интенсивные дожди прошли в третьей декаде августа. Сумма осадков составила за месяц 131 мм, это 315 % климатической нормы. Таким образом, вегетационные периоды 2022 и 2023 гг. были благоприятными как для роста и развития сои, так и для поражения культуры листостеблевыми инфекциями.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате фитопатологического обследования посевов сои были обнаружены септориоз, церкоспороз (округлая серая пятнистость), аскохитоз, пероноспороз, пурпурный церкоспороз и угловая бактериальная пятнистость.

Септориоз в 2022 г. был выявлен на всех обследованных сортах сои (табл. 1).

Таблица 1

Развитие болезней сои по группам спелости сортов в 2022 г., %
Development of soybean diseases by maturity groups of varieties in 2022, %

| Болезнь | Скороспелые | | Среднеспелые | | Позднеспелые | |
|-----------------------|-------------------|---------|-------------------|---------|-------------------|---------|
| | Пределы колебаний | Среднее | Пределы колебаний | Среднее | Пределы колебаний | Среднее |
| Септориоз | 10,0–20,0 | 13,3 | 10,0–20,0 | 15,4 | 7,5–23,3 | 13,5 |
| Церкоспороз | 7,5–41,6 | 21,9 | 10,0–41,6 | 17,2 | 10,0–28,3 | 14,0 |
| Аскохитоз | 0–6,6 | 2,1 | 0–6,6 | 2,1 | 0–3,3 | 1,9 |
| Пероноспороз | 0 | 0 | 0–18,3 | 3,1 | 0–20,0 | 5,0 |
| Пурпурный церкоспороз | 0–6,6 | 3,7 | 0–5,0 | 2,0 | 0–20,0 | 5,0 |

Массовое развитие септориоза в условиях Амурской области проявлялось на примордиальных и 1–3 тройчатом листьях, что совпадает с периодом гербицидных обработок, в результате которых образуются ожоги. При этом листья очень часто опадают, что сдерживает распространение инфекции на верхние ярусы растений.

Распространение септориоза в 2022 г. варьировало от 30 % на позднеспелом сорте Кас-

сиди до 80 % на среднеспелом сорте Амадеус. Экономический порог вредоносности (25–30 % развития болезни) ни на одном сорте превышен не был. Развитие болезни варьировало от 7,5 до 23,3 % и сдерживалось не только двухкратной фунгицидной обработкой, но и погодными условиями. Температуры в июне и июле были выше нормы на 1 и 2 °С соответственно, а осадков, наоборот, выпало меньше многолетних значе-

ний: в июне 92 %, в июле – 75 % от месячной нормы.

Септориоз в 2023 г. был отмечен преимущественно на нижних листьях сои, и его развитие не зависело от группы спелости и происхождения сортов. На сортах Говернор, ЭОС (скороспелые), Элина, ХУ-08, Журавушка (среднеспелые), Фавор, Навигатор, Грей, Кофу (позднеспелые) распространение и развитие болезни было самым высоким (от 70 % распространения и 17,5 % развития болезни). Максимальные показатели, при которых был достигнут порог вредоносности

по развитию болезни (25 %), были отмечены на сорте ЭИО. При этом в верхнем ярусе листьев были зафиксированы лишь единичные пятна на сортах ХУ-08, ЭОС, что говорит об эффективности фунгицидной обработки препаратом Кристалл в норме применения 0,6 л/га. Препарат сдержал развитие заболевания и не дал ему перейти на второй и третий листовый ярус растений. Минимальные показатели по развитию септориоза – 7,5 % были отмечены в 2023 г. на сортах Сентябринка, Апис, ХУ-06 (табл. 2).

Таблица 2

Развитие болезней сои по группам спелости сортов в 2023 г., %
Development of soybean diseases by maturity groups of varieties in 2023, %

| Болезнь | Скороспелые | | Среднеспелые | | Позднеспелые | |
|-------------------------------------|-------------------|---------|-------------------|---------|-------------------|---------|
| | Пределы колебаний | Среднее | Пределы колебаний | Среднее | Пределы колебаний | Среднее |
| Септориоз | 7,5–25,0 | 14,5 | 7,5–22,5 | 14,0 | 15,0–20,0 | 17,1 |
| Церкоспороз | 5,0–12,5 | 6,0 | 2,5–20,0 | 9,8 | 5,0–20,0 | 8,3 |
| Аскохитоз | 0–2,5 | 0,5 | 0–2,5 | 0,2 | 0–2,5 | 0,4 |
| Пероноспороз | 0–2,5 | 0,5 | 0–32,5 | 5,0 | 0–20,0 | 5,0 |
| Пурпурный церкоспороз | 0 | 0 | 0–7,5 | 0,5 | 0 | 0 |
| Бактериальная угловатая пятнистость | 0–20,0 | 4,0 | 0–10,0 | 1,5 | 0–5,0 | 1,7 |

По данным двух лет наблюдений стабильно низкий показатель развития септориоза был отмечен на сорте сои дальневосточной селекции Сентябринка – 8,8 %, что может свидетельствовать о наличии у него факторов устойчивости к болезни. Дисперсионный анализ по схеме двухфакторного опыта не позволил выявить достоверного влияния факторов «сорт» и «условия года» на развитие септориоза, что говорит о значительных адаптациях возбудителя болезни к погодным факторам и физиологии растений разных групп спелости, а также о стабильной эффективности фунгицидной обработки сои.

Наибольшее распространение и развитие церкоспороза отмечено в 2022 г. (см. табл. 1). Экономический порог вредоносности (25–30 %) был превышен на сортах Сентябринка и Невеста (41,6 % развитие болезни), Фавор (28,3 %). Единичные симптомы были отмечены на сортах Таргет ранний, Таргет средний, Амадеус, Евгения, Хана, на которых развитие болезни не превышало 10 %. В 2023 г. развитие болезни

было ниже предыдущего года и варьировало от 0 до 20 %, при этом на сортах ЭОС и Фавор церкоспороз отмечен не был (см. табл. 2).

Дисперсионный анализ по схеме двухфакторного опыта показал достоверное, на уровне 75,7 %, влияние условий года на развитие церкоспороза. Влияние групп спелости сортов сои выявлено не было.

Пурпурный церкоспороз в обследованных посевах сои был отмечен на сортах всех групп спелости и его распространение варьировало от 10 до 26,6 %, с низким уровнем развития заболевания, не превышающим 6,6 %.

Из восьми пораженных сортов сои только три являются сортами местной селекции, на которых прослеживалось наиболее слабое развитие и распространение болезни. В большей степени поражение пурпурным церкоспорозом отмечено на сорте иностранной селекции Говернор (компания Lidea). Дисперсионный анализ по схеме двухфакторного опыта свидетельствует о достоверном существенном влиянии условий

года на развитие пурпурного церкоспороза сои, сила влияния фактора «год» составила 77,1 %.

В годы исследований была зафиксирована локальная форма заражения пероноспорозом на девяти сортах сои, большинство которых – сорта дальневосточной селекции (Журавушка, Евгения, Дебют, Грей, Сентябринка – единичные признаки болезни). Экономический порог вредности был превышен лишь в 2023 г. на сорте Евгения, на котором развитие болезни было 32,5 %. Дисперсионный анализ показал, что развитие пероноспороза сои достоверно, на уровне 90 %, зависело от группы спелости сорта. Среднеспелые и особенно позднеспелые сорта поражались болезнью в оба года исследований на порядок сильнее, чем раннеспелые сорта сои, на которых в 2022 г. симптомов пероноспороза отмечено не было.

По исследованиям зарубежных и российских ученых отмечено, что сорта могут варьировать от сильновосприимчивых до высокоустойчивых в зависимости от возраста листьев на момент заражения. Возбудитель пероноспороза *P. manshurica* сильнее поражает молодые нежные листья, на стареющих тканях он находится в состоянии депрессии и почти прекращает свое развитие, что подтвердилось и в наших исследованиях [7, 14, 15].

Полученные результаты исследований по слабому развитию и распространению пероноспороза или полному отсутствию симптомов болезни на сортах сои интересны с практической точки зрения, поскольку традиционные листовые фунгициды на основе азолов неэффективны против возбудителя ложной мучнистой росы, относящегося к грибоподобным организмам [16, 17].

Распространение аскохитоза в обследованных посевах сои было в пределах 6,6–26,6 % при развитии болезни, не превышающем 6,6 %. Степень распространения и развития аскохитоза на сортах разных групп спелости была примерно равной. Экономический порог вредности по данному заболеванию превышен не был в оба года исследований, но следует отметить, что в 2022 г. развитие и распространенность аскохитоза сои были в среднем в 4 раза сильнее по сравнению с 2023 г. Это связано с более благоприятными для возбудителя теплыми условиями вегетации. Дисперсионный анализ по схеме

двухфакторного опыта показал достоверное, на 1 %-м уровне значимости, влияние погодных условий года на развитие аскохитоза сои. Оно составило 98,5 %, что свидетельствует о высокой зависимости паразитической активности *Ascochyta sojaecola* от колебания гидротермических параметров. Более интенсивно заболевание проявляется во влажную погоду, так как наличие капельно-жидкой влаги является необходимым условием для выделения, распространения и прорастания конидий [18].

В 2023 г. на девяти сортах разных групп спелости был зафиксирована угловая бактериальная пятнистость, поражение растений варьировало от 10 до 50 % распространения и от 2,5 до 12,5 % развития болезни. На всех сортах сои, где наблюдался бактериоз, было обнаружено повреждение растений клещами, которые являются переносчиками фитопатогенных бактерий. Болезнь в среднем сильнее проявлялась на раннеспелых сортах, более заселенных фитофагами. На развитие бактериоза влияла как группа спелости сортов сои, так и условия года, но оценить силу влияния по данным одного года (в 2022 г. болезнь отмечена не была) не представлялось возможным.

ВЫВОДЫ

1. В течение двух лет наблюдений на сортах сои были выявлены следующие листостеблевые инфекции: септориоз, церкоспороз, пурпурный церкоспороз, аскохитоз, пероноспороз и бактериальная угловатая пятнистость. ЭПВ (25 %) был достигнут по септориозу на сорте сои ЭИО (оригинатор Красноярский ГАУ) в 2023 г., по церкоспорозу – на сортах селекции ВНИИсои – Сентябринка (41,6 % в 2022 г.), Невеста (41,6 % в 2022 г.) и сорте Фавор французской селекции (28,3 % в 2022 г.), по пероноспорозу – 32,5 % в 2023 г. было отмечено на сорте Евгения (оригинатор ВНИИсои).

2. Развитие пероноспороза сои по средним показателям распространения и развития болезни достоверно, на уровне 90 %, зависело от группы спелости сорта. Среднеспелые и особенно позднеспелые сорта поражались болезнью в оба года исследований на порядок сильнее, чем раннеспелые сорта сои.

3. Влияние групп спелости сортов сои не выявлено по церкоспорозу, пурпурному церкоспорозу, аскохитозу, при этом было выявлено достоверное (на пятипроцентном уровне значимости) влияние погодных условий года на развитие указанных болезней (для церкоспороза сила влияния года – 75,7 %, для пурпурного церкоспороза – 77,1 %, для аскохитоза – 98,5 %).

4. На развитие бактериоза влияла как группа спелости сортов сои, так и условия года, болезнь в среднем сильнее проявлялась на раннеспелых

сортах, более заселенных клещами – переносчиками возбудителя болезни.

5. Дисперсионный анализ по схеме двухфакторного опыта не позволил выявить достоверного влияния ни сортов, ни условий года на развитие септориоза сои, что говорит о значительных адаптациях возбудителя к погодным факторам и физиологии растений разных групп спелости, а также о высокой восприимчивости изученных сортов к болезни.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Синеговская В.Т.* Научное обеспечение эффективного развития селекции и семеноводства сои на Дальнем Востоке // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2021. – Т. 25, № 4. – С. 374–380. – DOI: 10.18699/VJ21.040.
2. *Семенова Е.А., Колесникова Т.П.* Использование фунгицидных протравителей при выращивании сои в Амурской области // Защита и карантин растений. – 2023. – № 2. – С. 10–13. – EDN AWYVVS.
3. *Устойчивость* культурной и дикой сои при искусственном заражении патогеном *Septoria glycines* Nemmi / Г.Н. Веремейчик, Е.В. Бродовская, Е.С. Бутовец [и др.] // Дальневосточный аграрный вестник. – 2020. – № 4 (56). – С. 5–11. – DOI: 10.24411/1999-6837-2020-14041.
4. *Заостровных В.И., Кадуров А.А.* Селекционная ценность сортообразцов сои различных групп спелости для условий лесостепи Кемеровской области // Вестник Российской академии естественных наук. Западно-Сибирское отделение. – 2019. – № 22. – С. 136–146. – EDN WQCWRH.
5. *Варвашеня Н.И., Васильева Т.А.* Первое обнаружение в Калининградской области пурпурного церкоспороза сои (CERCOSPORA KIKUCHII (MATSUMOTO & TOMOYASU) GARDNER) в соевых бобах, импортированных из Латинской Америки // Карантин растений. Наука и практика. – 2018. – № 1 (23). – С. 8–10. – EDN YURCWN.
6. *Мониторинг* видового состава болезней сои в различных зонах соеяния / В.И. Заостровных, А.А. Кадуров, Л.К. Дубовицкая [и др.] // Дальневосточный аграрный вестник. – 2018. – № 4 (48). – С. 51–67. – DOI: 10.24411/1999-6837-2018-14081.
7. *Саенко Г.М.* Фитосанитарный мониторинг сои на Дальнем Востоке // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2022. – № 4 (68). – С. 120–133. – DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-15.
8. *Leisner C.P., Potnis N., Sanz-Saez A.* Crosstalk and trade-offs: plant responses to climate change-associated abiotic and biotic stresses // Plant, Cell & Environment. – 2023. – Vol. 46, N 10. – P. 2946–2963. – DOI: org/10.1111/pce.14532.
9. *Торопова Е.Ю., Каменев И.А.* Предпосевная подготовка семян сои в лесостепи Западной Сибири // Защита и карантин растений. – 2022. – № 2. – С. 10–16. – DOI: 10.47528/1026-8634_2022_2_10.
10. *Vorobyeva I.G., Toropova E.Yu.* On the Issue of Ecological Niches of Plant Pathogens in Western Siberia // Contemporary Problems of Ecology. – 2019. – Vol. 12, N 6. – P. 667–674. – DOI: 10.1134/S1995425519060155.
11. *Торопова Е.Ю., Казакова О.А., Пискарев В.В.* Эпифитотический процесс септориоза на сортах яровой пшеницы // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2020. – Т. 24, № 2. – С. 139–148. – DOI 10.18699/VJ20.609.
12. *Minkach T.V., Selikhova O.A.* Development of soybean hybrids and their selective and genetic evaluation // XV International Scientific Conference “INTERAGROMASH 2022”, Rostov-na-Donu, 25–27 May 2022 year. Vol. 574. Springer: Springer. – 2023. – P. 1–11. – EDN AOWKZE.
13. *Фитосанитарная* диагностика агроэкосистем / В.А. Чулкина, Е.Ю. Торопова, Г.Я. Стецов [и др.] / под ред. Е.Ю. Тороповой: Учеб.-практ. пособие. Барнаул, 2017. – 210 с.
14. *Kaur S., Pandey S., Goel S.* Semi-automatic leaf disease detection and classification system for soybean culture // IET Image Processing. – 2018. – Vol. 12, N 6. – P. 1038–1048. – DOI: org/10.1049/iet-ipr.2017.0822.

15. *Transcriptome* analysis of soybean WRKY TFs in response to *Peronospora manshurica* infection / H. Dong, J. Tan, M. Li [et al.] // *Genomics*. – 2019. – Vol. 111, N 6. – P. 1412–1422. – DOI: 10.1016/j.ygeno.2018.09.014. – Epub 2018 Sep 27. – PMID: 30267765.
16. *Novel* 1, 2, 4-Triazoles as Antifungal Agents / Z. Kazeminejad, M. Marzi, A. Shiroudi [et al.] // *Biomed Res Int*. – 2022 Mar 22. – DOI: 10.1155/2022/4584846. – PMID: 35360519. – PMCID: PMC8964166.
17. *Potassium* phosphite for control of downy mildew of soybean / O.C. Silva, H.A.A. Santos, M. Dalla Pria [et al.] // *Crop Protection*. – 2011. – Vol. 30, N 6. – P. 598–604. ISSN 0261-2194. – DOI: org/10.1016/j.cropro.2011.02.015.
18. *Advances* in Ascochyta Research. Volume II / J. Davidson, W. Chen, D. Rubiales [et al.] // *Front Plant Sci*. – 2023. – Vol. 14. – P. 1290189. – DOI: 10.3389/fpls.2023.1290189. – PMID: 37794943. – PMCID: PMC10546395.

REFERENCES

1. Sinegovskaya V.T., *Vavilovskii zhurnal genetiki i seleksii*, 2021, No. 25(4), pp. 374–380, DOI: 10.18699/VJ21.040. (in Russ.)
2. Semenova E.A., Kolesnikova T.P., *Zashhita i karantin rastenij*, 2023, No. 2, pp. 10–13, EDN AWYVVS. (in Russ.)
3. Veremeichik G.N., Brodovskaya E.V., Butovets E.S. et al., *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik*, 2020, No. 4(56), pp. 5–11, DOI: 10.24411/1999-6837-2020-14041. (in Russ.)
4. Zaostrovnyh V.I., Kadurov A.A., *Vestnik Rossijskoj akademii estestvennyh nauk*, 2019, No. (22), pp. 136–146, EDN WQCWRH. (in Russ.)
5. Varvashenya N.I., Vasilyeva T.A., *Karantin rastenii. Nauka i praktika*, 2018, No. 1 (23), pp. 8–10. (in Russ.)
6. Zaostrovnyh V.I., Kadurov A.A., Dubovickaja L.K., Rjazanova O.A., *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik*, 2018, No. 4(48), pp. 51–67, DOI: 10.24411/1999-6837-2018-14081. (in Russ.)
7. Saenko G.M., *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie*, 2022, No. 4(68), pp. 120–133, DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-15. (in Russ.)
8. Leisner C. P., Potnis N., Sanz-Saez A., Crosstalk and trade-offs: plant responses to climate change-associated abiotic and biotic stresses, *Plant, Cell & Environment*, 2023, Vol. 46, No. 10, pp. 2946–2963, DOI: 10.1111/pce.14532.
9. Toropova E.Yu., Kamenev I.A., *Zashhita i karantin rastenij*, 2022, No. 2, pp. 10–16, DOI: 10.47528/1026-8634_2022_2_10. (in Russ.)
10. Vorobyeva I. G., Toropova E.Yu., On the Issue of Ecological Niches of Plant Pathogens in Western Siberia, *Contemporary Problems of Ecology*, 2019, Vol. 12, No. 6, pp. 667–674, DOI: 10.1134/S1995425519060155.
11. Toropova E.Yu., Kazakova O.A., Piskarev V.V., *Vavilovskij zhurnal genetiki i seleksii*, 2020, No. 24 (2), pp. 139–148, DOI: 10.18699/VJ20.609.
12. Minkach T.V., Selikhova O.A., Development of soybean hybrids and their selective and genetic evaluation, *XV International Scientific Conference "INTERAGROMASH 2022"*, Rostov-na-Donu, 25–27 May 2022 year, Vol. 574, Springer: Springer, 2023, pp. 1–11.
13. Chulkina V.A., Toropova E.Yu., Stetsov G.Ya. et al., *Phytosanitary diagnostics of agroecosystems* (Phytosanitary diagnostics of agroecosystems), Barnaul: Graphics printing house, 2017, 210 p.
14. Kaur S., Pandey S., Goel S., Semi-automatic leaf disease detection and classification system for soybean culture, *IET Image Processing*, 2018, Vol. 12, No. 6, pp. 1038–1048, DOI: 10.1049/iet-ipr.2017.0822.
15. Dong H., Tan J., Li M., Yu Y., Jia S., Zhang C., Wu Y., Liu Y., Transcriptome analysis of soybean WRKY TFs in response to *Peronospora manshurica* infection, *Genomics*, 2019, Vol. 111, No. 6, pp. 1412–1422, DOI: 10.1016/j.ygeno.2018.09.014, Epub 2018 Sep 27, PMID: 30267765.
16. Kazeminejad Z., Marzi M., Shiroudi A., Kouhpayeh S.A., Farjam M., Zarenezhad E., Novel 1, 2, 4-Triazoles as Antifungal Agents, *Biomed Res Int*, 2022 Mar 22, DOI: 10.1155/2022/4584846, PMID: 35360519, PMCID: PMC8964166.
17. Potassium phosphite for control of downy mildew of soybean / Silva O.C., Santos H.A.A., Dalla Pria M. et al., *Crop Protection*, 2011, Vol. 30, No. 6, pp. 598–604, DOI: 10.1016/j.cropro.2011.02.015.
18. Davidson J., Chen W., Rubiales D. et al., Advances in *Ascochyta* Research, Vol. II, *Front Plant Sci*, 2023, Vol. 14, pp. 1290189, DOI: 10.3389/fpls.2023.1290189, PMID: 37794943, PMCID: PMC10546395.

ПРЕДСТАВИТЕЛИ ПОЛУЖЕСТКОКРЫЛЫХ (HEMIPTERA) ЗАПАДНОЙ СИБИРИ – ВОЗМОЖНЫЕ АГЕНТЫ БИОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ФИТОФАГОВ

¹Е.И. Шаталова, кандидат биологических наук

¹А.В. Ходакова, аспирант, младший научный сотрудник

^{1,2}Е.Ю. Кондратюк, кандидат биологических наук

¹Е.Г. Ульянова, кандидат биологических наук

¹И.В. Андреева, кандидат биологических наук

¹Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук (СФНЦА РАН), Краснообск, Россия

²Научно-исследовательский институт клинической и экспериментальной лимфологии – отделение института цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук, Новосибирск, Россия

E-mail: elenashatalova@mail.ru

Ключевые слова: хищные клопы, энтомофаг, фитофаг, биологическая защита растений.

Реферат. Усиление вредоносности фитофагов, повреждающих сельскохозяйственные и декоративные культуры, связано с различными факторами, в частности с расширением спектра видов-вредителей и развитием резистентности к используемым химическим средствам защиты растений. Поиск и регулярное пополнение ассортимента энтомоакарифагов приобретает важное значение в биологической защите растений для получения органической продукции растениеводства. Альтернативой применения химическим пестицидам является использование естественных врагов. Одним из перспективных и многочисленных подотрядов являются полужесткокрылые, или клопы (Hemiptera: Heteroptera). В работе приводится эколого-фаунистическое описание зоофагов и зоофитофагов отряда полужесткокрылых, найденных в районах Новосибирской области (Мошковский, Болотнинский, Чулымский районы), Алтайского края (Троицкий район) и Республике Алтай (Усть-Коксинский район) в течение вегетационного сезона 2023 г. Собрано семь видов, принадлежащих к трем семействам подотряда клопов: Nabidae (*Nabis ferus*, *Nabis limbatus*), Anthocoridae (*Orius niger*), Pentatomidae (*Arma custos*, *Zicrona caerulea*, *Picromerus bidens*, *Pentatoma rufipes*). Насекомых сохраняли в живом состоянии для перевозки в лабораторию и изучения их биологических особенностей. Три вида были введены в лабораторную культуру. Продолжается подбор условий содержания хищных насекомых для получения стабильной лабораторной популяции и дальнейшего применения в растениеводстве. В результате проведенных обследований природных и агробиоценозов выявлено хищничество *Arma custos* и *Pentatoma rufipes* на личинках колорадского жука.

BUGS (HEMIPTERA) OF WESTERN SIBERIA – POSSIBLE AGENTS OF BIOLOGICAL CONTROL OF PHYTOPHAGES

¹E.I. Shatalova, Ph.D. in Biological Sciences

¹A.V. Khodakova, postgraduate student, junior research fellow

^{1,2}E.Yu. Kondratyuk, Ph.D. in Biological Sciences

¹E.G. Ulyanova, Ph.D. in Biological Sciences

¹I.V. Andreeva, Ph.D. in Biological Sciences

¹Siberian Federal Scientific Center for Agrobiotechnologies of the Russian Academy of Sciences (SFSC RAS), Krasnoobsk, Russia

²Institute of Clinical and Experimental Lymphology – Department of the Institute of Cytology and Genetics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

E-mail: elenashatalova@mail.ru

Keywords: predatory bugs, entomophage, phytophage, biological plant protection

Abstract. The increasing harmfulness of phytophages damaging agricultural and ornamental crops is associated with various factors, in particular with the expansion of the range of pest species and the development

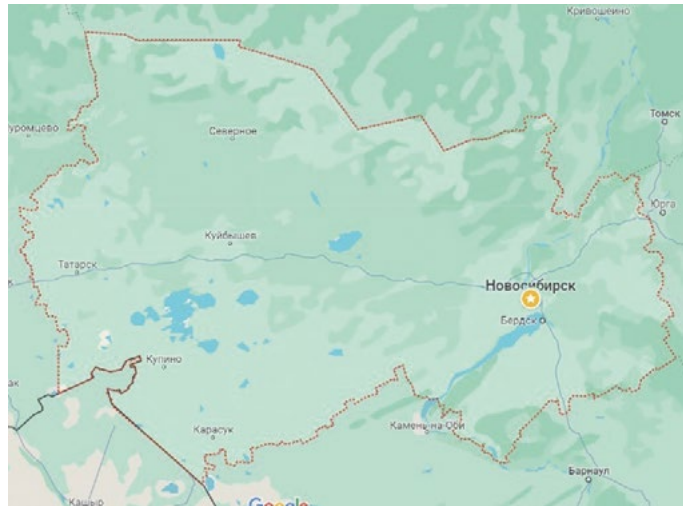
of resistance to the chemical plant protection products used. The search and regular replenishment of the assortment of entomocarifages is becoming important in the biological protection of plants for obtaining organic crop products. An alternative to using chemical pesticides is to use natural enemies. One of the promising and numerous suborders is the hemiptera or bugs (Hemiptera: Heteroptera). The paper provides an ecological and faunal description of zoophages and zoophytophages of the order Hemiptera found in the regions of the Novosibirsk region (Moshkovsky, Bolotninsky, Chulymsky districts), Altai Territory (Troitsky district) and the Altai Republic (Ust-Koksinsky district) during the growing season of 2023. Seven species belonging to three families of the bedbug suborder were collected: Nabidae (*Nabis ferus*, *Nabis limbatus*), Anthocoridae (*Orius niger*), Pentatomidae (*Arma custos*, *Zicrona caerulea*, *Picromerus bidens*, *Pentatoma rufipes*). The insects were kept alive for transportation to the laboratory and study of their biological characteristics. Three species were introduced into laboratory culture. The selection of conditions for keeping predatory insectoids continues to obtain a stable laboratory population and further use in crop production. As a result of the surveys of natural and agrobiocenoses, predation by *Arma custos* and *Pentatoma rufipes* on the larvae of the Colorado potato beetle was revealed.

Актуальность регулярного пополнения ассортимента энтомоакарифагов, эффективных в регуляции численности вредителей, обусловлена постоянным изменением фитосанитарной обстановки в агро- и биоценозах, связанным с различными факторами, в частности, с усилением вредоносности отдельных фитофагов, повреждающих сельскохозяйственные и декоративные культуры. Для Сибири в настоящее время одними из наиболее опасных фитофагов считаются такие виды, как луговой мотылек (*Loxostege sticticalis*), капустная совка (*Mamestra brassicae*), колорадский жук (*Leptinotarsa decemlineata*), а также целый комплекс сосущих вредителей из числа семейства тли (Aphididae). В качестве альтернативы химическим средствам защиты растений могут быть использованы естественные враги переносимых вредителей, среди которых важную роль играют представители подотряда полужесткокрылых (Hemiptera: Heteroptera). Большим потенциалом в плане использования в качестве агентов биологического контроля являются клопы, относящиеся к семействам Nabidae, Anthocoridae, Miridae, Pentatomidae. В условиях Западной Сибири энтомофауна хищных клопов довольно разнообразна [1–4], но недостаточно исследована [5]. Цель настоящей работы – поиск, сбор и изучение содержания в лабораторных условиях зоофитофагов и зоофагов из числа полужесткокрылых насекомых, обитающих на территории Западной Сибири.

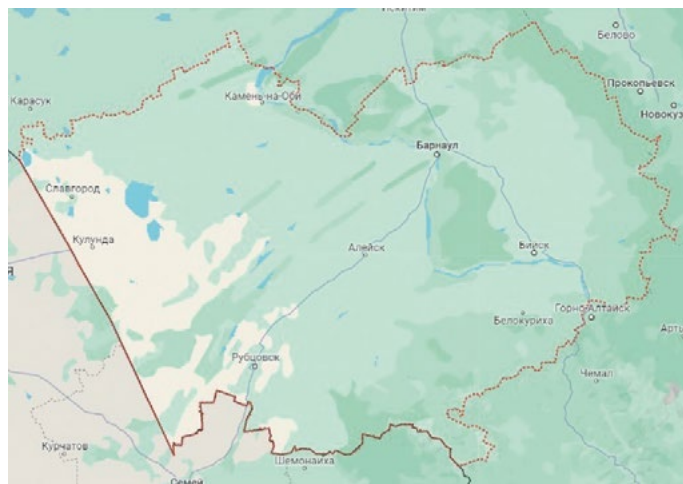
ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектами исследований служили представители клопов семейств Nabidae, Anthocoridae, Pentatomidae, а также их виды жертв (*Tenebrio molitor* Linnaeus, 1758; *Leptinotarsa decemlineata* (Say, 1824); *Mamestra brassicae* Linnaeus, 1758; *Loxostege sticticalis* Linnaeus, 1761).

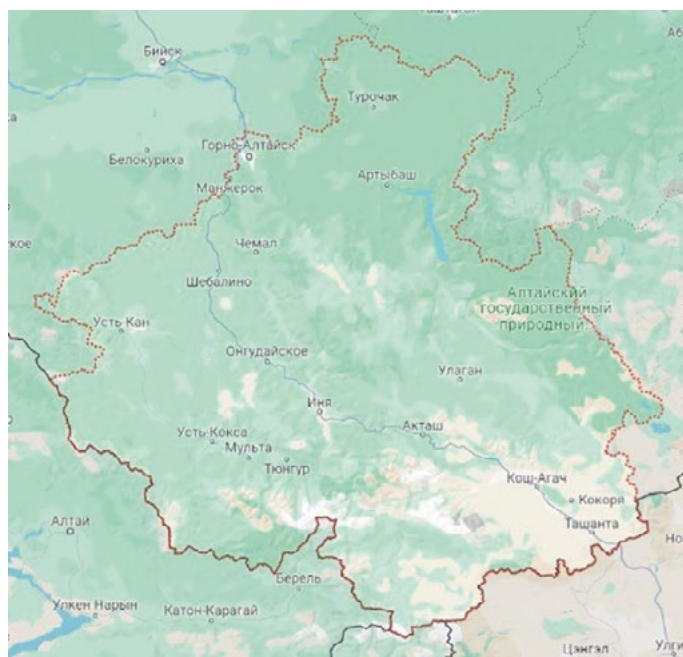
Наблюдения и сборы насекомых проведены в течение вегетационного периода 2023 г. на территории районов Новосибирской области (Мошковский, Болотнинский, Чулымский районы), Алтайского края и Республики Алтай (Усть-Коксинский район) (рис. 1). Для сбора насекомых применяли общепринятые энтомологические методы: кошение энтомологическим сачком, ручной сбор, сбор эксгаустером с растений и поверхности почвы. При транспортировке на дальние расстояния для дальнейшего изучения живого материала в условиях лаборатории соблюдали ряд условий. Для поддержания оптимального температурного режима и исключения перегрева насекомых при сборе и перевозке использовали термосумки с хладагентами. Насекомых рассаживали индивидуально в емкости объемом 50–100 мл во избежание травматизма и каннибализма. В зависимости от вида насекомого в емкость помещали влажный ватный тампон, ленты из фильтровальной бумаги или части растений-субстрата.



а



б



в

Рис. 1. Географические карты: Новосибирской области – *а*, Алтайского края *б* и Республики Алтай *в* с пунктами энтомологических сборов

Содержание насекомых в лабораторных условиях осуществляли в пластиковых контейнерах 30 × 40 × 25 см с фатином в виде крышки. Контейнеры устанавливали на стеллаж со светодиодной подсветкой и размещали в них капиллярные поилки с водой объемом 50 мл. Один раз в 2–3 дня, в зависимости от поедания корма, добавляли насекомых-жертв, ориентируясь на потребности хищного клопа. При разведении клопов поддерживали температуру воздуха +25±1 °С, влажность воздуха – 70–90 %, режим светового освещения: день – не менее 16 ч, ночь – до 8 ч.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Аннотированный список видов

В результате проведенных в 2023 г. исследований был собран 191 экземпляр насекомых, принадлежащих к семи видам и трем семействам подотряда полужесткокрылых.

Семейство Nabidae

Nabis ferus (Linnaeus, 1758)

Материал. Новосибирская обл., Болотнинский район, с. Ояш 12.06.2023 – 5 экз.; Новосибирский район, окр. р.п. Краснообск, 23.05.2023 – 4 экз.; 23.06.2023 – 2 экз.; 14.06.2023 – 3 экз.; 15.09.2023 – 10 экз.; Новосибирская обл., Мошковский район, на пойменном лугу близ р. Круть-Болта., 04.06.2023 – 7 экз.; 15.06.2023 – 5 экз.; 17.06.2023–8.06.2023 – 21 экз. + личинки – 6 экз.

Замечания. Транспалеарктический мезофильный вид. В лесной зоне взрослые особи мигрируют на зимовку в близлежащие леса, где зимуют в подстилке; в безлесных районах зимуют под травянистыми растениями и в растительном детрите на сухих местах. Моновольтинный вид. Хищник. Широкомногоядный вид, питающийся мухами, тлями, цикадками, клопами и другими насекомыми [6].

Nabis limbatus (Dahlbom, 1851)

Материал. Новосибирская обл., Болотнинский район, с. Ояш 12.06.2023 – 2 экз.; Новосибирский район, окр. р.п. Краснообск, 23.05.2023 – 1 экз.; 23.06.2023 – 3 экз.; 15.06.2023 – 2 экз.; 14.06.2023 – 5 экз.; Новосибирская обл., Мошковский район, на пойменном лугу близ р. Круть-Болта, 04.06.2023 – 11 экз.; 17.06.2023–18.06.2023 – 10 экз. + личинки; Ре-

спублика Алтай, близ р. Кокса 20.-21.07.2023 – 5 экз.

Замечания. Весьма обычный вид на полях, посевах многолетних трав и т.д. Хищник. Полифаг, питающийся мухами, тлями, цикадками, клопами и другими насекомыми.

Семейство Anthocoridae

Orius niger (Wolff, 1811)

Материал. Новосибирская обл., Болотнинский район, с. Ояш 12.06.2023 – 2 экз.; Новосибирский район, окр. р.п. Краснообск; 23.05.2023 – 2 экз.; 15.06.2023 – 2 экз.; 14.06.2023 – 7 экз.; 23.06.2023 – 3 экз.; Новосибирская обл., Мошковский район, на пойменном лугу близ р. Круть-Болта, 04.06.2023 – 8 экз.; 17.06.2023–18.06.2023 – 6 экз.; Республика Алтай, близ р. Кокса (база Криун) 19.07.2023–20.07.2023 10 экз. Алтайский край, Троицкий район 21.07.2023 – 2 экз.

Замечания. Многоядный хищник, эвритопный вид, в массе и повсеместно встречается в поймах рек – на лугах, на деревьях и кустарниках, среди разнотравья. Регулирует численность многих вредных насекомых (поедает тлей, трипсов, яйца вредных насекомых), а также паутинового клеща. Зимует в стадии имаго под остатками растительности.

Семейство Pentatomidae

Arma custos (Fabricius, 1794)

Материал. Окр. р.п. Краснообска, 14.06.2023 – 1 экз. самка; 08.08.2023 – 1 экз. ♀; Новосибирская обл., Чулымский р-н, окр. с. Михайловское 26.07.2023 – 1 экз., ♂; 04.08.2023 – 1 экз. ♀.

Замечания. Транспалеарктический вид. Зоофитофаг. Распространен в основном в лесной зоне. Живет на деревьях и кустарниках, указывается частое обитание на растениях рода *Salix* (нами подтверждено не было). Питается многими насекомыми, чаще личинками жуков, в том числе листоедов, тлями, листоблошками. У этого вида наблюдается каннибализм. В р.п. Краснообск в июне был обнаружен на зонтичном растении (предположительно купырь лесной), в августе – в самосевных зарослях клена ясенелистного, непосредственно на клене. В окр. с. Михайловское данный вид собирали с костяники.

Zicrona caerulea (Linnaeus, 1758)

Материал. Новосибирская обл., Чулымский р-н, окр. бывш. с. Степное (бывш. Веселый бедняк) 05.08.2023 – 1 экз.

Замечания. Вид распространен на большей части Голарктики и Индо-Малайской области. Мезофил. Живет на деревьях и травах. Кроме животной пищи для нормального развития требуется вода и сок растений. Поэтому насекомые охотно сосут различные растения [7]. Обычен, населяет почти все биотопы кроме засоленных участков степи. Клопы и личинки ведут хищный образ жизни, нападают на различных насекомых. Основной пищей личинок являются на травянистых бобовых личинки и имаго листоедов, различные виды тлей, уничтожает личинок жуков-листоедов *Altica* spp., яйца и личинок колорадского жука. Имаго было поймано в березовом колке близ поднятого залежного поля. В предыдущие годы данный вид также встречался единично в Новосибирском и Мошковском районах на паровом поле и делянках, вспаханных для высадки картофеля, в лаборатории хищник употреблял в пищу гусениц различных чешуекрылых насекомых (капустная совка, боярышница).

Picromerus bidens (Linnaeus, 1758)

Материал. Новосибирская область, Чулымский р-н, окр. с. Михайловское 26.07.2023 – 5 экз. Новосибирская область, Чулымский р-н, окр. с. Михайловское 5.08.2023 – 25 экз., Чулымский р-н, окр. бывш. с. Степное (бывш. Веселый бедняк) 05.08.2023 – 5 экз.

Замечания. Транспалеарктический лесной вид. Зоофитофаг. Населяет леса, луга, поляны. Живет на деревьях и кустарниках. Заметно регулирует численность основных вредителей леса. Уничтожает долгоносиков, пядениц, личинок листовенничного пилильщика, гусениц сибирского шелкопряда, непарного шелкопряда, монашенки, боярышницы и других опасных вредителей леса. Питается личинками капустной белянки, взрослыми жуками тополевого листоеда. Может допитываться растительными соками [8]. В с. Михайловское Чулымского района было совершено два выезда, где была отмечена вспышка размножения непарного шелкопряда в березовых лесах. Была выдвинута гипотеза о возможном нахождении именно в этих местах большого скопления энтомофага *P. bidens* в связи с наличием большого количества

вида прокормителя, что полностью подтвердилось.

Pentatoma rufipes (Linnaeus, 1758)

Материал. Новосибирская обл., Мошковский район 15.07.2023 – 1 экз.; Новосибирская обл., Чулымский р-н, окр. с. Михайловское 26.07.2023 – 1 экз.; 05.08.2023 – 2 экз.; Новосибирская обл., Новосибирский район, окр. р.п Краснообска, 16.08.2023 – 2 экз, 21.08.2023 – 1 экз.

Замечания. Транспалеарктический, лесолуговой вид. Зоофитофаг. Встречается на различных кустарниковых и древесных растениях, на которых питается их соком, а также насекомыми. В диапаузу впадают нимфы второго возраста, располагаясь высоко на лесных деревьях. Несмотря на то, что данный вид считается фитофагом, есть ряд сведений об употреблении в пищу им различных видов насекомых [7, 9, 10]. По одному экземпляру *P. rufipes*, собранных в Мошковском и Новосибирском районах, были обнаружены нами на картофеле во время их питания личинками колорадского жука, хотя подобное поведение этого клопа ранее не наблюдалось, а сам вид не отмечался в составе энтомокомплекса картофельных полей. Также представители данного вида были собраны в Новосибирском районе с клена ясенелистного, рябины (род *Sorbus*, вид не определен), в Чулымском районе с травянистой растительности близ комеля березы.

Содержание насекомых в лабораторных условиях

Для изучения возможности лабораторного разведения из семи видов клопов, собранных в природных условиях, введены в лабораторную культуру: *Nabis fesus* (Nabidae), *Picromerus bidens* и *Arma custos* (Pentatomidae); изучены их биологические особенности и отработаны основные приемы их лабораторного содержания и разведения.

Эксперименты по отработке оптимальной методики лабораторного содержания *Nabis fesus*, перспективного для контроля численности тлей, включали оценку пищевого рациона имаго, условий содержания – насекомого-жертвы, растений-субстратов и др. В качестве растения-субстрата для содержания клопа *N. fesus* были протестированы овсяница, мятлик луговой и костер безостый. Все перечисленные растения заселяются злаковыми тлями, но только костреца

безостый смог выдерживать постоянную посадку фитофага и полноценно вегетировать без усыхания. В лабораторных условиях получено три поколения данного вида. Была попытка по введению *N. fesus* в диапаузу при +9 °С, но данный опыт оказался безуспешным, насекомые погибли.

В ходе экспедиций суммарно было собрано 35 экземпляров *Picromerus bidens*. Средняя масса имаго природной популяции составила $95 \pm 0,88$ мг у самок и $80,88 \pm 1,03$ мг у самцов. В качестве живого корма для имаго использовались личинки большого мучного хрущака. Первые яйцекладки в лаборатории были получены сразу же после попадания в лабораторные условия – 04.08.2023, последняя – 22.09.2023. Всего было получено 27 яйцекладок, средний размер яйцекладки составлял $33,2 \pm 5,2$ яиц. Однократно был отмечен каннибализм имаго по отношению к яйцам. В настоящее время отрабатываются приемы ввода и выхода из диапаузы данного вида.

Из природной популяции Новосибирской области было отобрано четыре экземпляра имаго *Arma custos*. Всего за весь период получено восемь лабораторных поколений *A. custos*, данный вид хорошо адаптировался к лабораторным условиям, размножается круглогодично. Средний размер получаемых яйцекладок составляет $15,1 \pm 1,1$ яиц. Для выкармливания нимф 1–2-го возраста армы используется виковая тля, а начиная с 3-го возраста нимфы клопа переводятся на питание личинками мучного хрущака.

Четыре вида клопов на данном этапе исследований не удалось ввести в культуру по

разным причинам. Так, особей *Nabis limbatus* в лаборатории содержали на проростках пшеницы, заселенных обыкновенной злаковой тлей, которой клопы активно питались. Клопов *Orius niger* в лаборатории поддерживали на листьях фасоли, кормовым субстратом служили яйца галлерии, мельничной огневки, яйца артемии, освобожденные от оболочки, и цветочная пыльца, также в качестве углеводной подкормки использовали раствор меда, нанесенный на ватный тампон. Однако популяции этих видов энтомофагов не удалось адаптировать к условиям лаборатории.

Для *Zicrona caerulea* функцию растения-субстрата при разведении в лабораторных условиях выполняло каланхоэ Блоссфельда (*Kalanchoe blossfeldiana*), в качестве корма – личинки большого мучного хрущака. Из-за ограниченного количества экземпляров потомство зикроны получить не удалось.

Вид *Pentatoma rufipes* в лаборатории содержали на ветвях растений (рябина, береза, липа, ежевика), также для дополнительного питания использовали разрезанные плоды яблок и апельсины. В качестве животной пищи *P. rufipes* употребляли большого мучного хрущака, личинок колорадского жука. В лабораторных условиях была получена яйцекладка, состоящая из 27 яиц, из которой через 7 дней отродилось 27 личинок (рис. 2). По достижении 2-го возраста нимфы были отправлены в диапаузу (при температуре +9 °С), из состояния покоя нимфы в последующем не вышли.

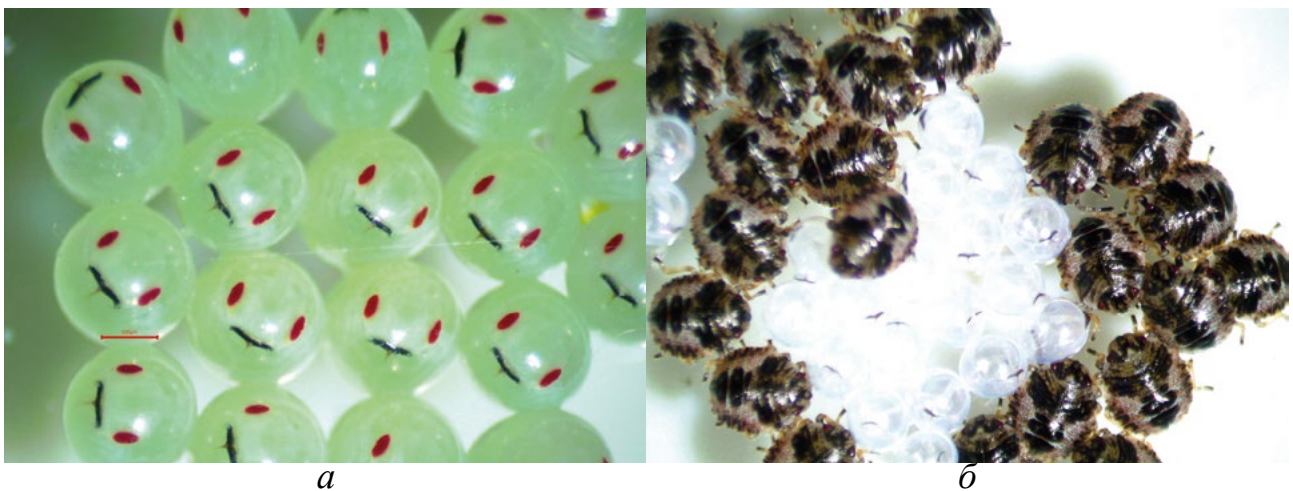


Рис. 2. Щитник красноногий *Pentatoma rufipes*: а – яйца перед выходом нимф клопа; б – нимфы клопа 1-го возраста

Работы в направлении получения лабораторных популяций данных видов будут продолжены. Планируется учесть влияние растения-субстрата, а также насекомых-жертв как на популяционные показатели хищников (изменение плотности хищников в зависимости от количества жертвы), так и на функциональные показатели (количество потребляемых жертв, скорость воспроизводства хищников и др.).

В целом дальнейшие исследования будут сосредоточены на изучении наиболее перспективных для введения в культуру представителей трех семейств клопов: Nabidae, Anthocoridae и Pentatomidae. Семейство Nabidae распространено повсеместно, все виды – хищники. На данный момент известно питание самыми разнообразными видами насекомых, в том числе вредителями сельского и лесного хозяйства [11, 12]. Поскольку клопы данного семейства в природных условиях играют существенную роль в регуляции численности насекомых-вредителей, исследования по разработке массового размножения отдельных представителей данного семейства активно ведутся в последние десятилетия [12]. Однако в настоящий момент в литературе нет сведений о лабораторном содержании вида *N. fesus*.

Среди полужесткокрылых большой интерес для внедрения в практику защиты растений вызывают представители семейств хищников-крошек (Anthocoridae). Антокориды – мелкие или очень мелкие (1,5–5 мм) с заметно уплощенным телом клопы, большинство из которых живут открыто на растениях и питаются мелкими насекомыми, их личинками и яйцами, клещами [1, 2, 6]. Особое место в биологической защите растений в связи с хищным образом жизни, занимают клопы рода *Orius*. Некоторые виды (*Orius laevigatus*, *O. majusculus*, *O. niger*, *O. minutes*, *O. sauteri*, *O. horvathi*, *O. vicinus* и др.) успешно применяются для контроля численности серьезных вредителей, в основном в условиях защищенного грунта [13–17], кроме того, также предпринимаются активные попытки для внедрения биоагентов рода *Orius* в системы защиты растений в открытом грунте [18]. *Orius niger* – хорто-дендробионт, добычей являются тли, трипсы, листоблошки, паутиные клещи и их нимфы и яйца [19, 20]. Необходимо отметить, что *O. niger* ежегодно отмечается нами в

сборах на культурных посадках и дикоросах таких растений, как соя, люцерна, козлятник, фасоль овощная, малина, крыжовник, земляника, ипомея [20], и может быть использован для защиты плодово-ягодных, лесных и декоративных культур от различных сосущих фитофагов [21].

Крупные или среднего размера с прочными кожистыми покровами клопы относятся к семейству щитников (Pentatomidae). Виды подсемейства Asopinae – хищники, остальные растительноядные. Наряду с такими видами, как *Podisus maculiventris*, *Perillus bioculatus*, которые используются в защите растений против колорадского жука, перспективными агентами биоконтроля являются *Picromerus bidens* и *Arma custos*. Поскольку имеется опыт разведения и применения *Picromerus bidens* в России [22] и *Arma custos* в Китае [23], а также положительные результаты наших экспериментов, выделенные из природных условий Западной Сибири и введенные в лабораторную культуру эти виды перспективны для разработки технологий их массового разведения. *P. bidens* и *A. custos* могут использоваться для контроля численности таких фитофагов, как непарный шелкопряд, капустная и другие виды совок, колорадский жук и другие открыто живущие насекомые с мягкими покровами.

Таким образом, территория Западной Сибири может служить источником новых агентов биологической защиты растений, еще не применяемых на практике на территории России. Изучение биологических особенностей хищных видов клопов является основой для разработки технологий их массового разведения и применения.

ВЫВОДЫ

1. В ходе экспедиционных поисков в 2023 г. на территории нескольких районов Новосибирской области, Алтайского края и Республики Алтай собраны хищные клопы в количестве 191 экземпляра, принадлежащие к семи видам.

2. В лабораторную культуру были введены три вида: *Nabis fesus*, *Arma custos* и *Picromerus bidens*, получены сведения об их биотических

характеристиках, в том числе впервые по разведению *N. ferus* в лабораторных условиях.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда № 23-26-00073.

3. В результате наблюдений в природе отмечено хищничество *Arma custos* и *Pentatoma rufipes* на колорадском жуке.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Винокуров Н.Н., Канюкова Е.В.* Полужесткокрылые насекомые (Heteroptera) Сибири. – Новосибирск: Наука, 1995. – 238 с.
2. *Винокуров Н.Н., Канюкова Е.В., Голуб В.Б.* Каталог полужесткокрылых насекомых (Heteroptera) Азиатской части России. – Новосибирск: Наука, 2010. – 320 с.
3. *New records of native and alien true bugs (Heteroptera) from Kemerovo Region, Western Siberia, Russia / V.V. Rudoï, N.N. Vinokurov, A.V. Korshunov [et al.] // Acta Biologica Sibirica. – 2022. – № 8. – P. 483–506. – DOI: 10.5281/zenodo.7710448. – EDN TIEKUW.*
4. *Rudoï V.V., Vinokurov N.N., Krugova T.M.* New data on true bugs (Heteroptera) from the Tigirek Strict Reserve (Altai Krai, Russia) // Acta Biologica Sibirica. – 2023. – № 9. – P. 755–782. – DOI: 10.5281/zenodo.10039143. – EDN BLTEWA.
5. *Шаталова Е.И.* Оценка возможности применения хищных клопов (Hemiptera: Heteroptera) против различных видов сосущих фитофагов // Биологизация землепользования: почва, технологии, продукция: мат-лы междунар. науч.-практ. конф. (Москва, 28–31 августа 2023 г.) Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова. – М., 2023. – С. 201–203.
6. *Кержнер И.М.* Полужесткокрылые семейства Nabidae. Фауна СССР. Т. 13, вып. 2. – Л.: Наука, 1981. – 327 с.
7. *Петрова В.П.* Щитники Западной Сибири: пособие для студентов и преподавателей. – Новосибирск, 1975. – 237 с.
8. *Асанова Р.Б.* Полужесткокрылые (Heteroptera) Восточного Казахстана. (Деп. ВИНТИ № 7506-В86). – Алма-Ата, 1986. – 15 с.
9. *Козьминых В.О.* Массовое появление красноногого щитника *Pentatoma rufipes* (HETEROPTERA: PENTATOMIDAE) в городе Перми // Фауна Урала и Сибири. – 2020. – № 1. – С. 13–17. – DOI: 10.24411/2411-0051-2020-10102.
10. *Powell G.* The biology and control of an emerging shield bug pest, *Pentatoma rufipes* (L.) (Hemiptera: Pentatomidae) // Agricultural and Forest Entomology. – 2020. – Т. 22, № 4. – С. 298–308. – DOI: 10.1111/afe.12408.
11. *The damsel bug Nabis pseudoferus* (Hem.: Nabidae) as a new biological control agent of the South American Tomato Pinworm, *Tuta absoluta* (Lep.: Gelechiidae), in tomato crops of Spain / T. Cabello, J. Gallego Granados, F. Fernandez-Maldonado [et al.] // Bulletin IOBC/WPRS. – 2009. – № 49. – P. 219–223.
12. *The Potential of Nabis americanoferus and Orius insidiosus as Biological Control Agents of Lygus lineolaris in Strawberry Fields / F. Dumont, M. Solà, C. Provost, E. Lucas // Insects. – 2023. – 14. – P. 385. – DOI: 10.3390/insects14040385.*
13. *Is Orius sauteri Poppius a Promising Biological Control Agent for Walnut Aphids? An Assessment from the Laboratory to Field / T. Wang, P. Zhang, C. Ma [et al.] // Insects. – 2021. – № 12 (1). – P. 25. – DOI: 10.3390/insects12010025.*
14. *Razavi N., Ahmadi K.* Compatibility assessment between four ethanolic plant extracts with a bug predator *Orius horvathi* (Reuter) (Heteroptera: Anthocoridae) used for controlling the western flower thrips *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) // Journal of Plant Protection Research. – 2016. – № 56 (1). – P. 89–94.
15. *Kernasa O., Kaewpradit A., Suasa-ard W.* Mass-rearing techniques of predatory anthocorid, *Orius minutus* (L.) (Hemiptera: Anthocoridae). The 46th Kasetsart University Annual Conference, Bangkok, Thailand. 2008. – P. 46–51.
16. *Jun H.J., Kim K.S., Ham E.H.* Basic studies aiming at *Orius minutus* (Hemiptera: Anthocoridae) mass-rearing // Insects. – 2022. – Vol. 13, № 1. – P. 77. – DOI: 10.3390/insects13010077.

17. Comparison of artificial diets and natural prey for mass rearing of *Orius strigicollis* (Hemiptera: Anthocoridae) using demographic characteristics to optimize cost-efficiency / Y.T. Hung [et al.] // Journal of Economic Entomology. – 2021. – Vol. 114, № 4. – P. 1523–1532. – DOI: 10.1093/jee/toab112.
18. Larivière M.-C., Wearing C.H. *Orius vicinus* (Ribaut) (Heteroptera: Anthocoridae), a predator of orchard pests new to New Zealand // New Zealand Entomologist. – 1994. – № 17. – P. 17–21. – DOI: 10.1080/00779962.1994.9721980.
19. Есенбекова П.А. Полужесткокрылые (Heteroptera) Казахстана. – Алматы: Нур-Принт, 2013. – 349 с.
20. Андреева И.В., Ульянова Е.Г., Шаталова Е.И. Обыкновенный паутинный клещ и его акарифаги в биоценозах открытого грунта Западной Сибири // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству Сибири, Монголии, Казахстана, Беларуси и Болгарии: сб. науч. докл. XXII междунар. науч.-практ. конф. (Якутск, 14–15 августа 2019 г.) / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, СФНЦА РАН, Новосиб. гос. аграр. ун-т, Монгол. акад. аграр. наук, Национ. аграр. науч.-обр. центр Респ. Казахстан, Нац. акад. наук Беларуси, Отд. аграр. наук, Сельскохозяйственная акад. Респ. Болгария. – Новосибирск: СФНЦА РАН, 2019. – 77 с.
21. Deligeorgidis P.N. Predatory effect of *Orius niger* (Wolff) (Hem., Anthocoridae) on *Frankliniella occidentalis* (Pergande) and *Thrips tabaci* Lindeman (Thysan., Thripidae) // Journal of Applied Entomology. – 2002. – Vol. 126, № 2–3. – P. 82–85. – DOI: 10.1046/j.1439-0418.2002.00603.x.
22. Волков О.Г., Мешков Ю.И., Яковлева И.Н. Развитие и хищничество *Picromerus bidens* (Heteroptera: Pentatomidae) на *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera: Chrysomelidae) // Russian Entomological Journal. – 2013. – Т. 22, № 1. – С. 43–50.
23. Population growth performance of *Arma custos* (Faricius) (Hemiptera: Pentatomidae) at different temperatures / J. Wang [et al.] // Journal of Insect Science. – 2022. – Т. 22, № 5. – С. 12. – DOI: 10.1093/jisesa/ieac058.

REFERENCES

1. Vinokurov N.N., Kanyukova E.V., *Poluzhestkokrylye nasekomye (Heteroptera) Sibiri* (Heteroptera insects of Siberia), Novosibirsk: Nauka, 1995, 238 p.
2. Vinokurov N.N., Kanyukova E.V., Golub V.B., *Katalog poluzhestkokrylykh nasekomykh (Heteroptera) Aziatskoi chasti Rossii* (Catalogue of Heteroptera insects of the Asian part of Russia), Novosibirsk: Nauka, 2010, 320 p.
3. Rudoi V.V., Vinokurov N.N., Korshunov A.V. [et al.], New records of native and alien true bugs (Heteroptera) from Kemerovo Region, Western Siberia, Russia, *Acta Biologica Sibirica*, 2022, No. 8, pp. 483–506, DOI: 10.5281/zenodo.7710448, EDN TIEKUW.
4. Rudoi V.V., Vinokurov N.N., Krugova T.M., New data on true bugs (Heteroptera) from the Tigirek Strict Reserve (Altai Krai, Russia), *Acta Biologica Sibirica*, 2023, No. 9, pp. 755–782, DOI: 10.5281/zenodo.10039143, EDN BLTEWA.
5. Shatalova E.I., *Biologizatsiya zemlepol'zovaniya: pochva, tekhnologii, produktsiya*, Proceedings of the Conference Title, Moscow, 28–31 avgusta 2023 g., Moskovskii gosudarstvennyi universitet imeni M.V. Lomonosova, 2023, pp. 201–203 (In Russ.)
6. Kerzhner I.M., *Poluzhestkokrylye semeistva Nabidae. Fauna SSSR* (Hemiptera of the family Nabidae. Fauna of the USSR), Nauka, 1981, Vol. 13, Iss. 2, Leningrad, 327 p.
7. Petrova V.P., *Shchitniki Zapadnoi Sibiri* (Shield bugs of Western Siberia), Novosibirsk, 1975, 237 p.
8. Asanova R.B., *Poluzhestkokrylye (Heteroptera) Vostochnogo Kazakhstana* (Heteroptera of East Kazakhstan), (Dep. VINITI No7506-V86), Alma-Ata, 1986, 15 p. (In Russ.)
9. Koz'minykh V.O., *Fauna Urala i Sibiri*, 2020, No 1, pp. 13–17, DOI: 10.24411/2411-0051-2020-10102 (In Russ.)
10. Powell G., The biology and control of an emerging shield bug pest, *Pentatoma rufipes* (L.) (Hemiptera: Pentatomidae), *Agricultural and Forest Entomology*, 2020, Vol. 22, No. 4, pp. 298–308, DOI: 10.1111/afe.12408.
11. Cabello T., Gallego Granados J., Fernandez-Maldonado F., Soler A., Beltran D., Parra A., Vila E., The damsel bug *Nabis pseudoferus* (Hem.: Nabidae) as a new biological control agent of the South American Tomato Pinworm, *Tuta absoluta* (Lep.: Gelechiidae), in tomato crops of Spain, *Bulletin IOBC/WPRS*, 2009, Iss. 49, pp. 219–223.

12. Dumont F., Solà M., Provost C., Lucas E., The Potential of *Nabis americanoferus* and *Orius insidiosus* as Biological Control Agents of *Lygus lineolaris* in Strawberry Fields, *Insects*, 2023, No. 14, pp. 385, DOI: 10.3390/insects14040385.
13. Wang T., Zhang P., Ma C., Yasir Ali M., Gao G., Lu Z., Zalucki MP. Is *Orius sauteri* Poppius a Promising Biological Control Agent for Walnut Aphids? An Assessment from the Laboratory to Field, *Insects*, 2021, No. 12 (1), pp. 25, DOI: 10.3390/insects12010025.
14. Razavi N., Ahmadi K., Compatibility assessment between four ethanolic plant extracts with a bug predator *Orius horvathi* (Reuter) (Heteroptera: Anthocoridae) used for controlling the western flower thrips *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae), *Journal of Plant Protection Research*, 2016, No. 56 (1), p. 89–94
15. Kernasa O., Kaewpradit A., Suasa-ard W., Mass-rearing techniques of predatory anthocorid, *Orius minutus* (L.) (Hemiptera: Anthocoridae), *The 46th Kasetsart University Annual Conference*, Bangkok, Thailand, 2008, pp. 46–51.
16. Jun H.J., Kim K.S., Ham E.H., Basic studies aiming at *Orius minutus* (Hemiptera: Anthocoridae) mass-rearing, *Insects*, 2022, 13, No. 1, pp. 77, DOI: 10.3390/insects13010077.
17. Hung Y.T. et al., Comparison of artificial diets and natural prey for mass rearing of *Orius strigicollis* (Hemiptera: Anthocoridae) using demographic characteristics to optimize cost-efficiency, *Journal of Economic Entomology*, 2021, 114, No. 4, pp. 1523–1532, DOI: 10.1093/jee/toab112.
18. Larivière M-C., Wearing CH., *Orius vicinus* (Ribaut) (Heteroptera: Anthocoridae), a predator of orchard pests new to New Zealand, *New Zealand Entomologist*, 1994, No. 17, pp. 17–21, DOI: 10.1080/00779962.1994.9721980.
19. Esenbekova P.A., *Poluzhestkokrylye (Heteroptera) Kazakhstana* (Heteroptera of Kazakhstan), Almaty: Nur-Print, 2013, 349 p.
20. Andreeva I.V., Ul'yanova E.G., Shatalova E.I., *Agrarnaya nauka – sel'skokhozyaistvennomu proizvodstvu Sibiri, Mongolii, Kazakhstana, Belarusi i Bolgarii* (Agricultural science – agricultural production in Siberia, Mongolia, Kazakhstan, Belarus and Bulgaria), Proceedings of the Conference Title, Novosibirsk: SFNTsA RAN, 2019, 77 p. (In Russ.)
21. Deligeorgidis P.N., Predatory effect of *Orius niger* (Wolff)(Hem., Anthocoridae) on *Frankliniella occidentalis* (Pergande) and Thrips tabaci Lindeman (Thysan., Thripidae), *Journal of Applied Entomology*, 2002, Vol. 126, No. 2–3, pp. 82–85, DOI: 10.1046/j.1439-0418.2002.00603.x.
22. Volkov O.G., Meshkov Yu.I., Yakovleva I.N., Razvitie i khishchnichestvo *Picromerus bidens* (Heteroptera: Pentatomidae) na *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera: Chrysomelidae), *Russian Entomological Journal*, 2013, Vol. 22, No. 1, pp. 43–50. (In Russ.)
23. Wang J. et al., Population growth performance of *Arma custos* (Faricius)(Hemiptera: Pentatomidae) at different temperatures, *Journal of Insect Science*, 2022, Vol. 22, No. 5, pp. 12, DOI: 10.1093/jisesa/ieac058.

ВЛИЯНИЕ НОВЫХ АГРОХИМИКАТОВ НА РАЗВИТИЕ ГРИБНЫХ БОЛЕЗНЕЙ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ

Т.К. Шешегова, доктор биологических наук

Л.М. Щеклеина, кандидат сельскохозяйственных наук

Е.Н. Носкова, кандидат сельскохозяйственных наук

ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока им. Н.В. Рудницкого», Киров, Россия

E-mail: immunitet@fanc-sv.ru

Ключевые слова: *Hordeum vulgare* L., КАС-28, Амино Старт, Альфастим, обработка посевов, степень поражения, показатель ПКРБ, эффективность агрохимиката.

Реферат. Исследования выполнены в 2020–2023 гг. в ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока им. Н.В. Рудницкого» (ФАНЦ Северо-Востока). Цель исследований – изучить биологическую эффективность новых агрохимикатов с фиторегуляторными, адаптивными и иммуномодулирующими свойствами при возделывании ярового ячменя в условиях нестабильности климатических факторов в период вегетации растений. Сорты селекции ФАНЦ Северо-Востока Новичок, Памяти Родины, Родник Прикамья в фазу куцения растений обрабатывали органоминеральным удобрением Амино Старт (1 л/га) и карбамидно-аммиачным удобрением КАС-28 (1 л/га), в колошение – регулятором роста Альфастим (0,05 л/га). Проводили учет сетчатой и темно-бурой пятнистости, корневых гнилей по общеизвестным методикам. Сравнение экспериментальных данных вели с контролем (без обработки). Наиболее отзывчивым на химизацию является сорт Памяти Родины, слабо отзывчивым – Родник Прикамья. В защите от сетчатой пятнистости у этих сортов достаточно эффективен регулятор роста Альфастим (развитие болезни в среднем $11,8 \pm 3,61$ % и $16,6 \pm 2,35$ %; на контроле – $13,8 \pm 5,34$ % и $20,3 \pm 3,91$ %), у сорта Новичок – Амино Старт ($6,8 \pm 2,68$ %; на контроле – $8,8 \pm 2,39$ %). Препарат Альфастим обладает также более пролонгированным защитным действием по отношению ко всем гельминтоспориозным болезням, о чем свидетельствует меньшее, чем на контроле, значение показателя ПКРБ: на 5–96 у сорта Памяти Родины, на 30–120 – Родник Прикамья, на 32–118 – Новичок. Можно выделить ингибирующее действие препаратов КАС-28 и Амино Старт у сорта Новичок (развитие болезни $11,8 \pm 3,85$ % и $11,5 \pm 2,16$ %; на контроле – $15,7 \pm 3,79$ %) и КАС-28 у сорта Родник Прикамья (развитие болезни $12,7 \pm 1,65$ %; на контроле – $14,5 \pm 2,89$ %). Установлено, что наибольший вклад в развитие пятнистостей листьев (40,0 и 48,5 %) оказывает совокупное действие факторов «сорт–год–препарат»; корневых гнилей – взаимодействие факторов «сорт–препарат» (23,7 %). Вклад генотипа в развитие гельминтоспориозных болезней ячменя составил от 19,0 до 22,0 %.

INFLUENCE OF NEW AGROCHEMICALS ON THE DEVELOPMENT OF FUNGAL DISEASES OF SPRING BARLEY

T.K. Sheshegova, Doctor of Biological Sciences

L.M. Shchekleina, Candidate of Agricultural Sciences

E.N. Noskova, Candidate of Agricultural Sciences

Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky, Kirov, Russia

E-mail: immunitet@fanc-sv.ru

Keywords: *Hordeum vulgare* L., KAS-28, Amino Start, Alfastim, crop treatment, degree of damage, PCRB index, effectiveness of agrochemical.

Abstract. The research was carried out in 2020–2023. at the Federal State Budgetary Institution FANTS of the North-East. The purpose of the research is to study the biological effectiveness of new agrochemicals with phyto-regulatory, adaptive and immunomodulatory properties when cultivating spring barley under conditions of instability of climatic factors during the plant growing season. The FANC North-East selection varieties Novichok, Pamyati Rodinoy, Rodnik Prikamye were treated during the tillering phase of the plants with the organomineral fertilizer Amino Start (1 l/ha) and the urea-ammonium fertilizer KAS-28, (1 l/ha) at heading - with the growth regulator Alfastim (0.05 l/ha). Net and dark brown spotting and root rot were recorded using well-known meth-

ods. The experimental data were compared with the control (without treatment). The variety Pamyati Rodinoy is the most responsive to chemicalization; the least responsive is Rodnik Prikamye. The growth regulator Alfastim is quite effective in protecting against net spot in these varieties (disease development on average $11.8 \pm 3.61\%$ and $16.6 \pm 2.35\%$; on control – $13.8 \pm 5.34\%$ and $20.3 \pm 3.91\%$), in the Novichok variety – Amino Start ($6.8 \pm 2.68\%$; on the control – $8.8 \pm 2.39\%$). The drug Alfastim also has a more prolonged protective effect against all helminthosporium diseases, as evidenced by the lower PCR value than in the control: by 5-96 for the Pamyati Rodinoy variety, by 30-120 for Rodnik Prikamye, by 32-118 for the variety Pamyati Rodinoy. Newbie. It is possible to highlight the inhibitory effect of the drugs CAS 28 and Amino Start in the Novichok variety (disease development $11.8 \pm 3.85\%$ and $11.5 \pm 2.16\%$; on the control – $15.7 \pm 3.79\%$) and CAS-28 in the Rodnik Prikamyia variety (disease development $12.7 \pm 1.65\%$; on control – $14.5 \pm 2.89\%$). It was found that the greatest contribution to the development of leaf spots (40.0 and 48.5 %) is made by the combined effect of the “variety-year-preparation” factors; root rot – variety-drug interaction (23.7 %). The contribution of the genotype to the development of helminthosporium diseases of barley ranged from 19.0 to 22.0 %.

Яровой ячмень – высокопродуктивная зернофуражная культура, составляющая значительный удельный вес в структуре посевных площадей в Волго-Вятском регионе. При этом более 30 % площадей занято сортами селекции ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока им. Н.В. Рудницкого» (ФАНЦ Северо-Востока), среди которых: кислотовыносливый Новичок, иммунный к пыльной головне Эколог, высокоурожайные Родник Прикамья, Памяти Родины, Форвард и Бионик. Специфичность сельскохозяйственного производства Кировской области, входящей в состав этого региона, заключается в повышенной кислотности почвенного раствора (рН около 5,0), низком естественном плодородии и биологической активности дерново-подзолистых почв [1]. Эти факторы снижают адаптивность ярового ячменя к региональному комплексу стрессоров биотической и абиотической природы, среди которых преобладают болезни грибной этиологии, недостаток или избыток влаги и тепла в критически важные этапы онтогенеза растений. На ячмене известно около 30 болезней, вызываемых более чем 50 видами микроорганизмов [2]. Экономическую значимость в Волго-Вятском регионе Российской Федерации представляют листовые пятнистости: сетчатая (*Drechslera teres* (Sacc.) Shoem., teliomorpha: *Pyrenophora teres* (Died Drechs.) и темно-бурая (*Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoem, teliomorpha: *Cochliobolus sativus* (Ito et Kurib) Drechs. ex Dastur), пыльная головня (*Ustilago nuda* (Jens) Rostr.) и корневые гнили (*B. sorokiniana*+*Fusarium spp.*). Поскольку устойчивость к неспецифическим инфекциям определяется не столько генотипом расте-

ния-хозяина, сколько его физиологическим состоянием и средовыми факторами, то особое внимание нужно уделять улучшению условий выращивания культуры [3]. Современная концепция реализации продукционного потенциала сорта и получения биологически полноценных продуктов питания, экологизации и интенсификации производства заключается в расширении использования сложных удобрений комплексного действия, стимуляторов роста, в том числе с фиторегуляторными, адаптогенными и иммуномодулирующими свойствами [4]. В настоящее время на многих культурах для обеспечения коммерческих перспектив урожайности востребованы агрохимикаты КАС-28, Альфастим, Амино Старт [5–7]. Они особенно актуальны во многих регионах РФ из-за недостаточного применения дорогостоящих азотных удобрений и восполнения почвенных запасов микро- и макроэлементами питания [8, 9]. Агрохимикат КАС-28 – это единственное удобрение, содержащее нитратный, аммонийный и амидный азот без свободного аммиака, что обеспечивает постепенное и постоянное питание растений [10]. Снижение непроизводительных потерь азота за счет оптимизации азотного питания уменьшает количество химикатов на полях и в зернопродукции и повышает рентабельность производства растениеводства. Агрохимикат Амино Старт, содержащий специальный состав макро- и микроэлементов с аминокислотами и олигопептидами, усиливает стрессоустойчивость и активизирует естественный иммунитет генотипа. Стимулятор роста Альфастим обладает также свойствами антиоксиданта, адаптогена и иммуномодулятора [11]. Применение новых агрохимикатов в технологии возде-

львания ярового ячменя приводит к улучшению питания, роста и развития растений, позволяет в полной мере раскрыть генетический потенциал в реализации повышения качества зерна, адаптивности и продуктивности растений. Однако несмотря на очевидные перспективы таких препаратов в прикладной сфере, практическое применение их является достаточно сложной задачей, часто с непредсказуемым результатом вследствие возможного влияния агроклиматических факторов на эффективность действующих веществ. Как правило, препараты используются для обработки посевов в разные фазы развития [6]. Далее изучаются особенности онтогенеза растений в этих условиях, уровень устойчивости к биотическим и абиотическим стрессорам, урожайность и показатели качества зерна.

Цель исследований – изучить влияние новых агрохимикатов комплексного действия на фитосанитарное состояние посевов разных сортов ярового ячменя в условиях нестабильности климатических факторов.

В задачи исследований входило:

- оценить развитие гельминтоспориозных болезней ячменя при обработке посевов в фазу кущения и колошения растений новыми агрохимикатами КАС-28, Альфастим и Амино Старт;
- на основании результатов многофакторного дисперсионного анализа рассчитать вклад факторов «генотип», «год», «агрохимикат» в развитие корневых гнилей и пятнистостей (сетчатая, темно-бурая);
- обосновать особенности применения изучаемых агрохимикатов в зависимости от сорта и климатических факторов в период вегетации растений.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования выполнены в ФАНЦ Северо-Востока в 2020–2023 гг. Почва в опыте типичная для Кировской области – дерново-подзолистая, среднесуглинистая при следующих агрохимических показателях: содержание гумуса – 2,43 %, подвижного фосфора – 360 мг/кг, обменного калия – 210 мг/кг почвы, рН солевой вытяжки – 5,7. Технология возделывания ярового ячменя общепринятая для Волго-Вятского региона: посев по чистому пару, отвальная

вспашка (ПЛН-3-35), культивация (КПС-4), боронование (СГ-8), прикатывание (КЗК-6). В течение вегетации растений проводили рыхление междурядий и дорожек с целью аэрации почвы и удаления сорняков. Опыт заложен в соответствии с методикой государственного сортоиспытания [12] на трех сортах ярового ячменя селекции ФАНЦ Северо-Востока: Новичок (кислотовыносливый, практически устойчив к пыльной головне, умеренно устойчив к корневым гнилям), Родник Прикамья и Памяти Родины (среднеустойчивы к корневым гнилям, ценные по качеству зерна). Площадь делянок 15 м² (учетная 10 м²), повторность 4-кратная. Под предпосевную культивацию вносили минеральные удобрения N₂₅P₄K₄ (азофоска). Уборка урожая проводилась селекционным комбайном Wintersteiger в фазу полной восковой спелости зерна.

Объектом исследований были: стимулятор роста Альфастим, карбамидно-аммиачное удобрение КАС-28 и органоминеральное – Амино Старт. Массовая доля азота в КАС-28 составляет 28 %, в том числе нитратного – 12,8±0,4 %, амидного – 10,6±0,3 %, аммонийного – 4,8±0,2 % [5]. В состав стимулятора роста Альфастим входят: тритерпеновые кислоты (100 г/л), L-аминокислоты (50 г/л), карбогидраты (50 г/л), ауксино-цитокининовый комплекс (10 г/л), мембранноактивные вещества (10 г/л), витамины (B1, B7, PP – 5 г/л). Препарат регулирует усвоение и использование питательных элементов, стимулирует выделения корневой системы и повышает проницаемость клеточных стенок корней. Обладает иммуностимулирующим действием. Повышает устойчивость к водному дефициту, солевому и химическому стрессам. В состав органоминерального удобрения Амино Старт входят: L-аминокислоты (200 г/л), азот (N общий – 130 г/л), фосфор (P₂O₅ – 75 г/л), калий (K₂O – 25 г/л), магний (MgO – 15 г/л), железо (Fe – 6 г/л), марганец (Mn – 3 г/л), цинк (Zn – 3 г/л), медь (Cu – 3 г/л), бор (B – 3 г/л), молибден (Mo – 1 г/л), кобальт (Co – 0,05 г/л). Препарат стимулирует рост корневой системы и продуктивное кущение, усиливает стрессоустойчивость растений.

Схема опыта:

- 1 – контроль (без обработки);
- 2 – Амино Старт, 1 л/га (подкормка в фазу кущения);
- 3 – КАС-28, 1,0 л/га (подкормка в фазу кущения);
- 4 – Альфастим, 0,05 л/га (подкормка в фазу колошения).

Расход рабочей жидкости — 300 л/га. Для обработки полянок использовали ручной ранцевый опрыскиватель «Жук-5».

В течение вегетации растений проводили фитосанитарный мониторинг и ежегодный учет основных болезней грибной этиологии (сетчатая и темно-бурая пятнистости, корневые гнили). Кроме того, для оценки динамики их нарастания под действием изучаемых препаратов в 2020 г. учет болезней проводили несколько раз за вегетацию, приурочивая к фазам: «выход в трубку», «появление флаг-листа», «колошение», «молочная спелость», «восковая спелость». Далее рассчитывали относительный показатель ПКРБ (площадь под кривой развития болезни) и по его значению оценивали скорость нарастания инфекции в вариантах опыта [13]. Чем меньше значения ПКРБ, тем медленнее идет инфекционный процесс и выше индуцированная устойчивость в конкретном сортовом биоценозе. При оценке пораженности болезнями пользовались шкалами М.Ф. Григорьева [14], Н.А. Родиной и З.Г. Ефремовой [15]. Гидротермический коэффициент (ГТК) рассчитывали по Г.Т. Селянинову [16] для основных межфазных периодов онтогенеза растений, отражающих их рост и развитие, с тем, чтобы выяснить возможное влияние погодных условий на проявление болезней. Величину ГТК определяли по формуле $ГТК = Zr / 0,1 Zt$, где Zr – сумма осадков за вегетационный период, мм; Zt – сумма активных температур за тот же период. По величине ГТК определяли тип увлажнения: менее 0,4 – сухой; 0,4–0,7 – очень засушливый; 0,7–1,0 – засушливый; 1,0–1,3 – недостаточное увлажнение; 1,3–1,6 – нормальное увлажнение; более 1,6 – избыточное увлажнение.

Статистическая обработка проведена методом дисперсионного анализа с использованием пакета программ статистического и биометрико-генетического анализа в растениеводстве и

селекции AGROS (версия 2.07) и программы Microsoft Excel. Для оценки информативности и значимости факторов, влияющих на фитосанитарное состояние посевов ячменя, использовали результаты многофакторного дисперсионного анализа.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Следует отметить значительную нестабильность климатических факторов в период вегетации растений ячменя. Судя по уровню ГТК от всходов до восковой спелости зерна (2020 г. – 1,60; 2021 г. – 1,30; 2022 г. – 2,10; 2023 г. – 2,00), годы исследований можно считать достаточно и избыточно увлажненными. Однако в разные этапы онтогенеза растений погодные условия варьировали от остро засушливых до избыточно увлажненных. Так, в 2020 г. условия увлажнения от всходов до второго-третьего междоузлия были избыточными (ГТК = 3,93), от флаг-листа до молочной спелости – недостаточными (ГТК = 0,98). Контрастные погодные условия сложились и в 2023 г.: в начале онтогенеза растений – недостаток влаги (ГТК = 0,87), но дальнейший рост, закладка генеративных органов и колошение осуществлялось в условиях избыточного и достаточного увлажнения (ГТК = 5,23 – выход в трубку – флаг-лист; ГТК = 1,44 – флаг-лист – колошение). В 2022 г. увлажнение растений от кущения до флаг-листа было достаточным (ГТК = 1,38). От флаг-листа до колошения – избыточным (ГТК = 2,85). Налив зерна во все годы проходил при жаркой и сухой погоде (ГТК = 0,80–0,86).

В этих достаточно контрастных погодных условиях лишь сорт Новичок сохранял присущую этому генотипу устойчивость к гельминтоспориозным пятнистостям листьев при развитии болезней на контроле не более 13,5 % (табл. 1). Сорт Памяти Родиной характеризуется как высокоустойчивый к темно-бурой пятнистости и среднеустойчивый – к сетчатой (развитие болезни 10,0 и 24,0 %), а Родник Прикамья соответственно среднеустойчивый и восприимчивый (16,5 и 26,7 %).

Степень поражения сортов гельминтоспориозными пятнистостями листьев, %
Degree of damage to varieties by helminthosporium leaf spots, %

| Препарат | Темно-бурая пятнистость | | | | Сетчатая пятнистость | | | |
|------------------------|-------------------------|---------|---------|-----------|----------------------|---------|---------|-----------|
| | 2020 г. | 2021 г. | 2023 г. | Среднее | 2020 г. | 2021 г. | 2023 г. | Среднее |
| <i>Памяти Родины</i> | | | | | | | | |
| Контроль | 10,0 | 7,6 | 8,4 | 8,7±0,71 | 24,0 | 11,3 | 6,0 | 13,8±5,34 |
| КАС-28 | 12,4 | 8,6 | 8,0 | 9,7±1,38 | 22,0 | 10,3 | 6,5 | 12,9±4,66 |
| Амино Старт | 10,0 | 8,3 | 8,0 | 8,8±0,62 | 19,0 | 10,8 | 7,4 | 12,4±3,44 |
| Альфастим | 11,0 | 8,2 | 8,9 | 9,4±0,84 | 19,0 | 9,0 | 7,5 | 11,8±3,61 |
| НСР ₀₅ | 0,3 | 1,0 | 0,4 | | 2,2 | 1,5 | 0,5 | |
| <i>Новичок</i> | | | | | | | | |
| Контроль | 12,5 | 8,0 | 8,5 | 9,7±1,42 | 5,8 | 13,5 | 7,0 | 8,8±2,39 |
| КАС-28 | 13,2 | 9,9 | 8,8 | 10,6±1,32 | 4,0 | 13,4 | 7,0 | 8,1±2,77 |
| Амино Старт | 13,0 | 8,9 | 11,0 | 10,9±1,18 | 1,8 | 11,0 | 7,5 | 6,8±2,68 |
| Альфастим | 11,0 | 9,0 | 11,0 | 10,3±0,67 | 5,8 | 10,7 | 12,0 | 9,5±2,64 |
| НСР ₀₅ | 0,5 | 0,8 | 0,8 | | 2,1 | 1,3 | 2,2 | |
| <i>Родник Прикамья</i> | | | | | | | | |
| Контроль | 8,8 | 9,4 | 16,5 | 11,6±2,47 | 26,7 | 13,2 | 20,9 | 20,3±3,91 |
| КАС-28 | 11,0 | 11,0 | 16,5 | 12,8±1,83 | 25,0 | 14,3 | 20,0 | 19,7±3,09 |
| Амино Старт | 11,0 | 8,4 | 17,8 | 12,4±2,80 | 22,0 | 12,5 | 20,6 | 18,3±2,96 |
| Альфастим | 8,0 | 9,0 | 20,5 | 12,5±4,01 | 19,5 | 12,0 | 18,5 | 16,6±2,35 |
| НСР ₀₅ | 1,7 | 2,1 | 2,0 | | 1,1 | 1,7 | 2,9 | |

Фитосанитарное состояние посевов в опытных вариантах зависело как от изучаемых препаратов и сорта, так и от условий вегетации растений. Наиболее отзывчивым на варианты химизации можно считать сорт Памяти Родины, занимающий промежуточное положение по восприимчивости к гельминтоспориозным пятнистостям, у которого статистически значимое снижение степени поражения болезнями отмечено в восьми случаях из двенадцати. Слабая отзывчивость обнаружена у наиболее восприимчивого сорта Родник Прикамья при достоверном снижении болезней только в четырех случаях. В среднем за три года наиболее эффективным в защите от сетчатой пятнистости ячменя Памяти Родины и Родник Прикамья был регулятор роста Альфастим (развитие болезни 11,8±3,61 % и 16,6±2,35 %; на контроле – 13,8±5,34 % и 20,3±3,91 %), сорта Новичок – органоминеральное удобрение Амино Старт (6,8±2,68 %; на контроле – 8,8±2,39 %). Не выявлено значимых плюс-минус изменений развития темно-бурой пятнистости под

действием изучаемых препаратов. Известно, что доступность азота за счет некорневой подкормки карбамидно-аммиачной смесью КАС-28 индуцирует увеличение площади листьев, особенно в нижнем ярусе стеблестоя, где формируется более благоприятный микроклимат для гембиотрофных фитопатогенов [5]. Это приводило, как правило, к усилению поражения тест-сортов гельминтоспориозными пятнистостями независимо от действия препарата и условий вегетации растений.

Что касается корневых гнилей, то характер их проявления в значительной мере определяли абиотические условия (табл. 2). В наших исследованиях наибольшее распространение и развитие корневых гнилей отмечено при недостаточном увлажнении 2021 г. (ГТК–1,30), когда все тест-сорта проявили среднюю устойчивость к болезни (развитие болезни на контроле 23,8; 22,1; 24,0 %). Как правило, изменение влажности среды приводит и к изменчивости внутримикробных консорциумов и растительно-микробных взаимоотношений. Ранее отмечалось

[17], что фитопатологическое значение основного возбудителя корневых гнилей ячменя – гриба *Bipolaris sorokiniana* возрастает в более засушливых условиях среды. С повышением влажности жизнеспособность конидий патогена сокращается под действием антагонизма со стороны другой ризосферной микрофлоры. В исследованиях В.Ю. Шахназаровой с соавторами [18] показано, что для другого возбудителя болезни – *Fusarium culmorum* также наиболее благоприятна влажность почвы на уровне 15–25 % от полной влагоемкости, при 60%-й наблюдается лизис мицелиальных гиф.

Изучаемые агрохимикаты проявили однозначное и относительно слабое защитное действие. Лишь в трех случаях из шестнадцати достоверно по отношению к контролю отмечали снижение развития корневых гнилей. При этом у сорта Новичок все препараты осуществляли значимый биоконтроль болезни в 2020 и 2023 гг., а Амино Старт – и в 2021 г.; у сортов Памяти Родины и Родник Прикамья в 2021 г. эффективными были соответственно Альфафастим и КАС-28. Однако в среднем за четыре года наблюдений влияние фактора «год»

практически нивелировалось. Можно выделить лишь ингибирующее действие препарата КАС-28 и Амино Старт у сорта Новичок (развитие болезни 11,8±3,85 % и 11,5±2,16 %; на контроле – 15,7±3,79 %) и КАС-28 у сорта Родник Прикамья (развитие болезни 12,7±1,65 %; на контроле – 14,5±2,89 %). Следует отметить, что совокупное действие трех форм азота удобрения КАС-28 обеспечивает пролонгированное питание растений. При этом на процесс превращения азота большое влияние оказывает температура среды, поскольку в этом участвуют почвенные микроорганизмы, для которых чем она выше, тем быстрее переход одной формы в другую, а избыток влаги вымывает нитратный азот ниже корнеобитаемого слоя [19]. В избыточно увлажненном 2022 г. все изменения в распространении и развитии корневых гнилей на тест-сортах ячменя статистически не доказаны. Таким образом, можно полагать, что иммуномодулирующие свойства новых агрохимикатов сильнее проявляются в условиях недостаточного увлажнения в период вегетации растений.

Таблица 2

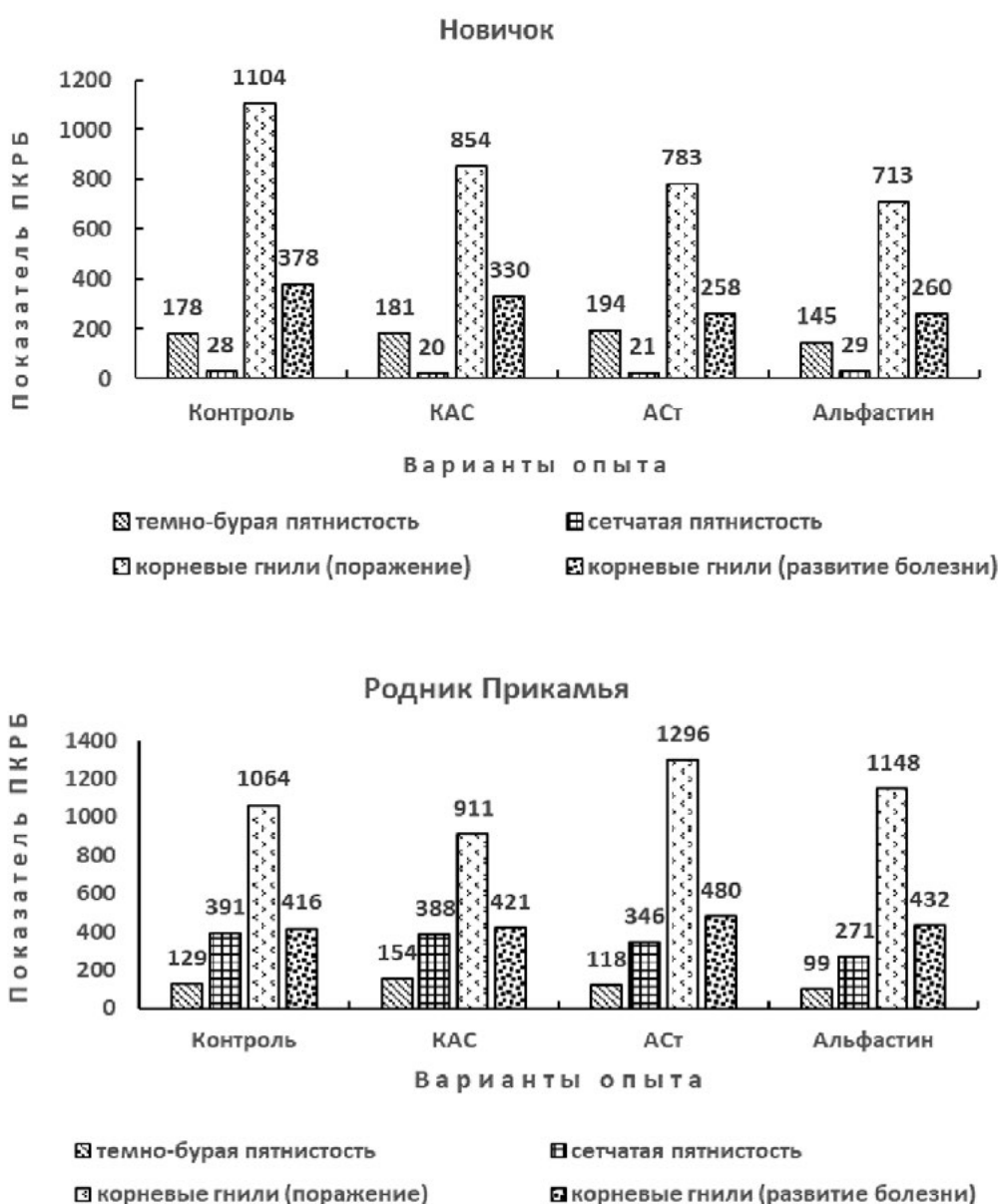
Влияние средств химизации на проявление корневых гнилей у сортов ячменя
The influence of chemical agents on the manifestation of root rot in barley varieties

| Препарат | Поражение, % | | | | | Развитие болезни, % | | | | |
|----------------------|--------------|---------|---------|---------|-----------|---------------------|---------|---------|---------|-----------|
| | 2020 г. | 2021 г. | 2022 г. | 2023 г. | Среднее | 2020 г. | 2021 г. | 2022 г. | 2023 г. | Среднее |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| <i>Памяти Родины</i> | | | | | | | | | | |
| Контроль | 46,1 | 60,7 | 50,0 | 44,3 | 50,3±3,67 | 13,8 | 23,8 | 13,9 | 16,6 | 17,0±2,35 |
| КАС-28 | 53,6 | 51,0 | 41,6 | 51,0 | 49,3±2,64 | 20,8 | 20,0 | 12,9 | 21,0 | 18,6±1,94 |
| Амино Старт | 56,7 | 55,4 | 40,1 | 48,4 | 50,1±3,81 | 17,6 | 22,1 | 13,4 | 20,3 | 18,3±1,89 |
| Альфафастим | 35,5 | 58,4 | 58,1 | 55,5 | 51,8±5,50 | 13,7 | 18,7 | 18,4 | 18,6 | 17,3±1,22 |
| НСР ₀₅ | 14,9 | 11,0 | 11,9 | 3,8 | | 2,8 | 2,0 | Fф<Fт | 3,9 | |
| <i>Новичок</i> | | | | | | | | | | |
| Контроль | 48,7 | 57,1 | 25,0 | 31,0 | 40,4±7,49 | 18,8 | 24,0 | 6,2 | 13,8 | 15,7±3,79 |
| КАС-28 | 39,4 | 62,5 | 18,3 | 25,0 | 36,3±9,78 | 11,3 | 22,6 | 4,6 | 8,8 | 11,8±3,85 |
| Амино Старт | 31,2 | 42,9 | 35,4 | 23,6 | 33,2±4,03 | 12,7 | 17,0 | 9,5 | 7,0 | 11,5±2,16 |
| Альфафастим | 34,0 | 66,4 | 30,8 | 25,0 | 39,0±9,30 | 13,3 | 23,0 | 12,1 | 9,0 | 14,3±3,02 |
| НСР ₀₅ | 13,1 | 14,0 | Fф<Fт | 3,1 | | 1,3 | 3,0 | 5,0 | 1,8 | |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|------------------------|------|------|-------|-------|-----------|------|------|-------|-------|-----------|
| <i>Родник Прикамья</i> | | | | | | | | | | |
| Контроль | 43,1 | 57,0 | 25,0 | 28,8 | 38,5±7,30 | 15,8 | 22,1 | 10,0 | 10,0 | 14,5±2,89 |
| КАС-28 | 34,8 | 48,2 | 23,3 | 34,4 | 35,2±5,09 | 15,9 | 14,4 | 8,3 | 12,4 | 12,7±1,65 |
| Амино Старт | 49,0 | 60,0 | 34,7 | 33,1 | 44,2±6,36 | 18,4 | 24,5 | 9,9 | 10,9 | 15,9±3,43 |
| Альфастим | 44,2 | 55,0 | 34,7 | 27,8 | 40,4±5,91 | 16,4 | 20,0 | 9,6 | 7,8 | 13,4±2,86 |
| НСР ₀₅ | 7,3 | 10,0 | Fф<Fт | Fф<Fт | | 0,3 | 5,0 | Fф<Fт | Fф<Fт | |

Для оценки длительности возможного защитного действия агрохимикатов в 2020 г. проведен сезонный мониторинг развития гель-

минтоспориозных болезней и проанализирована динамика нарастания их в сортовых биоценозах (рисунок).





Динамика нарастания гельминтоспориозных болезней у сортов ярового ячменя под влиянием агрохимикатов
Dynamics of increase in helminthosporium diseases in spring barley varieties under the influence of agrochemicals

Судя по показателю ПКРБ, относительно медленное нарастание всех видов микозов было после обработки посевов стимулятором роста Альфасти. В этом варианте значения ПКРБ были минимальными у сорта Памяти Родины по развитию корневых гнилей, темно-бурой и сетчатой пятнистостей (343; 145 и 266; на контроле – 348; 133 и 362), Родник Прикамья – по пятнистостям листьев (99 и 271; на контроле – 129 и 391), Новичок – по развитию корневых

гнилей и темно-бурой пятнистости (145 и 260; на контроле – 178 и 378). Вероятно, фитопротекторное действие этого препарата индуцирует естественный иммунитет генотипа и замедляет патологические процессы.

Статистическая обработка экспериментальных данных показала различный вклад изучаемых факторов (сорт, условия года, агрохимикат) в изменчивость иммунологических признаков ячменя (табл. 3).

Таблица 3

Вклад фиксированных и случайных факторов в изменчивость развития гельминтоспориозных болезней ячменя

Contribution of fixed and random factors to variability development of helminthosporium diseases of barley

| Признак | A – сорт | B – год | C – агрохимикат | AB | AC | BC | ABC | Случайные факторы |
|--|----------|---------|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------------------|
| Степень поражения сетчатой пятнистостью | 22,0* | 2,5 | 2,5 | 10,2 | 10,5 | 12,0 | 40,0* | 0,3 |
| Степень поражения темно-бурой пятнистостью | 19,0* | 1,0 | 4,7 | 5,7 | 0,6 | 19,8* | 48,5* | 0,7 |
| Поражение корневыми гнилями | 21,1* | 0,5 | 23,7* | 2,5 | 22,1* | 8,0 | 21,8* | 0,3 |
| Степень поражения корневыми гнилями | 19,8* | 1,5 | 20,8* | 13,9* | 23,7* | 3,8 | 16,3* | 0,2 |

* – значимо на уровне 0,05.

Так, на развитие гельминтоспориозных пятнистостей наибольшее влияние оказывает совокупное действие всех факторов – доля АВС 40,0 и 48,5 %. Существенный вклад в изменчивость этого признака оказывает также сорт – 22,0 и 19,0 %, а в развитии темно-бурой пятнистости – взаимодействие «год-агрохимикат» – 19,8 %. Вклад других факторов в проявление пятнистостей листьев несущественен. Поражение ячменя корневыми гнилями практически в равной мере определяют: сорт – 21,1 %, агрохимикат – 23,7 % и их взаимодействие – 22,1%, а также влияние всех факторов – 21,8 %. На степень поражения корневыми гнилями достоверно влияют пять факторов: сорт – 19,8 %, агрохимикат – 20,8 % и их взаимодействие – 23,7 %, а также взаимодействия АВ – 13,9 % и АВС – 16,3 %. Влияние условий года на изменчивость иммунологических признаков статистически незначимо, что свидетельствует о выраженной генетической детерминированности устойчивости и биологической эффективности изучаемых агрохимикатов. Однако следует отметить, что данные, приведенные в табл. 3, не являются обобщающими. Они отражают основные тенденции в изменении вклада генотипа, агрохимиката и абиотических условий в общую совокупность фиксированных факторов, степень влияния которых может изменяться при увеличении периода наблюдений и с расширением сортимента и агрохимикатов.

ВЫВОДЫ

1. В целом работа с новыми агрохимикатами носит индивидуальный характер в зависимости от сорта ячменя и средовых факторов. Наиболее отзывчивым на варианты химизации можно считать среднеустойчивый к гельминтоспориозным пятнистостям сорт Памяти Родины, слабо отзывчивым – восприимчивый Родник Прикамья. У этих сортов в защите от сетчатой пятнистости достаточно эффективен регулятор роста Альфастим (развитие болезни – $11,8 \pm 3,61$ % и $16,6 \pm 2,35$ %; на контроле – $13,8 \pm 5,34$ % и $20,3 \pm 3,91$ %), у сорта Новичок – органоминеральное удобрение Амино Старт (развитие болезни – $6,8 \pm 2,68$ %; на контроле – $8,8 \pm 2,39$ %). При этом препарат Альфастим обладает более пролонгированным защитным действием по отношению ко всем гельминтоспориозным болезням ячменя.

2. Обнаружено повышение биоконтроля корневых гнилей под действием изучаемых препаратов в условиях некоторого недостатка влаги во второй половине вегетации растений. Наибольший вклад в развитие пятнистостей листьев оказывает совокупное действие факторов «сорт–год–препарат» (доля фактора 40,0–48,5 %), а корневых гнилей – взаимодействие «сорт–препарат» (доля фактора 22,1–23,7 %).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Молодкин В.Н., Бусыгин А.С. Плодородие пахотных Кировской области почв // Земледелие. – 2016. – № 8. – С. 16–18.
2. Афанасенко О.С. Устойчивость ячменя к гембиотрофным патогенам // Идентифицированный генофонд растений и селекция. СПб.: ВИР, 2005. – С. 592–615.
3. Шешегова Т.К., Щеклеина Л.М. Фитопатогенная биота в условиях потепления климата (обзор) // Теоретическая и прикладная экология. – 2022. – № 3. – С. 6–13. – DOI: 10.25750/1995-4301-2022-3-006-013.
4. Зыков С.А. Биопрепараты в современной земледелии // АгроФорум. – 2019. – № 3. – С. 21–27.
5. Изменение параметров фотосинтетического аппарата и продуктивности пленчатого овса при использовании жидкого минерального удобрения / Г.А. Баталова, Е.М. Лисицын, Е.Н. Вологжанина, Г.П. Журавлева // Вестник Марийского государственного университета. Сер. Сельскохозяйственные науки. Экономические науки. – 2020. – Т. 6, № 2. – С. 137–146. – DOI: 10.30914/2411-9687-2020-6-2-137-146.
6. Влияние дозы и времени обработки препаратом «КАС 28» на развитие растений овса / Г.А. Баталова, Е.М. Лисицын, Е.Н. Вологжанина, Г.П. Журавлева // Таврический вестник аграрной науки. – 2021. – № 4 (28). – С. 9–21. – DOI: 10.33952/2542-0720-2021-4-28-9-21.
7. Отзывчивость ярового ячменя сорта Новичок на основные элементы технологии возделывания / Е.Н. Носкова, Л.М. Козлова, Ф.А. Попов, Е.В. Светлакова // Методы и технологии в селекции

- растений и растениеводстве: мат-лы VII Междунар. науч.-практ. конф. Киров: ФАНЦ Северо-Востока, – 2021. – С. 258–263.
8. Шабает В.П. Бактерии могут заменить минеральные удобрения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.argo-shop.com.ua/article-7780.html?ysclid=ldy6p6k7is172067961> (дата обращения: 20.01.2023).
 9. Шешегова Т.К., Щеклеина Л.М., Серкова Г.А. Новые биоудобрения в технологии возделывания яровых зерновых культур // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2023. – № 2. – С. 125–132. – DOI: 10.31677/2072-6724-2023-67-2-125-132.
 10. Evaluation of urea ammonium nitrate application on the performance of wheat / P.K. Sundaram, I. Mani, S.D. Lande, R.A. Parray // Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci. – 2019. – Vol. 8 (01). – P. 1956–1963. – DOI: 10.20546/ijcmas.2019.801.205.
 11. Стимуляторы роса [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pr-agro.ru/catalog/alfastim/> (дата обращения: 24.01.2024).
 12. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып. 2, Ч. 2. – М., 1985. – 230 с.
 13. Johnson D.F., Wilcoxson R.D. A table of areas under disease progress curves // Technical Bulletin, Texas Agriculture Experiment Station. Texas. – 1981. – Vol. 137. – P. 2–10.
 14. Григорьев М.Ф. Методические указания по изучению устойчивости зерновых культур к корневым гнилям. – Л., 1976. – 60 с. (In Russ.)
 15. Родина Н.А., Ефремова З.Г. Методические рекомендации по селекции ячменя на устойчивость к болезням и их применение в НИИСХ Северо-Востока. – М., 1986. – 79 с.
 16. Чирков Ю.И. Агрометеорология: учеб., – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 296 с.
 17. Сидоров А.А. Корневые гнили зерновых культур (этиология, патогенез, сортоустойчивость, защита от болезни): автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – М., 2003. – 34 с.
 18. Шахназарова В.Ю., Струнникова О.К., Вишневецкая Н.А. Влияние влажности на развитие *Fusarium culmorum* в почве // Микология и фитопатология. – 1999. – Т. 33. – Вып. 1. – С. 53–59.
 19. Филиппова Л.С. Круговорот азота и его соединений в почве // Международный научно-исследовательский журнал. – 2023. – № 8 (134). – DOI: 10.23670/IRJ.2023.134.37. – URL: <https://research-journal.org/archive/8-134-2023-august/10.23670/IRJ.2023.134.37> (дата обращения: 21.01.2024).

REFERENCES

1. Molodkin V.N., Busygin A.S., *Zemledelie*, 2016, No. 8, pp. 16–18. (In Russ.)
2. Afanasenko O.S., *Identificirovannyj genofond rastenij i selekciya* (Identified gene pool of plants and selection), Sanct-Peterburg: VIR, 2005, pp. 592–609.
3. Sheshhegova T.K., Shchekleina L.M., *Teoreticheskaya i prikladnaya ehkologiya*, 2022, No. 3, pp. 6–13, DOI: 10.25750/1995-4301-2022-3-006-013. (In Russ.)
4. Zykov S.A., *AgrOForum*, 2019, No. 3, pp. 21–27. (In Russ.)
5. Batalova G.A., Lisitsyn E.M., Vologzhanina E.N., Zhuravleva G.P., *Vestnik Mariiskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya Sel'skokhozyaistvennyye nauki. Ehkonomicheskie nauki*, 2020, T. 6, No. 2, pp. 137–146. DOI: 10.30914/2411-9687-2020-6-2-137-146. (In Russ.)
6. Batalova G.A., Lisitsyn E.M., Vologzhanina E.N., Zhuravleva G.P., *Tavrisheskii vestnik agrarnoi nauki*, 2021, No. 4(28), pp. 9–21, DOI: 10.33952/2542-0720-2021-4-28-9-21. (In Russ.)
7. Noskova E.N., Kozlova L.M., Popov F.A., Svetlakova E.V., *Metody i tekhnologii v selektsii rastenii i rasnievodstve* (Methods and technologies in plant breeding and crop production), Proceedings of the Conference Title, 2021, pp. 258–263. (In Russ.)
8. Shabaev V.P., *Bakterii mogut zamenit' mineral'nye udobreniya* (Bacteria can replace mineral fertilizers), Ehlektronnyi resurs: <https://www.argo-shop.com.ua/article-7780.html?ysclid=ldy6p6k7is172067961> (data obrashcheniya 20.01.2023). (In Russ.)
9. Sheshhegova T.K., Shchekleina L.M., Serkova G.A., *Vestnik NGAU (Novosibirskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet)*, 2023, No. 2, pp. 125–132, <https://doi.org/10.31677/2072-6724-2023-67-2-125-132>. (In Russ.)

10. Sundaram P.K., Mani I., Lande S.D., Parray R.A., Evaluation of urea ammonium nitrate application on the performance of wheat, *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.*, 2019, Vol. 8(01), pp. 1956–1963, DOI: 10.20546/ijemas.2019.801.205.
11. *Stimulyatory rosta*, Ehlektronnyi resurs: <https://pr-agro.ru/catalog/alfastim/> (data obrashcheniya 24.01.2024 g.). (In Russ.)
12. *Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyaistvennykh kul'tur* (Methodology of state variety testing of agricultural crops), Moscow, 1985, Vyp. 2, CH. 2, 230 p.
13. Johnson D.F., Wilcoxson R.D., A table of areas under disease progress curves, *Technical Bulletin*, Texas Agriculture Experiment Station. Texas. 1981, Vol. 137, pp. 2 – 10.
14. Grigor'ev M.F., *Metodicheskie ukazaniya po izucheniyu ustoichivosti zernovykh kul'tur k kornevym gnilyam* (Guidelines for studying the resistance of grain crops to root rot), Leningrad, 1976, 60 p.
15. Rodina N.A., Efremova Z.G., *Metodicheskie rekomendatsii po selektsii yachmenya na ustoichivost' k bolezniam i ikh primenenie v NIISKH Severo-Vostoka* (Methodical recommendations for breeding barley for resistance to diseases and their application in the North-East Research Institute of Agriculture), Moscow, 1986, 79 p.
16. Chirkov YU.I., *Agrometeorologiya* (Agrometeorology), Leningrad: Gidrometeoizdat, 1986, 296 p.
17. Sidorov A.A., *Kornevye gnili zernovykh kul'tur* (ehtiologiya, patogenez, sortoustoichivost', zashchitv ot bolezni), Doctor Thesis. Moscow., 2003, 34 p.
18. Shakhnazarova V.YU., Strunnikova O.K., Vishnevskaya N.A., *Mikologiya i fitopatologiya*, 1999, T. 33, Vyp. 1, pp. 53–59. (In Russ.)
19. Filippova L.S., *Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal*, 2023, No. 8 (134), DOI: 10.23670/IRJ.2023.134.37. (In Russ.)

ВЕТЕРИНАРИЯ, ЗООТЕХНИЯ И БИОТЕХНОЛОГИЯ

DOI: 10.31677/2072-6724-2024-72-3-134-145

УДК 636.082.2

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ПОДБОРА НА МОЛОЧНУЮ ПРОДУКТИВНОСТЬ КОРОВ КОСТРОМСКОЙ ПОРОДЫ

Н.С. Баранова, доктор сельскохозяйственных наук, профессор;

А.А. Королев, кандидат сельскохозяйственных наук

Д.С. Казаков, старший преподаватель

Костромская государственная сельскохозяйственная академия, пос. Караваяево, Россия

E-mail: baranova-ns2@yandex.ru

Ключевые слова: костромская порода, племенные хозяйства, внутрилинейное разведение, кросс линий, молочная продуктивность.

Реферат. В статье изучено влияние гомогенного и гетерогенного подборов на молочную продуктивность коров-первотелок (удой, содержание жира и белка в молоке). Объект исследований – крупный рогатый скот костромской породы. Методами исследований послужили зоотехнические, популяционно-генетические и аналитические с использованием компьютерных программ ИАС «СЕЛЭКС» – Многохозяйственный и ВОН-MilkРегион. Современная племенная база крупного рогатого скота в Костромской области представлена тремя племенными заводами и двумя племенными репродукторами. В 2022 г. в АО «Племзавод «Караваяево» получили 9297 кг молока на корову, в племенном репродукторе ООО «Минское» – 7371 кг молока, а в СПК Колхоз «Родина», СПК «Гридино» и ООО «Агрофирма «Планета» – более 6000 кг молока. Рекордные показатели по удою достигают 15000 кг молока и более за 305 дней лактации. Перспективными в костромской породе определены: линии Ладка 2537 и Курса 3722, родственные группы Мастера 106902, Меридиана 90927 и Концентра 106157. Для совершенствования продуктивных качеств молочного скота необходимо применять как внутрилинейный подбор, так и кросс линий с учетом их сочетаемости. В племенных хозяйствах, используя гомогенный подбор, высокие показатели продуктивности получены: по удою – от первотелок родственных групп Лейрда, Концентра и Меридиана, по содержанию жира и белка в молоке – Лейрда и Ладка. При гетерогенном подборе выявлены лучшие сочетания в разрезе хозяйств.

IMPACT OF DIFFERENT TYPES OF SELECTION ON THE MILK PRODUCTIVITY OF KOSTROMA BREED COWS

N.S. Baranova, Doctor of Agricultural Sciences, Professor

A.A. Korolev, Candidate of Agricultural Sciences

D.S. Kazakov, Senior Lecturer

Kostroma State Agricultural Academy, Karavaevo, Russia

E-mail: baranova-ns2@yandex.ru

Keywords: Kostroma breed, breeding farms, internal line breeding, cross-lines, milk productivity.

Abstract. The article studies the influence of homogeneous and heterogeneous selection on the milk productivity of first-calf cows (milk yield, fat and protein content in milk). The object of research is cattle of the Kostroma breed. The research methods were zootechnical, population-genetic and analytical using computer programs IAS "SELEX" Multifarm and BON-MilkRegion. The modern cattle breeding base in the Kostroma region is represented by three breeding plants and two breeding reproducers. In 2022, the Karavaevo Breeding Farm JSC received 9,297 kg of milk per cow, the Minskoe LLC pedigree reproducer received 7,371 kg of milk, and the Rodina collective farm, Gridino and Agrofirma Planet LLC received more 6000 kg of milk. Record milk yields reach 15,000 kg of milk or more in 305 days of lactation. The following lines have been identified as promising in the Kostroma breed: lines Ladka 2537 and Kursa 3722, related groups Master 106902, Meridian 90927 and Concentrate 106157. To improve the productive qualities of dairy cattle, it is necessary to use both intraline selection and cross-lines,

taking into account their compatibility. In breeding farms, using homogeneous selection, high productivity indicators were obtained: in terms of milk yield - from first-calf heifers of the related groups Laird, Concentrate and Meridian, in terms of fat and protein content in milk - Laird and Ladka. With heterogeneous selection, the best combinations were identified across farms.

Особое место в решении стратегических задач повышения производства молока принадлежит молочному скотоводству. В настоящее время в стране наблюдается планомерное развитие отрасли. Поголовье крупного рогатого скота, по данным Росстата, на 1 января 2023 г. в Российской Федерации составило 17 млн 488,6 тыс. гол. В 2022 г. было получено 32,98 млн т молока. По данным бонитировки 2022 г., средний удой на корову за 305 дней лактации в стадах племязаводов составил 9503 кг молока с массовой долей жира 3,94 % и белка – 3,32 %, а в стадах племенных репродукторов – 8462 кг молока с массовой долей жира 3,96 % и белка – 3,29 %. Среди 25 молочных пород, разводимых в России, от коров костромской породы был получен удой свыше 6000 кг молока [1].

Повышение продуктивности животных, улучшение качества производимой продукции являются залогом успешной работы хозяйств. Следует отметить, что в последние годы значительные изменения затронули относительную численность разводимого в Костромском регионе молочного скота. Продолжается тенденция сокращения отечественной породы крупного рогатого скота – костромской, удельный вес которой сегодня составляет 33,5 % от всего пробонитированного в 2022 г. поголовья [2, 3].

В то же время костромская порода крупного рогатого скота, благодаря ценным и даже уникальным хозяйственно полезным качествам, является одной из лучших отечественных пород молочно-мясного направления продуктивности. Регион считается основным поставщиком племенного скота не только в области, но и далеко за ее пределами. При выведении костромской породы крупного рогатого скота большую роль сыграл систематический отбор и целенаправленный подбор выдающихся животных, оценка быков-производителей по качеству потомства и последующее максимальное использование быков-улучшателей [4–7].

Высшей формой племенной работы при чистопородном разведении животных заводских пород является разведение по линиям.

При чистопородном разведении молочного скота предусматривают использование различных типов подбора, как внутрилинейного, так и кроссов линий. Преимуществом внутрилинейного подбора является устойчивое наследование уровня признаков молочной продуктивности при снижении степени их изменчивости, обусловленное повышением уровня гомозиготности. При кроссах линий прогнозируется повышение уровня молочной продуктивности, как следствие – увеличение гетерозиготности и, в ряде случаев, межлинейного гетерозиса.

На фоне этого актуальным становится анализ применяемых методов подбора в племенных стадах, занимающихся разведением костромского скота.

Цель исследований – оценка молочной продуктивности коров при внутрилинейном подборе и кроссе линий с целью совершенствования племенных стад в молочном скотоводстве.

Задачами исследований определены: характеристика племенной базы скота костромской породы в Костромском регионе, оценка молочной продуктивности первотелок разной линейной принадлежности, сочетаемости линий при совершенствовании стад молочного скота.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проведены в племенных хозяйствах Костромской области в 2023 г. Объект исследований – крупный рогатый скот костромской породы. Изучение хозяйственно полезных показателей коров проводили в трех племенных заводах (АО «Племзавод «Караваево» Костромского района, СПК Колхоз «Родина» и СПК «Гридино» Красносельского района) и двух племенных репродукторах (ООО «Агрофирма «Планета» Буйского района и ООО «Минское» Костромского района) Костромской области. В качестве материала исследований использованы данные племенного и зоотехнического учета, статистической отчетности департамента АПК и потребительского рынка Костромской обла-

сти, ежегодники по племенной работе в молочном скотоводстве РФ. Методами исследований послужили зоотехнические, популяционно-генетические и аналитические с использованием компьютерных программ ИАС «СЕЛЭКС» – Многохозяйственный и BON-MilkРегион. Статистическая обработка материалов проводилась с использованием компьютерной программы Microsoft Excel с вычислением критерия достоверности по Стьюденту.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В Костромской области молочное скотоводство является важнейшей составной частью агропромышленного сектора экономики. Здесь занимаются разведением шести пород крупного рогатого скота молочного и молочно-мясного направления продуктивности, одной из которых является костромская, обладающая ценными хозяйственно-полезными качествами. Поголовье крупного рогатого скота костромской породы в племенных хозяйствах составило 3727 гол., в том числе коров 2188 гол., удой – 7453 кг молока, содержание жира – 4,22 %, содержание белка – 3,36 %, живая масса коров – 546 кг. В том числе в племязаводах – 3035 гол.; 1675 гол.; 7700 кг; 4,24 %; 3,37 %; 539 кг; в племрепродукторах – 692 гол.; 513 гол.; 6656 кг; 4,15 %; 3,40 %; 568 кг соответственно.

Наивысший удой получен в АО «Племзавод «Караваяево» – 9297 кг молока, отличаются жирномолочностью коровы стада СПК «Гридино» – 4,51 %, а белкомолочностью – коровы ООО «Минское» – 3,63 %. Золотым фондом в хозяйствах являются высокопродуктивные коровы. Так, в АО «Племзавод «Караваяево» от коровы Любляны 9519 по 6-й лактации надоили 15277 кг молока с содержанием жира

4,45 % и белка 3,43 %, а от лучшей коровы по пожизненной молочной продуктивности коровы Доставки 6922 за 10 лактаций – 102427 кг молока с содержанием жира 3,95 % и 4016 кг молочного жира. Эти данные свидетельствуют о высоком генетическом потенциале «костромички» по молочной продуктивности.

Современная генеалогическая структура породы представлена заводскими линиями (Ладка КТКС-253, Курса ИКС-161, Салата КТКС-83, Каро КТКС-101, Бархата ВДКС-6) и родственными группами, полученными на основе использования бурых швицких быков импортной селекции (Мастера 106902, Мериана 90927, Хилла 76059, Концентрата 106157, Лейрда 71151, Батлера 107206, Орегона 086356).

Среди многих факторов, обуславливающих повышение продуктивности коров, одно из ведущих мест занимает племенная работа. Специалисты племенных хозяйств применяют различные методы и приемы для совершенствования хозяйственно-полезных качеств молочного скота с целью реализации генетического потенциала коров, проводят анализ полученных в результате исследований данных, чтобы успешно применить их на практике [7, 8].

Специалистам по племенному делу приходится на основе анализа результатов оценки быков-производителей, отбора и предыдущего подбора, намечать наиболее обещающие сочетания отдельных групп и особей и планировать дальнейшую племенную работу [9–15].

Гомогенный подбор применяют, как правило, в племенных хозяйствах для закрепления селекционируемых признаков. В этом случае имеет место аддитивное действие генов.

Результаты гомогенного (внутрилинейного) подбора в племенных стадах Костромской области приведены в табл. 1–5.

Таблица 1

Гомогенный подбор в стаде АО «Племзавод «Караваяево»
Homogeneous selection in the herd of JSC «Plemzavod «Karavaevo»

| Линия, родственная группа | Число коров, гол. | Средняя продуктивность за 305 дней 1-й лактации | | |
|---------------------------|-------------------|---|-----------|-----------|
| | | Удой, кг | Жир, % | Белок, % |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Ладок 2537 | 322 | 5155±77 | 3,99±0,02 | 3,33±0,01 |
| Концентрат 106157 | 329 | 5858±79 | 4,06±0,01 | 3,29±0,02 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----------------|-----|------------|-------------|-----------|
| Лейрд 71151 | 16 | 6070±287** | 4,17±0,06** | 3,35±0,03 |
| Мастер 106902 | 335 | 5813±69 | 4,12±0,02 | 3,29±0,02 |
| Меридиан 90827 | 419 | 5715±68 | 4,10±0,01 | 3,32±0,01 |

Примечание. ** – $P \leq 0,01$.

Самым высоким удоем и жирномолочностью в стаде отличались первотелки родственной группы Лейрда 71151. Их удой составил 6070 кг молока, что выше, чем в линии Ладка 2537 на 915 кг ($P \leq 0,01$) молока. По содержа-

нию жира в молоке 4,17 %, преимущество над первотелками линии Ладка 2537 составило 0,18 % ($P \leq 0,01$).

Данные по гомогенному подбору в СПК Колхоз «Родина» приведены в табл. 2.

Таблица 2

Гомогенный подбор в стаде СПК Колхоз «Родина»
Homogeneous selection in the herd of the SPK Collective Farm «Rodina»

| Линия, родственная группа | Число коров, гол. | Средняя продуктивность за 305 дней 1-й лактации | | |
|---------------------------|-------------------|---|-----------|-----------|
| | | Удой, кг | Жир, % | Белок, % |
| Ладок 2537 | 95 | 5036±84 | 3,99±0,01 | 3,22±0,01 |
| Концентрат 106157 | 28 | 5892±137*** | 3,98±0,01 | 3,23±0,01 |
| Мастер 106902 | 45 | 5186±111 | 3,98±0,01 | 3,24±0,01 |

Примечание. *** – $P \leq 0,001$.

Как видно, наиболее высокий удой показали первотелки родственной группы Концентра-та 106157 – 5892 кг молока, что больше удоя первотелок линии Ладка 2537 и родственной

группы Мастера 106902, соответственно на 856 и 706 кг молока ($P \leq 0,001$).

Результаты гомогенного (внутрилинейного) подбора в стаде племязавода «Гридино» приведены в табл. 3.

Таблица 3

Гомогенный подбор в стаде племязавода СПК «Гридино»
Homogeneous selection in the herd of the breeding farm SPK «Gridino»

| Линия, родственная группа | Число коров, гол. | Средняя продуктивность за 305 дней 1-й лактации | | |
|---------------------------|-------------------|---|-------------|------------|
| | | Удой, кг | Жир, % | Белок, % |
| Ладок 2537 | 10 | 5649±260 | 4,58±0,0**4 | 3,36±0,02* |
| Мастер 106902 | 7 | 5836±417 | 4,46±0,10 | 3,32±0,04 |
| Меридиан 90927 | 24 | 6136±225 | 4,49±0,03 | 3,33±0,02 |
| Концентрат 106157 | 21 | 5612±181 | 4,55±0,02 | 3,30±0,01 |

Примечание. * – $P \leq 0,05$; ** – $P \leq 0,01$.

По удою достоверной разницы между группами не выявлено, по содержанию жира в молоке первотелки линии Ладка 2537 имели самые высокие показатели – 4,58 %, что больше в сравнении с коровами родственной группы Меридиана 90927 на 0,09 % ($P \leq 0,01$), белка –

первотелки линии Ладка 2537 – 3,36 %, что больше, чем у животных родственной группы Концентра-та 106157 на 0,06 % ($P \leq 0,05$).

Данные по гомогенному подбору в стаде племярепродуктора «Агрофирма «Планета» приведены в табл. 4.

Таблица 4

Гомогенный подбор в стаде племенного производителя ООО «Агрофирма «Планета»
Homogeneous selection in the herd of breeding reproducer LLC Agrofirma Planeta

| Линия, родственная группа | Число коров, гол. | Средняя продуктивность за 305 дней 1-й лактации | | |
|---------------------------|-------------------|---|-------------|------------|
| | | Удой, кг | Жир, % | Белок, % |
| Ладок 2537 | 72 | 5415±113 | 4,14±0,03 | 3,24±0,01 |
| Мастер 106902 | 40 | 5667±139 | 4,14±0,03 | 3,29±0,02 |
| Концентрат 106157 | 17 | 6216±340* | 4,05±0,06 | 3,26±0,03 |
| Меридиан 90827 | 4 | 5088±532 | 4,14±0,10 | 3,32±0,04 |
| Лейрд 71151 | 5 | 6518±897 | 4,38±0,08** | 3,41±0,07* |

Примечание. * – $P \leq 0,05$; ** – $P \leq 0,01$.

Высоким удоем, но без достоверной разницы от коров других генеалогических групп отличались первотелки родственной группы Лейрда 71151. Самым высоким удоем в стаде характеризовались первотелки родственной группы Концентрата 106157 с показателем 6216 кг молока, что достоверно выше, чем у первотелок линии Ладка 2537 на 801 кг молока ($P \leq 0,05$). По содержанию жира и белка в молоке первотелки родственной группы Лейрда

71151 имели наибольшие показатели – 4,38 и 3,41 % соответственно. Разница по содержанию жира в сравнении с коровами родственной группы Концентрата 106157 составила 0,33 % ($P \leq 0,01$), по белку – с первотелками линии Ладка 2537 – 0,17 % ($P \leq 0,01$).

Результаты гомогенного (внутрилинейного) подбора в стаде племенного производителя «Минское» приведены в табл. 5.

Таблица 5

Гомогенный подбор в стаде племенного производителя ООО «Минское»
Homogeneous selection in the herd of breeding breeder LLC "Minskoe"

| Линия, родственная группа | Число коров, гол. | Средняя продуктивность за 305 дней 1-й лактации | | |
|---------------------------|-------------------|---|-----------|-----------|
| | | Удой, кг | Жир, % | Белок, % |
| Ладок 2537 | 8 | 6102±728 | 4,05±0,08 | 3,28±0,03 |
| Меридиан 90827 | 6 | 7128±308 | 4,25±0,11 | 3,34±0,01 |

В стаде ООО «Минское» высокую продуктивность показали коровы-первотелки по принадлежности к родственной группе Меридиана 90827: удой – 7128 кг молока, содержание жира в молоке – 4,25 % и содержание белка – 3,34 %, но без достоверной разницы с первотелками линии Ладка 2537.

Крайней формой гомогенного подбора является инбридинг. Проведенная инвентаризация 1736 коров по уровню инбридинга в племенных стадах показала, что аутбридингом (неродственным разведением) было получено 918 коров, а разведением с разной степенью родства – 818 голов. Таким образом, с использованием инбридинга получено 47,1 % коров, в том числе: при отдаленном – 26,5 %; умеренном – 17,8 %; тесном – 2,4 % и очень тесном – 0,4 %. По нашим данным, при неродственном разведении удой

коров в племенных стадах, как правило, выше, чем при инбридинге. В то же время по данным ряда авторов при инбридинге, по сравнению с аутбредными полусибсами, было получено на 281,7 кг молока больше [8].

При совершенствовании и создании высокопродуктивных стад молочного скота немаловажное научное и практическое значение имеет оценка эффективности гетерогенного подбора. В результате анализа гетерогенного подбора в племенных стадах костромской породы выделены лучшие кроссы линий и родственных групп (табл. 6–10).

Данные по гетерогенному подбору в стаде АО «Племзавод «Каравоево» приведены в табл. 6.

Гетерогенный подбор в стаде АО «Племзавод «Каравaeво»
Heterogeneous selection in the herd of JSC «Plemzavod «Karavaevo»

| Линия, родственная группа | | Число коров, гол. | Средняя продуктивность за 305 дней 1-й лактации | | |
|---------------------------|-------------------|-------------------|---|-------------|-------------|
| отца | матери | | Удой, кг | Жир, % | Белок, % |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Концентрат 106157 | Батлер 107506 | 32 | 5940±248 | 4,14±0,04** | 3,33±0,01 |
| | Каро 1494 | 9 | 4227±179 | 3,81±0,09 | 3,29±0,02 |
| | Курс 3722 | 31 | 5117±244 | 3,94±0,05 | 3,33±0,04 |
| | Ладок 2537 | 45 | 5495±230 | 4,04±0,05 | 3,32±0,02 |
| | Мастер 106902 | 107 | 5749±140 | 4,08±0,02 | 3,38±0,02 |
| | Лейрд 71151 | 43 | 6312±243 | 4,13±0,03 | 3,32±0,02 |
| | Меридиан 90827 | 140 | 5940±124 | 4,14±0,02 | 3,36±0,01 |
| | Орегон | 18 | 6500±230** | 4,11±0,05 | 3,32±0,05 |
| | Салат 1216 | 17 | 4383±354 | 4,04±0,09 | 3,40±0,05* |
| | Хилл 76059 | 28 | 5402±225 | 4,12±0,05 | 3,33±0,04 |
| Курс 3722 | Ладок 2537 | 32 | 5261±262 | 4,06±0,04* | 3,47±0,04** |
| | Концентрат 106157 | 19 | 5773±265* | 3,95±0,06 | 3,37±0,05 |
| | Мастер 106902 | 55 | 4895±182 | 3,93±0,04 | 3,40±0,03 |
| | Меридиан 90827 | 40 | 5160±193 | 3,99±0,04 | 3,27±0,03 |
| Ладок 2537 | Батлер 107506 | 28 | 5640±237 | 4,09±0,04 | 3,29±0,03 |
| | Каро 1494 | 25 | 3819±180 | 3,79±0,07 | 3,38±0,06* |
| | Курс 3722 | 91 | 5281±151 | 3,96±0,03 | 3,32±0,03 |
| | Концентрат 106157 | 29 | 5439±233 | 4,11±0,03 | 3,33±0,01 |
| | Лейрд 71151 | 18 | 5447±335 | 4,08±0,03 | 3,31±0,03 |
| | Мастер 106902 | 94 | 5619±131* | 4,11±0,03 | 3,33±0,02 |
| | Меридиан 90827 | 43 | 5285±183 | 4,15±0,02 | 3,34±0,01 |
| | Салат 1216 | 17 | 4747±321 | 4,04±0,09 | 3,30±0,06 |
| Лейрд 71151 | Батлер 107506 | 9 | 5855±428 | 4,11±0,04 | 3,28±0,01 |
| | Концентрат 106157 | 41 | 6602±204** | 4,05±0,04 | 3,35±0,02 |
| | Ладок 2537 | 14 | 5525±386 | 4,16±0,06** | 3,36±0,03** |
| | Мастер 106902 | 127 | 6134±103 | 4,11±0,02 | 3,29±0,01 |
| | Меридиан 90827 | 105 | 6219±121 | 4,09±0,03 | 3,29±0,01 |
| Мастер 106902 | Батлер 107506 | 40 | 5860±237 | 4,10±0,04 | 3,31±0,03 |
| | Каро 1494 | 10 | 4851±175 | 3,87±0,09 | 3,48±0,06* |
| | Курс 3722 | 77 | 6080±120 | 4,09±0,03 | 3,36±0,03 |
| | Концентрат 106157 | 50 | 6107±243 | 4,11±0,04 | 3,41±0,03 |
| | Ладок 2537 | 141 | 5235±128 | 4,06±0,03 | 3,37±0,02 |
| | Лейрд 71151 | 33 | 6229±214 | 4,14±0,05 | 3,33±0,03 |
| | Меридиан 90827 | 585 | 5667±55 | 4,09±0,01 | 3,33±0,01 |
| | Салат 1216 | 8 | 6519±412* | 4,27±0,13 | 3,45±0,03* |
| | Хилл 76059 | 68 | 5790±186 | 4,12±0,04 | 3,37±0,03 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-------------------|-------------------|-----|-------------|--------------|--------------|
| Меридиан 90827 | Батлер 107506 | 37 | 5742±171 | 4,14±0,02 | 3,34±0,02 |
| | Каро 1494 | 16 | 4878±219 | 3,86±0,06 | 3,50±0,05 * |
| | Курс 3722 | 38 | 5569±198 | 3,96±0,05 | 3,40±0,05 |
| | Концентрат 106157 | 78 | 6235±215 ** | 4,05±0,03 | 3,31±0,02 |
| | Ладок 2537 | 57 | 5162±184 | 4,08±0,04 | 3,35±0,02 |
| | Лейрд 71151 | 37 | 6105±209 | 4,08±0,05 | 3,30±0,02 |
| | Мастер 106902 | 657 | 5668±53 | 4,07±0,01 | 3,33±0,01 |
| | Салат 1216 | 10 | 5084±458 | 3,98±0,11 | 3,32±0,06 |
| | Хилл 76059 | 57 | 5630±168 | 4,15±0,02 * | 3,31±0,02 |
| Батлер 107506 | Концентрат 106157 | 11 | 5767±338 | 4,15±0,07 * | 3,31±0,04 |
| | Ладок 2537 | 86 | 6261±127 ** | 3,97±0,03 | 3,24±0,01 |
| | Лейрд 71151 | 22 | 5483±226 | 4,11±0,06 | 3,33±0,03 * |
| | Мастер 106902 | 36 | 5706±193 | 4,00±0,05 | 3,31±0,03 |
| | Меридиан 90827 | 38 | 5353±169 | 3,99±0,04 | 3,31±0,03 |
| | Хилл 76059 | 6 | 6019±488 | 3,92±0,07 | 3,33±0,01 * |
| Орегон | Концентрат 106157 | 26 | 4941±208 | 4,01±0,05 | 3,27±0,06 |
| | Меридиан 9027 | 10 | 5983±248 * | 4,23±0,02 ** | 3,39±0,10 * |
| Салат 1216 | Концентрат 106157 | 7 | 4899±546 | 4,12±0,09 ** | 3,34±0,04 * |
| | Ладок 2537 | 9 | 4595±231 | 4,05±0,03 | 3,28±0,01 |
| | Лейрд 71151 | 9 | 4860±247 | 3,91±0,12 | 3,17±0,09 |
| | Меридиан 90827 | 12 | 4827±283 | 4,08±0,03 | 3,32±0,04 |
| Хилл 76059 | Концентрат 106157 | 26 | 4283±201 | 4,01±0,05 | 3,27±0,08 |
| | Мастер 106902 | 50 | 5245±169 ** | 4,06±0,05 | 3,28±0,03 |
| | Меридиан 90827 | 28 | 4862±190 | 4,16±0,03 * | 3,26±0,04 |
| Каро 1494 | Курс 3722 | 7 | 4707±448 | 3,87±0,22 | 3,61±0,11 ** |

Примечание. * – $P \leq 0,05$; ** – $P \leq 0,01$.

Нами отмечены наиболее продуктивные кроссы линий и родственных групп в стаде племзавода «Караваяево». Если сравнивать любые сочетания между собой, то лучшее по удою – Лейрд × Концентрат, удой коров выше, чем при кроссе Концентрат × Каро на 2375 кг молока ($P \leq 0,001$), по содержанию жира в молоке – Орегон × Меридиан, процент составил

4,23, что больше кросса Меридиан × Каро на 0,36 % ($P \leq 0,001$), по содержанию белка – Каро × Курс, процент содержания белка составил 3,61 %, что больше сочетания Салат × Лейрд на 0,44 % ($P \leq 0,01$).

Сведения по гетерогенному подбору в стаде СПК Колхоз «Родина» представлены в табл. 7.

Таблица 7

Гетерогенный подбор в стаде СПК Колхоз «Родина»
Heterogeneous selection in the herd of the agricultural cooperative Collective farm "Rodina"

| Линия, родственная группа | | Число коров, гол. | Средняя продуктивность за 305 дней 1-й лактации | | |
|---------------------------|--------|-------------------|---|--------|----------|
| отца | матери | | Удой, кг | Жир, % | Белок, % |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-------------------|-------------------|-----|------------|-------------|--------------|
| Концентрат 106157 | Батлер 107506 | 14 | 5289±288 | 3,98±0,02 | 3,22±0,02 |
| | Курс 3722 | 10 | 4870±282 | 4,03±0,05 | 3,22±0,03 |
| | Ладок 2537 | 55 | 5484±118 | 3,98±0,02 | 3,22±0,01 |
| | Мастер 106902 | 22 | 5640±209 | 4,01±0,02 | 3,24±0,01 |
| | Лейрд 71151 | 12 | 5751±285* | 4,00±0,03 | 3,22±0,01 |
| | Меридиан 90827 | 50 | 5584±139 | 3,98±0,01 | 3,22±0,01 |
| Ладок 2537 | Концентрат 106157 | 9 | 4933±319 | 3,94±0,04 | 3,17±0,02 |
| | Лейрд 71151 | 27 | 4993±144 | 3,92±0,02 | 3,19±0,02 |
| | Мастер 106902 | 23 | 5515±164* | 3,96±0,03 | 3,18±0,02 |
| | Меридиан 90827 | 66 | 5088±112 | 3,97±0,02* | 3,21±0,01 |
| | Салат 1216 | 7 | 5165±304 | 3,96±0,03 | 3,13±0,03 |
| Мастер 106902 | Батлер 107506 | 9 | 5427±161 | 3,97±0,05 | 3,20±0,03 |
| | Курс 3722 | 21 | 5167±168 | 3,92±0,04 | 3,22±0,02 |
| | Концентрат 106157 | 29 | 5273±244 | 4,00±0,02 | 3,18±0,02 |
| | Ладок 2537 | 101 | 5550±155** | 4,05±0,03** | 3,27±0,01*** |
| | Лейрд 71151 | 44 | 5288±155 | 4,00±0,02 | 3,23±0,02 |
| | Меридиан 90827 | 125 | 5158±165 | 3,97±0,02 | 3,27±0,03*** |
| | Салат 1216 | 8 | 4518±131 | 3,93±0,05 | 3,18±0,03 |

Примечание. * – P ≤ 0,05; ** – P ≤ 0,01; *** – P ≤ 0,001.

Наиболее молочный кросс отмечены при сочетании Концентрат × Лейрд (5751 кг молока), по содержанию жира в молоке – Мастер ×

Ладок (4,05 %), по содержанию белка – Мастер × Ладок (3,27 %) и Мастер × Меридиан (3,27 %).

Данные по гетерогенному подбору в стаде СПК «Гридино» приведены в табл. 8.

Таблица 8

**Гетерогенный подбор в стаде СПК «Гридино»
Heterogeneous selection in the herd of the Gridino agricultural production complex**

| Линия, родственная группа | | Число коров, гол. | Средняя продуктивность за 305 дней 1-й лактации | | |
|---------------------------|-------------------|-------------------|---|-----------|-----------|
| отца | матери | | Удой, кг | Жир, % | Белок, % |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Ладок 2537 | Мастер 106902 | 17 | 5893±242 | 4,61±0,04 | 3,35±0,02 |
| | Батлер 107206 | 13 | 6579±259*** | 4,53±0,04 | 3,28±0,01 |
| | Концентрат 106157 | 18 | 5891±209 | 4,53±0,03 | 3,32±0,02 |
| | Курс 3722 | 7 | 5971±252 | 4,47±0,10 | 3,34±0,02 |
| | Меридиан 90927 | 17 | 5539±217 | 4,53±0,10 | 3,33±0,03 |
| Мастер 106902 | Меридиан 90927 | 16 | 5996±215 | 4,56±0,03 | 3,36±0,02 |
| | Концентрат 106157 | 8 | 4941±153 | 4,58±0,03 | 3,31±0,02 |
| | Ладок 2537 | 8 | 5481±300 | 4,40±0,10 | 3,29±0,04 |
| Меридиан 90927 | Мастер 106902 | 13 | 6009±343 | 4,50±0,04 | 3,29±0,02 |
| | Концентрат 106157 | 23 | 5882±224 | 4,46±0,04 | 3,35±0,02 |
| | Курс 3722 | 7 | 4884±229 | 4,49±0,10 | 3,35±0,03 |
| | Ладок 2537 | 10 | 5071±376 | 4,07±0,30 | 3,01±0,20 |
| Батлер 107206 | Мастер 106902 | 8 | 5449±343 | 4,53±0,04 | 3,40±0,04 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-------------------|-------------------|----|----------|------------|-----------|
| Концентрат 106157 | Мастер 106902 | 22 | 5448±204 | 4,62±0,10 | 3,33±0,02 |
| | Меридиан 90927 | 21 | 5704±230 | 4,60±0,02 | 3,29±0,01 |
| | Ладок 2537 | 18 | 5649±235 | 4,57±0,10 | 3,32±0,02 |
| | Курс 3722 | 14 | 6230±258 | 4,69±0,02 | 3,38±0,03 |
| Орегон 086356 | Концентрат 106157 | 8 | 5320±163 | 4,80±0,10* | 3,39±0,03 |

Примечание. * – $P \leq 0,05$; *** – $P \leq 0,001$.

По удою лучший показатель отмечен по первотелкам Ладок × Батлер – 6579 кг молока, что больше, чем у животных кросса Меридиан × Курс на 1695 кг ($P \leq 0,001$) по содержанию жира – лучший показатель у животных кросса Орегон × Концентрат – 4,80 %. Первотелки при

кроссе Орегон × Концентрат по содержанию жира в молоке превосходят сверстниц при сочетании Меридиан × Ладок на 0,73 % ($P \leq 0,05$).

Данные по гетерогенному подбору в стаде ООО «Агрофирма «Планета» приведены в табл. 9.

Таблица 9

Гетерогенный подбор в стаде ООО «Агрофирма «Планета»
Heterogeneous selection in the herd of LLC Agrofirma Planeta

| Линия, родственная группа | | Число коров, гол. | Средняя продуктивность за 305 дней 1-й лактации | | |
|---------------------------|-------------------|-------------------|---|------------|------------|
| отца | матери | | Удой, кг | Жир, % | Белок, % |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Ладок КТКС-253 | Концентрат 106157 | 34 | 5700±123 | 4,11±0,03 | 3,22±0,02 |
| | Меридиан 90927 | 17 | 5454±223 | 4,13±0,08 | 3,21±0,03 |
| | Мастер 106902 | 44 | 5557±167 | 4,15±0,03 | 3,25±0,01 |
| | Курс 3722 | 16 | 5633±185 | 4,11±0,04 | 3,26±0,02 |
| | Каро 1494 | 17 | 5272±175 | 4,13±0,06 | 3,24±0,03 |
| | Хилл 76054 | 7 | 5321±383 | 4,13±0,05 | 3,22±0,03 |
| | Салат 1216 | 15 | 6015±212* | 4,06±0,05 | 3,24±0,02 |
| | Лейрд 71151 | 7 | 5692±458 | 3,95±0,07 | 3,24±0,04 |
| Мастер 106902 | Ладок 2537 | 75 | 5562±104 | 4,13±0,02 | 3,33±0,01 |
| | Меридиан 90927 | 13 | 6203±361 | 4,10±0,07 | 3,29±0,03 |
| | Концентрат 106157 | 24 | 6059±207 | 4,08±0,04 | 3,33±0,03 |
| | Лейрд 71151 | 12 | 6187±208** | 4,03±0,07 | 3,28±0,05 |
| | Каро 1494 | 5 | 5427±217 | 4,38±0,13 | 3,43±0,10* |
| | Салат 1216 | 7 | 6208±369 | 4,07±0,06 | 3,24±0,03 |
| | Батлер 107506 | 7 | 5639±339 | 4,00±0,10 | 3,20±0,10 |
| | Курс 3722 | 5 | 5763±427 | 3,98±0,06 | 3,22±0,10 |
| | Мастер 106902 | 6 | 5148±362 | 4,25±0,10 | 3,21±0,01 |
| | Ладок 2537 | 10 | 5386±298 | 4,40±0,08* | 3,18±0,01 |
| Концентрат 106157 | Меридиан 90927 | 10 | 5166±470 | 4,08±0,06 | 3,22±0,03 |
| | Мастер 106902 | 21 | 5965±270 | 4,16±0,07 | 3,26±0,03 |
| | Ладок 2537 | 44 | 5990±129 | 4,10±0,04 | 3,27±0,02 |
| | Лейрд 71151 | 5 | 6707±500 | 4,32±0,13 | 3,19±0,01 |
| | Курс 3722 | 5 | 5916±397 | 4,21±0,10 | 3,30±0,01 |
| | Салат 1216 | 5 | 6643±389*** | 3,88±0,18 | 3,23±0,11 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|----------------|-------------------|----|-----------|-----------|-----------|
| Курс 3722 | Меридиан 90927 | 11 | 4498±274 | 4,07±0,06 | 3,24±0,02 |
| | Ладок 2537 | 6 | 5085±229 | 4,04±0,05 | 3,22±0,02 |
| Салат 1216 | Концентрат 106157 | 5 | 5283±596 | 4,21±0,15 | 3,30±0,02 |
| | Ладок 2537 | 5 | 6437±447 | 4,10±0,11 | 3,24±0,02 |
| | Мастер 106902 | 6 | 5600±394 | 4,14±0,06 | 3,23±0,02 |
| Меридиан 90827 | Мастер 106902 | 11 | 5964±433 | 4,15±0,09 | 3,26±0,04 |
| | Концентрат 106157 | 9 | 6096±258 | 4,06±0,07 | 3,40±0,05 |
| | Лейрд 71151 | 5 | 5665±684 | 3,94±0,12 | 3,20±0,03 |
| | Ладок 2537 | 11 | 6268±281 | 3,99±0,07 | 3,30±0,03 |
| Лейрд 71151 | Ладок 2537 | 25 | 5905±196 | 4,21±0,04 | 3,37±0,05 |
| | Курс 3722 | 6 | 6367±163* | 4,11±0,06 | 3,35±0,04 |
| | Концентрат 106157 | 14 | 6149±203 | 4,12±0,06 | 3,28±0,03 |
| | Мастер 106902 | 7 | 6248±434 | 4,11±0,08 | 3,25±0,04 |
| Батлер 107506 | Мастер 106902 | 5 | 5452±313 | 3,93±0,04 | 3,27±0,02 |

Примечание. * – $P \leq 0,05$; ** – $P \leq 0,01$; *** – $P \leq 0,001$.

Самые высокие удои получены у коров при кроссе линий Концентрат × Салат. Их удой составил 6643 кг молока, что больше, чем у первотелок при кроссе Курс × Меридиан на 2145 кг ($P \leq 0,001$). Высокое содержание жира в молоке получено у коров при сочетании Мастер × Ладок (4,40 %), белка – при сочетании

Мастер × Каро (3,43 %). Превосходство по жиру в сравнении с первотелками кросса Батлер × Мастер составило 0,47 % ($P \leq 0,05$), по белку – с кроссом Мастер × Ладок – 0,25 % ($P \leq 0,05$).

Результаты по гетерогенному подбору в стаде ООО «Минское» приведены в табл. 10.

Таблица 10

**Гетерогенный подбор в стаде ООО «Минское»
Heterogeneous selection in the herd of LLC Minskoe**

| Линия, родственная группа | | Число коров, гол. | Средняя продуктивность за 305 дней 1-й лактации | | |
|---------------------------|---------------|-------------------|---|-----------|-----------|
| отца | матери | | Удой, кг | Жир, % | Белок, % |
| Концентрат 106157 | Батлер 107506 | 5 | 7771±425 | 4,08±0,12 | 3,32±0,07 |
| | Ладок 2537 | 14 | 7508±280 | 4,09±0,09 | 3,38±0,11 |
| Меридиан 90827 | Батлер 107506 | 6 | 7042±708 | 4,03±0,17 | 3,29±0,06 |
| | Ладок 2537 | 9 | 6380±514 | 4,12±0,11 | 3,40±0,06 |

Высокий удой отмечен при сочетании Концентрат × Батлер – 7771 кг молока, а жирность молока и белковомолочность – при сочетании родственной группы Меридиана с линией Ладка – 4,12 и 3,40 %.

ВЫВОДЫ

1. Коровы костромской породы обладают высоким генетическим потенциалом молочной продуктивности. Рекордные показатели по удою

достигают 15000 кг молока и более за 305 дней лактации.

2. Высокие показатели продуктивности при гомогенном подборе получены: по удою – от первотелок родственных групп Лейрда 71151 в АО «Племзавод «Каравеево» – 6070 кг молока и Концентрата 106157, в СПК Колхоз «Родина» – 5892 кг и в ООО «Агрофирма «Планета» – 6216 кг молока. По содержанию жира в молоке лучшие показатели у коров родственной группы Лейрда 71151 в АО «Племзавод «Каравеево» – 4,17 % и ООО «Агрофирма «Планета» – 4,38 %,

а также линии Ладка 2537 в СПК «Гридино» – 4,58 %. Содержание белка в молоке выше у коров родственной группы Лейрда 71151 в ООО «Агрофирма «Планета» – 3,41 % и линии Ладка 2537 в СПК «Гридино» – 3,36 %.

3. При гетерогенном подборе выявлены лучшие сочетания в разрезе хозяйств. Так, в АО «Племзавод «Караваяево» наиболее продуктивный кросс по удою – Лейрд × Концентрат (6602 кг молока), по содержанию жира в молоке – Орегон × Меридиан (4,23 %), содержанию белка – Каро × Курс (3,61 %). В СПК Колхоз «Родина» наиболее молочный кросс отмечен при сочетании Концентрат × Лейрд (5751 кг молока), по содержанию жира в молоке – Мастер × Ладок (4,05 %), по содержанию белка –

Мастер × Ладок (3,27 %) и Мастер × Меридиан (3,27 %). По удою в СПК «Гридино» лучший показатель отмечен по первотелкам Ладок × Батлер (6579 кг молока), по содержанию жира – Орегон × Концентрат (4,80 %). Самый высокий удой в ООО «Агрофирма «Планета» получен у коров при кроссе Концентрат × Салат (6643 кг молока), высокое содержание жира в молоке – у коров при сочетании Мастер × Ладок (4,40 %), белка – при сочетании Мастер × Каро (3,43 %). В ООО «Минское» высокий удой отмечен при сочетании Концентрат × Батлер (7771 кг молока), а жирность молока и белкомолочность – при сочетании родственной группы Меридиана с линией Ладка – 4,12 и 3,40 % соответственно.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Ежегодник по племенной работе в молочном скотоводстве в хозяйствах Российской Федерации (2022)* / Г.Ф. Сафина, В.В. Чернов, И.М. Дунин [и др.]. – М., ФГБНУ ВНИИплем, 2023. – 255 с.
2. *Королев А.А., Баранова Н.С., Казаков Д.С.* Молочное скотоводство Костромской области // *Аграрный вестник Нечерноземья*. – 2023. – № 4 (12). – С. 26–35.
3. *Костромская порода крупного рогатого скота в новом столетии: состояние и перспективы (обзор)* / А.В. Баранов, Н.Ю. Парамонова, Н.С. Баранова [и др.] // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. – 2019. – Т. 20, № 6. – С. 533–547. – DOI: 10.30766/2072-9081.2019.20.6.533-547.
4. *Королев А.А., Баранова Н.С., Королева Е.А.* Совершенствование скота костромской породы при использовании быков-производителей отечественной и импортной селекции: монография – М., 2023. – 206 с. – DOI: 10.12737/1900632.
5. *Казаков Д.С., Белокуров С.Г.* Влияние быков-производителей разной селекции на продуктивное долголетие коров костромской породы // *Актуальные проблемы науки в агропромышленном комплексе: сб. статей 69-й Междунар. науч.-практ. конф.* – Караваяево: Костромская ГСХА, 2018. – Т. 1. – С. 174–181.
6. *Уникальность костромской породы крупного рогатого скота с позиции молекулярной генетики* / Г.Е. Сулимова, И.В. Лазебная, А.В. Перчун [и др.] // *Достижение науки и техники АПК*. – 2011. – № 9. – С. 52–54.
7. *Оценка качества молока коров костромской породы с разными аллельными вариантами гена каппа-казеина* / А.Д. Лемякин, А.Н. Тяжченко, А.А. Чаицкий [и др.] // *Актуальные вопросы развития науки и технологий: сб. ст. молодых ученых 73-й студ. науч. конф., Караваяево, 7 апреля 2022 г.* – Караваяево: Костромская государственная сельскохозяйственная академия. – 2022. – С. 482–487.
8. *Продуктивные и воспроизводительные качества коров на фоне применения инбредной и аутбредной форм подбора быков* / В.М. Юдин, А.С. Тронина, А.И. Любимов [и др.] // *Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии*. – 2023. – № 2 (74). – С. 49–55.
9. *Игнатьева Н.Л., Воронова И.В., Немцева Е.Ю.* Внутрилинейный подбор и кросс линий при создании высокопродуктивных стад молочного скота // *Ученые записки КГАВМ им. Н.Э. Баумана*. – 2021. – № 2. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vnutrilinейnyy-podbor-i-kross-liniy-pri-sozdanii-vysokoproduktivnyh-stad-molochnogo-skota> (дата обращения: 19.01.2024).
10. *Самусенко Л.Д.* Формирование продуктивности крупного рогатого скота в зависимости от вариантов подбора // *Биология в сельском хозяйстве*. – 2018. – № 3 (20). – С. 10–12.
11. *Шевелева О.М., Свяженина М.А., Смирнова Т.Н.* Использование разных методов подбора для совершенствования стада крупного рогатого скота черно-пестрой породы в племенном заводе // *Вестник КрасГАУ*. – 2021. – № 2 (167). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-raznyh-metodov-podbora-dlya-sovershenstvovaniya-stada-kрупnogo-rogatogo-skota-chno-pestroy-porody-v-plemennom-zavode> (дата обращения: 19.01.2024).

12. Мкртчян Г.В. Связь внутрилинейного и межлинейного подбора с изменчивостью молочной продуктивности у коров // *Мировая наука 2020. Проблемы и перспективы: мат-лы II Междунар. науч.-практ. конф.* Москва, 4 июня 2020 г. – Саратов: ООО «Центр профессионального менеджмента «Академия бизнеса», 2020. – С. 89–92.
13. Молочная продуктивность коров голштинских линий черно-пестрого скота / О.В. Горелик, С.Ю. Харлап, В.С. Горелик [и др.] // *Роль аграрной науки в устойчивом развитии сельских территорий: сб. V Всерос. (национальной) науч. конф.* Новосибирск, 2020. – С. 205–209.
14. Прокофьев А.Н. Внутрилинейный подбор и кросс линий при создании высокопродуктивных стад молочного скота: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Ульяновск, 2020. – 24 с.
15. Гавриленко В.П., Бушов А.В., Прокофьев А.Н. Внутрилинейный подбор и кросс линий при создании племенных стад в молочном скотоводстве // *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии.* – 2019. – № 2 (46) – С. 166–172.

REFERENCES

1. Safina G.F., Chernov V.V., Dunin I.M. [et. al.], *Yearbook on breeding work in dairy cattle breeding on Russian farms (2022)*, Moscow: ph. FSBSI «All-Russian research institute of breeding», 2023, 255 p. (In Russ.)
2. Korolev A.A., Baranova N.S., Kazakov D.S., Valavina A.A., *Agrarnyy vestnik Nechernozem'ya*, 2023, No. 4 (12), pp. 26–35. (In Russ.)
3. Baranov A.V., Paramonova N.Yu., Baranova N. S. [et.al.], *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*, 2019, Vol. 20, No. 6, pp. 533–47, DOI: 10.30766/2072-9081.2019.20.6.533-547. (In Russ.)
4. Korolev A.A., Baranova N.S., Koroleva E.A., *Sovershenstvovanie skota kostromskoy porody pri ispol'zovanii bykov-proizvoditeley otechestvennoy i importnoy selektsii* (Improvement of kostroma breed cattle with the use of domestic and imported breeding bulls), Moscow, 2023, 206 p, DOI: 10.12737/1900632.
5. Kazakov D.S., Belokurov S.G., *Aktual'nye problemy nauki v agropromyshlennom komplekse* (Current problems of science in the agricultural complex), Collection of articles of the 69th international scientific and practical conference, Karavaevo: ph. Kostroma State Agricultural, 2018, Vol. 1, pp. 174–181.
6. Sulimova G.E., Lazebnaya I.V., Perchuni A.V. [et.al.], *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2011, No. 9, pp. 52–54. (In Russ.)
7. Lemyakin A.D., Tyazhchenko A.N., Chaickij A.A. [et.al.], *Aktual'nye voprosy razvitiya nauki i tekhnologii* (Topical issues of science and technology development), Collection of articles by young scientists of the 73rd Student Scientific Conference, Karavaevo: ph. Kostroma State Agricultural, 2022, pp. 482–487. (In Russ.)
8. Yudin V.M., Yudin V.M., Tronina A.S. [et al.], *Vestnik Izhevskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii*, 2023, No. 2 (74), pp. 49–55. (In Russ.)
9. Ignat'eva N.L., Voronova I.V., Nemceva E.Y., *Uchenye zapiski KGAVM im. N.E. Bauman*, 2021, No. 2, URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vnutrilinейnyy-podbor-i-kross-liniy-pri-sozdaniі-vysokoproduktivnyh-stad-molochnogo-skota> (data obrashcheniya: 19.01.2024). (In Russ.)
10. Samusenko L.D., *Biologiya v sel'skom khozyaystve*, 2018, No. 3 (20), pp. 10–12. (In Russ.)
11. Sheveleva O.M., Svyazhenina M.A., Smirnova T.N., *Vestnik KrasGAU*, 2021, No. 2 (167), URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-raznyh-metodov-podbor-a-dlya-sovershenstvovaniya-stada-krupnogo-rogatogo-skota-chno-pestroy-porody-v-plemennom-zavode> (In Russ.)
12. Mkrтчyan G.V., *Mirovaya nauka 2020. Problemy i perspektivy* (World science 2020. Problems and prospects), Materials of the II International scientific and practical conference. Saratov/ 2020, Saratov: ООО Professional Management Center “Academy of Business”, 2020, pp. 89–92. (In Russ.)
13. Gorelik O.V., Harlap S.Yu., Gorelik V.S. [et.al.], *Rol' agrarnoy nauki v ustoychivom razvitii sel'skikh territoriy* (The role of agricultural science in the sustainable development of rural areas), Collection of the V All-Russian (national) Scientific Conference Novosibirsk, 2020, pp. 205–209. (In Russ.)
14. Prokof'ev A.N., *Vnutrilinейnyy podbor i kross liniy pri sozdaniі vysokoproduktivnykh stad molochnogo skota* (In-line selection and cross-lines in the creation of highly productive herds of dairy cattle), Abstract dis. Ph.D. agricultural Special sciences, Ulyanovsk, 2020, 24 p.
15. Gavriленko V.P., Bushov A.V., Prokofiev A.N., *Vestnik Ul'yanovskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii*, 2019, No. 2 (46), pp. 166–172. (In Russ.)

**КОМПЛЕКСНАЯ ТЕРАПИЯ МИНЕРАЛЬНОГО ОБМЕНА
У СЛУЖЕБНЫХ СОБАК**

Г.М. Бассауэр, кандидат ветеринарных наук

А.В. Требухов, доктор ветеринарных наук

О.Г. Дугова, кандидат ветеринарных наук

О.С. Мишина, кандидат ветеринарных наук

Алтайский государственный аграрный университет, Барнаул, Россия

E-mail: terapiik@mail.ru

Ключевые слова: минеральный обмен, собаки, патология, стимуляторы обмена, ацидоз, лечение.

Реферат. *Высокая физическая и функциональная нагрузка служебных собак обуславливает изменения не только систем организма, но и метаболизма в целом. Комплексный подход к изучению этой проблемы и поиск фармакотерапевтического решения позволяют корректировать биохимические изменения в организме собак, улучшить работоспособность и качество жизни животных. Целью исследования послужило изучение терапевтической эффективности комплекса стимуляторов обмена веществ для коррекции минерального обмена. Для исследования были отобраны 16 служебных собак по направлению применения «общерозыскной профиль», принадлежащие МВД России по Алтайскому краю. Забор крови проводился в начале и конце исследования для анализа показателей эритроцитов, гемоглобина, гематокрита, глюкозы, холестерина, триглицеридов, железа, магния, цинка, кальция, фосфора и хлоридов. По результатам исследования установлено: нарушение гомеостаза у служебных собак сопровождалось изменениями в некоторых показателях красной крови, а также патологией минерального обмена. После курса фармакотерапии у собак наблюдалось увеличение эритроцитов (до $7,9 \pm 0,22 \times 10^{12}$ кл/л), гемоглобина (до $141,66 \pm 7,32$ г/л). Углеводный обмен в исследуемых группах характеризовался гипогликемией ($3,34 \pm 0,21 - 3,43 \pm 0,28$ ммоль/л). К концу исследования уровень глюкозы в опытной группе достоверно повысился на 31,4 % относительно животных контрольной группы. Уровень холестерина у собак опытной группы к концу исследования снижался более интенсивно по сравнению с контрольной. Изучение динамики показателей минерального обмена позволило выявить достоверный рост уровня железа в опытной группе животных (до $25,3 \pm 1,9$ мкмоль/л), что было выше аналогичного значения контроля на 22,8 %. Изменение других показателей минерального обмена не имело значительных отличий между группами, хотя у собак, получавших стимулирующую терапию, отмечалась положительная динамика изменений показателей минерального обмена. Применение комплекса стимуляторов обмена веществ «Суиферровита», «Стролитина», «Янтарная кислота» стабилизировало показатели красной крови и способствовало развитию тенденции к восстановлению минерального обмена.*

COMPLEX THERAPY OF MINERAL METABOLISM IN SERVICE DOGS

G.M. Bassauer, Candidate of Veterinary Sciences

A.V. Trebukhov, Doctor of Veterinary Sciences

O.G. Dutova, Candidate of Veterinary Sciences

O.S. Mishina, Candidate of Veterinary Sciences

Altai State Agrarian University, Barnaul, Russia

E-mail: terapiik@mail.ru

Keywords: mineral metabolism, dogs, pathology, metabolic stimulants, acidosis, treatment.

Abstract. *The high physical and functional load of service dogs causes changes not only in body systems, but also in metabolism as a whole. An integrated approach to the study of this problem and the search for a pharmacotherapeutic solution will allow us to correct biochemical changes in the body of dogs and improve the performance and quality of life of animals. The purpose of the study was to study the therapeutic effectiveness of a complex of metabolic stimulants for the correction of mineral metabolism. For the study, 16 service dogs were selected in the area of application of the general search profile, belonging to the Ministry of Internal Affairs of Russia in the Altai Territory. Blood was drawn at the beginning and end of the study to analyze red*

blood cell counts, hemoglobin, hematocrit, glucose, cholesterol, triglycerides, iron, magnesium, zinc, calcium, phosphorus, and chloride. According to the results of the study, it was established that a violation of homeostasis in service dogs was accompanied by changes in some indicators of red blood, as well as pathology of mineral metabolism. After a course of pharmacotherapy, an increase in red blood cells (up to $7.9 \pm 0.22 \times 10^{12}$ cells/l) and hemoglobin (up to 141.66 ± 7.32 g/l) was observed in dogs. Carbohydrate metabolism in both groups was characterized by hypoglycemia (3.34 ± 0.21 – 3.43 ± 0.28 mmol/l). By the end of the study, the glucose level in the experimental group significantly increased by 31.4% relative to the animals in the control group. By the end of the study, cholesterol levels in dogs in the experimental group decreased more rapidly compared to the control group. The study of the dynamics of mineral metabolism indicators revealed a significant increase in iron levels in the experimental group of animals (up to 25.3 ± 1.9 μ mol/l), which was 22.8% higher than the control value. Changes in other indicators of mineral metabolism did not differ significantly between the groups, although dogs receiving stimulating therapy showed positive dynamics of changes in mineral metabolism indicators. The use of a complex of metabolic stimulants “Suiferrovita”, “Strolitin”, “Amber Acid” stabilized red blood counts and contributed to the development of a tendency towards the restoration of mineral metabolism.

Практическое применение служебных собак обуславливает высокий уровень физической подготовки, выносливости и работоспособности животных. Способность организма собак к восстановлению функциональных и биохимических изменений зачастую затруднена и пролонгирована, в данной ситуации возникает риск нарушения метаболизма. Определенную роль в постоянстве внутренней среды организма играет минеральный обмен, так как минеральные вещества участвуют в активации ферментов, проницаемости мембран, поддержании кислотно-щелочного равновесия, обеспеченности организма энергией и т.д. [1]. Если минеральные вещества в организме находятся в необходимом количестве, они стимулируют физиологические процессы, если наблюдается их недостаток либо избыток, может происходить угнетение физиологических процессов, снижение резистентности организма и, как следствие, работоспособности, а в дальнейшем и нарушение обмена в целом [1–3].

Породы служебных собак, используемых в силовых структурах, в основном имеют крепкий тип конституции, для которого характерен сильный уравновешенный подвижный тип высшей нервной деятельности. Собаки данного типа конституции должны обладать крепким костяком и хорошо развитой мускулатурой [4]. Основными минералами, придающими прочность костной ткани, являются кальций и фосфор, а костная ткань – одна из самых чувствительных систем организма животных к различным изменениям гомеостаза [3, 5]. Кроме структуризации костной ткани, кальций регулирует возбудимость нервной системы, участвует в гемокоагуляции. Фосфор входит в состав нуклеиновых кислот, протеинов и фос-

фолипидов, кроме того, играет важную роль в углеводном обмене [6]. При этом обмен кальция и фосфора неразрывно связан друг с другом: недостаток одного элемента снижает усвоение другого, и наоборот. И только в определенном соотношении они благотворно влияют на организм [7–9].

Обмен магния близко связан с кальциево-фосфорным обменом. Магний является одним из основных компонентов внутриклеточной среды, активизирующей процессы окислительного фосфорилирования, обуславливает эластичность мышц, влияет на центральную нервную систему и т.д. [1].

Высокая двигательная активность служебных собак сопровождается достаточно интенсивным обменом, соответственно синтез гемопротеинов, участвующих в процессе переноса и поглощении кислорода, должен осуществляться на должном уровне. Ионы железа являются прямыми участниками синтеза гемоглобина и миоглобина, участвуют в ферментативном катализе, необходимы в процессе тканевого метаболизма и важны для нормальной работы иммунной системы. Соответственно недостаток микроэлемента железа в организме приводит к нарушению процессов тканевого метаболизма, дыхания и обмена, как следствие, снижается физическая активность и результативность применения служебных собак [10–12].

Не менее важная биологическая роль в процессе дыхания, наряду с железом в составе гемоглобина и миоглобина, отводится цинку в составе фермента карбоангидразы, с помощью которого обеспечивается отдача углекислоты клетками тканей в кровь и ее перенос. Кроме того, цинк связан с обменами белков, жиров, углеводов, влияет на рост, развитие, воспро-

изводство, процессы кроветворения и костеобразование [13].

Одним из важных элементов в поддержании гомеостаза организма является ионизированный хлор, участвующий в поддержании водно-солевого баланса, осмотического давления, кислотно-щелочного равновесия в плазме крови и интерстициальной жидкости.

Изучение нарушения минерального обмена в условиях высокой физической активности и психоэмоциональной нагрузки у служебных собак является актуальным вопросом, а решение проблемы адаптационной возможности организма собак требует фармакологической коррекции.

Цель работы – изучить терапевтическую эффективность комплекса стимуляторов обмена веществ для коррекции минерального обмена.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для исследования были отобраны 16 служебных собак по направлению применения «общерозыскной профиль» породы немецкая овчарка в возрасте 2–5 лет, масса тела животных составляла 30–35 кг. Содержание животных групповое, кормление – полнорационный корм промышленного производства для взрослых активных собак. По результатам исследования крови установлено, что у всех исследуемых животных наблюдались изменения как основных показателей красной крови, так и показателей обмена веществ, в том числе минерального.

Животных по методу групп-аналогов разделили на две группы: опытную и контрольную. Для восстановления нормального уровня показателей обменных процессов и повышения физической активности у служебных собак был подобран комплекс препаратов, стимулирующих обмен.

Собакам опытной группы был назначен курс фармакологических препаратов: парентерально – «Суиферровит А» 5 мл на одну инъекцию, подкожно 2 раза в неделю; перорально – «Стролитин» в дозе 10 мл и «Янтарная кислота» 0,1 г 1 раз в день в течение 14 дней. Собаки контрольной группы лекарственные препараты не получали.

1. «Суиферровит А» в 1 см³ содержит железо (в форме комплекса железа (III) с декстра-

ном) – 7,5 (7–8) мг, медь – 0,015 (0,01–0,02) мг, кобальт – 0,025 (0,02–0,03) мг, селен – 0,015 (0,01–0,03) мг, ферментативный гидролизат соевого белка (полный комплекс аминокислот и низшие пептиды) – 50 (45–65) мг, витамины группы В: тиамин (В₁) – 0,03 мг, рибофлавин (В₂) 0,012 мг, пиридоксин (В₆) – 0,003 мг, никотинамид (РР) – 0,3 мг, кальция пантотеноат (В₅) – 0,016 мг, фенол – 3,0 мг, вода до 1 мл [14].

«Суиферровит А» в своем составе содержит микроэлементный комплекс из железа, меди, кобальта, селена, витаминов группы В (В₁, В₂, В₅, В₆ и никотиновая кислота) и ферментативного гидролизата соевого белка.

2. «Стролитин», в 1 мл содержит в качестве действующего вещества L-карнитин гидрохлорид – 50 мг, а также вспомогательные вещества: магния сульфат – 250 мг, сорбитол – 250 мг, воду очищенную – до 1 мл.

«Стролитин» в качестве действующего вещества содержит L-карнитин гидрохлорид, обладающий анаболическим, антигипоксическим действием, способствует нормализации метаболических процессов, предотвращает остеопороз.

3. «Янтарная кислота» усиливает окислительно-восстановительные реакции в организме, способствует повышению энергетического обмена путем достаточного синтеза АТФ [15].

Образцы крови для исследования отбирали в вакуумную пробирку из подкожной вены предплечья собаки в начале и конце исследования.

Исследование крови проводилось в ФГБНУ «Федеральный Алтайский научный центр агробiotехнологий» на автоматическом гематологическом анализаторе MicroCC- 20 Plus (США), биохимический анализ крови проводился на фотометрическом автоматическом анализаторе Chem WELL Combi 2910 (США) с использованием наборов реагентов ЗАО «Вектор-Бест» согласно инструкции по применению данных наборов.

Статистическую обработку результатов исследования проводили с определением критерия достоверности Стьюдента–Фишера, с использованием компьютерной программы Microsoft Excel 2007.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В соответствии с целью опыта для оценки эффективности применения комплекса стиму-

ляторов обмена веществ нами было проведено исследование морфобioхимического состояния собак. Результаты представлены в таблице.

Морфобioхимические показатели собак породы немецкая овчарка, направление применения «общерозыскной профиль» ($M \pm n, n = 16$)
Morphobiochemical parameters of German Shepherd dogs, application area “general search profile” ($M \pm n, n = 16$)

| Показатель | Опытная группа | | Контрольная группа | | Нормативные значения по [17] |
|---|-------------------|--------------------|--------------------|-------------------|------------------------------|
| | Начало опыта | Конец опыта | Начало опыта | Конец опыта | |
| RBC (эритроциты), $\times 10^{12}$ кл/л | 7,11 \pm 0,44 | 7,9 \pm 0,22*** | 6,89 \pm 0,42 | 7,25 \pm 0,2 | 5,5–8,5 |
| HGB (гемоглобин), г/л | 132,14 \pm 7,9 | 141,66 \pm 7,32 | 134,38 \pm 10,48 | 129,75 \pm 7,28 | 120–190 |
| МНС (средняя концентрация Hb в эритроцитарной массе), г/л | 251,43 \pm 7,84 | 257,4 \pm 3,87* | 258,0 \pm 10,52 | 237,88 \pm 6,84 | 320–380 |
| МСН (среднее количество содержания Hb в одном эритроците), пг | 18,69 \pm 1,21 | 19,23 \pm 1,37 | 19,34 \pm 1,18 | 17,51 \pm 1,07 | 21–25 |
| MCV (средний объем эритроцита), фл | 74,31 \pm 3,28 | 70,9 \pm 1,43 | 74,96 \pm 1,85 | 73,85 \pm 6,54 | 62–73 |
| RDW-CV (среднее распределение эритроцитов по величине), % | 14,5 \pm 0,53 | 14,1 \pm 0,46 | 14,18 \pm 0,75 | 14,95 \pm 0,72 | 12–15 |
| HCT (гематокрит), % | 50,8 \pm 1,18 | 52,66 \pm 2,3 | 50,4 \pm 2,0 | 52,8 \pm 2,1 | 37–54 |
| Глюкоза, ммоль/л | 3,34 \pm 0,21 | 4,1 \pm 0,32*** | 3,43 \pm 0,28 | 3,12 \pm 0,25 | 4,3–6,7 |
| Холестерин, ммоль/л | 6,75 \pm 0,19 | 4,9 \pm 0,32*** | 6,83 \pm 0,51 | 6,23 \pm 0,45 | 2,8–6,9 |
| Триглицериды, ммоль/л | 0,93 \pm 0,09 | 0,94 \pm 0,05* | 0,91 \pm 0,06 | 0,5 \pm 0,06 | 0,2–1,3 |
| Железо, мкмоль/л | 18,8 \pm 1,7 | 25,3 \pm 1,9*** | 19,56 \pm 2,6 | 20,6 \pm 2,7 | 15–42 |
| Магний, ммоль/л | 0,79 \pm 0,05 | 0,81 \pm 0,07 | 0,79 \pm 0,07 | 0,97 \pm 0,14 | 0,6–1,0 |
| Цинк, ммоль/л | 10,9 \pm 0,67 | 16,0 \pm 6,37 | 10,9 \pm 0,88 | 15,76 \pm 4,13 | 10,7–30,6 |
| Кальций, ммоль/л | 2,49 \pm 0,11 | 2,48 \pm 0,15 | 2,59 \pm 0,05 | 2,58 \pm 0,08 | 2,25–2,7 |
| Фосфор, ммоль/л | 1,57 \pm 0,41 | 1,25 \pm 0,32 | 1,58 \pm 0,05 | 1,7 \pm 0,21 | 0,8–2,0 |
| Кальций/фосфор | 1,6 \pm 0,11 | 2,09 \pm 0,32 | 1,7 \pm 0,13 | 1,58 \pm 0,05 | 1,35–2,8 |
| Хлориды, ммоль/л | 111,15 \pm 2,51 | 110,82 \pm 2,25* | 110,85 \pm 2,8 | 118,61 \pm 2,2 | 110–118 |

Примечания. * – разница достоверна между группами, $P < 0,05$.

** – разница достоверна между исследованиями, $P < 0,05$.

Согласно результатам исследования, указанным в таблице, в начале опыта отмечается патология красной крови у всех животных.

Количество эритроцитов в начале исследования находилось в пределах референсных значений у всех собак, однако ко второму исследованию уровень эритроцитарных клеток у собак опытной группы достоверно повысился как

по отношению к контрольной группе на 8,22 % ($P < 0,05$), так и между исследованиями на 10 %.

Концентрация гемоглобина в группе собак, получавших лечение, получила тенденцию к увеличению между исследованиями на 7,2 %, а концентрация гемоглобина у собак контрольной группы в конце исследования составила 129,75 \pm 7,28 г/л, что на 3,4 % ниже данного показателя в начале исследования.

Показатель МСНС в обеих группах на протяжении всего исследования был ниже физиологической нормы, однако у животных опытной группы в конце исследования наблюдался достоверный рост средней концентрации гемоглобина в эритроцитарной массе на 8,2 % ($P < 0,05$) по отношению к животным, не получавшим лечение.

В конце исследования среднее содержание гемоглобина в одном эритроците в контрольной группе составил $17,51 \pm 1,07$ пг, что на 10,4 % ниже результатов первого исследования, а у собак опытной группы, напротив, данный показатель получил тенденцию к увеличению на 9,8 % по отношению к контрольным аналогам.

В начале исследования было отмечено увеличение объема эритроцитов выше физиологической нормы у животных опытной и контрольной группы на 1,7 и 2,6 % соответственно. Очевидно, это связано с реакцией организма на снижение уровня эритроцитов и гемоглобина в крови. Однако к моменту второго исследования у животных, получавших комплекс стимуляторов обмена, наблюдалось снижение данного показателя до физиологической нормы, а у животных контрольной группы показатель продолжал расти на 5,4 % по сравнению с данными первого исследования.

Среднее распределение эритроцитов по величине и уровень гематокрита за весь период проведения опыта у всех собак оставались в пределах физиологической нормы для этого вида животных.

В начале исследования углеводный обмен у животных отмечался гипогликемией. По завершении исследования у собак опытной группы уровень глюкозы был достоверно больше на 31,4 % ($P < 0,05$) по сравнению с уровнем анализируемого показателя контрольной группы. Одновременно с этим у животных контрольной группы уровень глюкозы снизился еще на 10 % по сравнению с показателями первого исследования.

При первом исследовании уровня холестерина в крови у собак обеих групп значимых различий не выявлено. Второе исследование крови собак показало достоверное снижение уровня холестерина в опытной группе по сравнению с контрольной группой. Снижение уровня холестерина показало достаточно большую

интенсивность в опытной группе и составило 24,3 % ($P < 0,05$).

Исследование сыворотки крови после применения комплексной терапии у собак опытной группы показало, что уровень триглицеридов существенно не изменился. Однако следует отметить, что концентрация триглицеридов в крови контрольной группы собак снизилась в 1,4 раза относительно первого исследования ($P < 0,05$).

После проведения второго исследования сыворотки крови у опытной группы служебных собак уровень триглицеридов практически не изменился, составив при втором исследовании $0,94 \pm 0,05$ ммоль/л и при первом исследовании $0,93 \pm 0,09$ ммоль/л. При этом концентрация данного показателя существенно снизилась в крови собак контрольной группы в 1,4 раза относительно исходного значения ($P < 0,05$). Среднегрупповые значения в этот период были выше в опытной группе собак относительно контроля на 53,1 % ($P < 0,05$).

Анализ результатов второго исследования показал достоверный рост уровня железа в сыворотке крови у собак опытной группы на 34,5 % ($P < 0,01$) между исследованиями, а между группами – на 22,8 % ($P < 0,05$). Повышение уровня железа мы связываем с поступлением его в составе комплексного препарата «Суиферровит А». В то время как у собак, не получавших лечение, рост данного показателя внутри группы между первым и вторым исследованиями составил 5 %. Повышение уровня железа в крови контрольных животных было недостоверным и, возможно, связано с его выходом из депо сложного белкового комплекса ферритина тканей.

В контрольной группе животных увеличение уровня магния ко второму исследованию составило $0,97 \pm 0,14$ ммоль/л при одновременно низкой концентрации кальция и высоком содержании в крови фосфора. Вероятно, это вызвано значительным выходом данного элемента из костного депо. Аналогичную картину отмечали А.В. Савинков и М.Н. Орлов (2019) у крупного рогатого скота при остео дистрофии [16]. Повышение концентрации магния у собак контрольной группы к заключительному исследованию было на 14 % выше относительно первоначального уровня. В опытной группе со-

держание магния в течение всего исследования изменялось незначительно (на 2 %) и недостоверно. Межгрупповые различия были выше в контрольной группе относительно опытной на 19,8 % ($P < 0,05$).

Концентрация цинка в крови собак обеих групп в течение всего исследования находилась в пределах нижних физиологических границ с незначительным повышением уровня анализируемого показателя к заключительному исследованию. Вместе с тем указанные изменения были недостоверны как внутри группы, так и между ними. Вероятно, низкий уровень цинка в крови опытной и контрольной групп обусловлен антагонистическим отношением цинка с железом за взаимодействие с трансферрином [1].

Уровень кальция в крови собак опытной и контрольной групп оставался на одном уровне как в начале, так и в конце исследования. В то же время уровень фосфора в контрольной группе вырос на 7,59 % между исследованиями. Указанные изменения, на наш взгляд, вызваны ацидозом, возникшим вследствие увеличения в крови недоокисленных продуктов. Результатом этого стало активное вымывание из костей не только кальция, но и фосфора.

Коэффициент отношения Са/Р в опытной группе к заключительному исследованию снизился, в то время как в контрольной группе собак он, напротив, повысился, что, на наш взгляд, указывает на положительную динамику

восстановления минерального обмена у собак опытной группы.

ВЫВОДЫ

1. Нарушение гомеостаза у служебных собак сопровождалось изменениями в некоторых показателях красной крови: снижением средней концентрации гемоглобина в эритроцитарной массе ($251,43 \pm 7,84 - 258,0 \pm 10,52$ г/л), увеличением среднего объема эритроцитов ($74,31 \pm 3,28 - 74,96 \pm 1,85$ фл); нарушением обмена веществ: снижением уровня глюкозы ($3,34 \pm 0,21 - 3,43 \pm 0,28$ ммоль/л), повышением уровня холестерина ($6,75 \pm 0,19 - 6,83 \pm 0,51$ ммоль/л); а также патологией минерального обмена, выраженной низким уровнем железа ($18,8 \pm 1,7 - 19,56 \pm 2,6$ мкмоль/л), увеличением уровня магния при одновременно низкой концентрации кальция и высоком содержании в крови фосфора.

2. Фармакотерапия стимуляторами обмена веществ собак опытной группы стабилизировала показатели крови: достоверно увеличился уровень эритроцитов и гемоглобина на 10 и 7,2 %, достоверно повысился уровень глюкозы на 31,4 %, снизился уровень холестерина на 24,3 % ($P < 0,05$), отмечен достоверный рост уровня железа (до $25,3 \pm 1,9$ мкмоль/л), что способствовало развитию тенденции к восстановлению минерального обмена.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Минеральный обмен в крови коров в условиях экологического неблагополучия на территории Южного Урала / А.С. Паули, Е.А. Кокшанов, Р.Р. Фаткуллин, А.М. Исмурзин // БИО АО «Уралбиовет» (Екатеринбург). – 2020. – № 5 (236). – С. 4–7.
2. Коррекция нарушений обмена веществ и воспроизводительной функции коров / И.А. Шкуратова, М.В. Ряпосова, А.Н. Стуков, В.Н. Невинный // Ветеринария. – 2007. – № 9. – С. 9–11.
3. Казанцев Д.А. Оценка метаболического профиля маралов-рогачей алтае-саянской породы – // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2023. – № 2. – С. 190–196. – DOI: 10.31677/2072-6724-2023-67-2-190-196.
4. Крушинский Л.В., Меркурьева Е.К., Израилевич И.Е. Служебная собака: руководство по подготовке специалистов служебного собаководства. – М.: Гос. изд-во с.-х. лит-ры, 2018. – 618 с.
5. Профилактика нарушения обмена веществ у телят микроэлементами / В.И. Сапего, С.И. Плященко, Е.В. Берник [и др.] // Ветеринария. – 2005. – № 3. – С. 46–51.
6. Берестов В.А. Биохимия и морфология крови пушных зверей. – Петрозаводск, 1971. – 291 с.
7. Мантатова Н.В. Комплексная терапия при нарушении минерального обмена у песцов // Ветеринария. – 2011. – № 6. – С. 49–51.

8. *Burwell A.K.* Calcium sodium phosphosilicate (NovaMin): remineralization potential // *Adv Dent Res.* – 2009. – Vol. 21 (1). – P. 35–39. – DOI: 10.1177/0895937409335621.
9. *Мезенцева С.В., Лазарева М.В., Стацевич Л.Н.* Влияние кормовой добавки Биокальций на биохимический статус крови перепелов // *Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет).* – 2022. – № 4. – С. 153–159. – DOI: 10.31677/2072–6724–2022–65–4–153–159.
10. *Бассауэр Г.М.* Влияние препарата «Суиферровит» на восстановление физической активности служебных собак // *Вестник биотехнологии Уральского государственного аграрного университета.* – 2023. – № 3 (36). – С. 3–4.
11. *Лечение патологии обмена у служебных собак / А.В. Требухов, Г.М. Бассауэр, О.Г. Дутова, С.А. Утц* // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета.* – 2022. – № 6. – С. 79–84. – DOI: 10.53083/1996-4277-2022-212-6-79-84.
12. *Фармакологическая коррекция обмена веществ в период восстановления физической активности у собак / А.В. Требухов, Г.М. Бассауэр, О.Г. Дутова, [и др.]* // *Ветеринария.* – 2022. – № 9. – С. 50–56. – DOI: 10.30896/0042–4846.2022.25.9.50–56.
13. *Требухов А.В.* Особенности нарушения обмена веществ у высокопродуктивных коров в биогеохимической провинции Алтайского края // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета.* – 2018. – № 8. – С. 95–99.
14. VIDAL: справочник лекарственных средств [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.vidal.ru/veterinar/suiferrovit-a-27639> (дата обращения: 14.04.2024).
15. *Наглядная биохимия / Ян Кольман, К.-Г. Рём.* – М.: Мир, 2004. – 469 с.
16. *Савинков А.В., Орлов М.М.* Влияние нарушения минерального обмена при алиментарной остеодистрофии молочных коров на химический состав хвостовых позвонков: сб. науч. тр. Краснодарского науч. центра по зоотехнии и ветеринарии. – 2019. – Т. 8, № 1. – С. 270–275. – DOI: 10.34617/7gq7–g655.

REFERENCES

1. *Pauli A.S., Kokshanov E.A., Fatkullin R.R., Ismurzin A.M., Mineral'nyy obmen v krvi korov v usloviyakh ekologicheskogo neblagopoluchiya na territorii Yuzhnogo Urala (Mineral metabolism in the blood of cows in conditions of ecological unfavorability in the territory of the Southern Urals), BIO AO «Ural-biovet» Ekaterinburg, 2020, No. 5 (236), pp. 4–7. (In Russ.)*
2. *Shkuratova I.A., Rjaposova M.V., Stukov A.N., Nevinnij V.N., Veterinarija, 2007, No. 9, pp. 9–11. (In Russ.)*
3. *Kazancev D.A., Vestnik NGAU (Novosibirskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet), 2023, No. 2, pp. 190–196, DOI: 10.31677/2072–6724–2023–67–2–190–196. (In Russ.)*
4. *Krushinskij L.V., Merkur'eva E.K., Izrailevich I.E., Sluzhebnaja sobaka (Service dog), Moscow: Gosudarstvennoe izdatel'stvo sel'skohozjajstvennoj literatury, 2018, 618 p.*
5. *Sapego, V.I., Pljashhenko S.I., Bernik E.V., Veterinarija, 2005, No. 3, pp. 46–51. (In Russ.)*
6. *Berestov V.A., Biokhimiya i morfologiya krvi pushnykh zverey (Biochemistry and morphology of blood of fur animals), Petrozavodsk, 1971, pp. 29–45. (In Russ.)*
7. *Mantatova N.V., Veterinarija, 2011, No. 6, pp. 49–51. (In Russ.)*
8. *Burwell A.K., Calcium sodium phosphosilicate (NovaMin): remineralization potential, Adv Dent Res, 2009, Vol. 21(1), pp. 35–39, DOI: 10.1177/0895937409335621.*
9. *Mezenceva S.V., Lazareva M.V., Stacevich L.N., Vestnik NGAU (Novosibirskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet), 2022, No. 4, pp. 153–159, DOI:10.31677/2072–6724–2022–65–4–153–159. (In Russ.)*
10. *Bassaujer G.M., Vestnik biotehnologii Ural'skogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, 2023, No. 3(36), pp. 3–4. (In Russ.)*
11. *Trebuhov A.V., Bassaujer G.M., Dutova O.G, Utc S.A., Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, 2022, No. 6, pp. 79–84, DOI: 10.53083/1996–4277–2022–212–6–79–84. (In Russ.)*
12. *Trebuhov A.V., Bassaujer G.M, Dutova O.G., Utc S.A., Beljaeva N.Ju., Veterinarija, 2022, No. 9, pp. 50–56, DOI: 10.30896/0042–4846.2022.25.9.50–56. (In Russ.)*
13. *Trebuhov A.V., Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, 2018, No. 8, pp. 95–99. (In Russ.)*

14. VIDAL: *spravochnik lekarstvennyh sredstv* (reference book of medicines), 2012, URL: <https://www.vidal.ru/veterinar/suiferrovit-a-27639> (data obrashhenija 14.04.2024).
15. Kol'man Jan, Klaus–Genrih Rem, *Naglyadnaya biokhimiya* (Visual Biochemistry), Moscow: Mir, pp. 304–305.
16. Savinkov A.V., Orlov M.M., *Sbornik nauchnykh trudov Krasnodarskogo nauch. tsentra po zootekhnii i veterinarii*, 2019, T. 8, No. 1, pp. 270–275, DOI: 10.34617/7gq7–g655. (In Russ.)

ОЦЕНКА ПИТАТЕЛЬНОСТИ И ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ГРАНУЛИРОВАННОЙ ВИТАМИННО-ТРАВЯНОЙ МУКИ, ЗАГОТОВЛЕННОЙ В УСЛОВИЯХ ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ

¹Е.В. Богатырева, старший научный сотрудник

¹П.А. Фоменко, старший научный сотрудник

¹Е.А. Мазилев, кандидат экономических наук

²Н.А. Щекутьева, кандидат сельскохозяйственных наук

¹Вологодский научный центр Российской академии наук, Вологда, Россия

²Вологодская государственная молочнохозяйственная академия им. Н.В. Верещагина, с. Молочное Вологодской обл., Россия

E-mail: szniikorma@mail.ru

Ключевые слова: витаминно-травяная мука (ВТМ), корма искусственно высушенные, питательность, животноводство, кормопроизводство.

Реферат. Анализ кормов проводился в химической лаборатории на оборудовании ЦКП «Центр сельскохозяйственных исследований и биотехнологий» ФГБНУ ВолНЦ РАН. Порядок проведения испытаний для большинства сельскохозяйственных кормов установлен ГОСТ 50817–95. Для определения содержания сырого протеина по методу Кьельдаля с использованием полуавтоматического анализатора UDK 159 (VELP, Италия) использовался ГОСТ 13496.4–2019, ГОСТ 31675–2012 применялся для определения содержания сырой клетчатки с использованием автоматического анализатора FIBE-6, ГОСТ 13496.15–2016 применялся для определения содержания сырого жира с использованием аппарата Soxhlet., ГОСТ 32933–2014 используется для определения содержания сырой золы. Оценочную проверку травянистых неестественно подсушенных кормов согласно классу качества проводили в такой последовательности: при согласовании большего количества характеристик какому-либо одному классу витаминно-травяную муку (ВТМ) оценивали по этому классу. При изучении энергетической питательности количество сухого вещества в гранулированной ВТМ установлено в пределах 867,00 – 917,69 г., обменной энергии – 9,25–10,57 МДж/кг, переваримого белка – 69,9 – 119,6 г/кг и кормовых единиц – 0,71–0,85 кг. Таким образом, проверка полезности образцов, которые были отобраны и отправлены, нам показала, что корм из люцерны и клевера помогает получить питательный корм высокого качества, который легко усваивается организмом и соответствует показателям II – III класса. Качество приготовленной муки из вико-овсяного травостоя и смеси трав оставляет желать лучшего. Изучение качества этих искусственно высушенных травяных кормов, можно заключить, что их питательная ценность недостаточно высокая. Это объясняется низким содержанием обменной энергии (9,25–9,39 МДж/кг) и белка (11,69–12,83 %). Этот факт необходимо принимать во внимание при организации правильного кормления крупного рогатого скота. Качество корма является принципиальным условием, от которого зависит продуктивность животных.

ASSESSMENT OF NUTRITIONALITY AND NORMATIVE INDICATORS OF GRANULATED VITAMIN-HERBAL FLOUR FOR AGRICULTURAL ANIMALS, PREPARED IN THE CONDITIONS OF THE VOLOGDA REGION

¹E.V. Bogatyreva, senior researcher

¹P.A. Fomenko, senior researcher

¹E.A. Mazilov, Candidate of Economic Sciences

²N.A. Shchekutyeva, Candidate of Agricultural Sciences

¹Vologda Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Vologda, Russia

²Vologda State Dairy Farming Academy named after N.V. Vereshchagin, Molochnoye village, Vologda region, Russia

E-mail: szniikorma@mail.ru

Keywords: nutritional value, vitamin-grass flour, artificially dried feed, animal husbandry, feed production.

Abstract. *Feed analysis was carried out in a chemical laboratory using the equipment of the Center for Agricultural Research and Biotechnology at the Voluntary Research Center of the Russian Academy of Sciences. The testing procedure for most agricultural feeds is established by GOST 50817-95. To determine the crude protein content using the Kjeldahl method using a semi-automatic analyzer UDK 159 (VELP, Italy), GOST 13496.4-2019 was used, GOST 31675-2012 was used to determine the crude fiber content using an automatic analyzer FIBE-6, GOST 13496.15-2016 was used to determine crude fat content using the Soxhlet apparatus., GOST 32933-2014 is used to determine the crude ash content. An evaluation test of herbaceous unnaturally dried feed according to the quality class was carried out in the following sequence: when more characteristics were agreed upon for any one class, vitamin-grass meal (VHM) was assessed according to this class. When studying the energy nutritional value, the amount of dry matter in granulated vitamin-herbal flour was established within the range of 867.00–917.69 g, metabolic energy – 9.25–10.57 MJ/kg, digestible protein – 69.9–119.6 g/kg and feed units – 0.71–0.85 kg. Thus, checking the usefulness of the samples that were selected and sent to us showed that feed from alfalfa and clover helps to obtain high-quality nutritious feed that is easily absorbed by the body and corresponds to class II–III indicators. The quality of prepared flour from vetch-oat grass and a mixture of herbs leaves much to be desired. As a result of studying the quality of these artificially dried grass feeds, we can conclude that their nutritional value is not high enough, as a result of the low content of the main characteristics: such as metabolic energy (9.25–9.39 MJ/kg) and protein (11.69–12.83 %), which is necessary take into account when organizing proper feeding of cattle. The quality of feed is a fundamental condition on which productivity depends.*

Молочное скотоводство является неотъемлемой ведущей сферой деятельности сельхозпроизводства России, которая обеспечивает продовольственную безопасность государства. Наращивание объемов производства и реализации продукции скотоводства, а также увеличение уровня его продуктивности и сохранения поголовья животных является приоритетной целью сферы животноводства в сегодняшней ситуации, как в Вологодской области, так и в России в целом. Ключом к достижению этой цели является использование потенциальных возможностей крупного рогатого скота посредством обеспечения оптимальных условий для его содержания и кормления, помимо улучшения имеющихся пород и создания новых [1].

Сельскохозяйственные корма для животных должны отвечать ветеринарным требованиям, установленным действующими нормативными актами, быть питательными и безопасными. Кормление считается полноценным, если оно способствует поддержанию здорового состояния животных, нормальному функционированию их репродуктивной системы, достижению высокой продуктивности и получению высококачественной продукции при минимальных затратах на корм. Полноценное удовлетворение потребностей коров в питательных веществах, витаминах, минеральных веществах и ценных кормах является фундаментальным принципом эффективного питания этих животных [2].

Значительное внимание при этом придается сбалансированности витаминного комплекса.

В противоположность остальным питательным элементам биоактивные вещества не являются энергетическим или строительным ресурсом. Они, как органические соединения различного химического состава, существенно влияют на все системы жизнедеятельности животных.

Чтобы животные получали достаточное количество витаминов, необходимо производить высококачественные корма с использованием передовых технологий. Например, в качестве источников бета-каротина можно отметить зеленую массу (20–70 мг/кг), морковь – *Daucus carota* (80–100 мг/кг), витаминно-травяную муку (100–250 мг/кг), витаминный корм из искусственно высушенных еловых и сосновых веток (120–130 мг/кг), сенаж (30–50 мг/кг) и витаминное сено. Количество бета-каротина в кормах растительного происхождения определяется разновидностью и сортом кормовых растений, стадией роста, методами выращивания, моментом сбора и условиями хранения кормов [3].

Невозможность пользоваться свежей зеленой массой и неограниченным выпасом на протяжении всего года связано с погодными условиями Северо-Западного региона России. По этой причине в зимний период используются разнообразные методы сохранения травы для кормления животных. Обычно это корм, приготовленный путем высушивания скошенной травы в солнечную погоду, который подлежит долгосрочному хранению. Но при его подвяливаниях теряется до 50 % питательных веществ.

Солнечное излучение серьезнее всего разрушает каротин, белок и витамины, содержащиеся в сене. Таким образом, высокоградусное высушивание кормов в этом контексте приобретает чрезвычайную важность. Его плюсы, такие как повышенная эффективность труда, увеличение срока службы оборудования, уменьшение зависимости от погодных условий при заготовке кормов и перенос основной работы на постоянную базу, предоставляют возможность проводить производственную технологию кормов на промышленной основе [4].

В Вологодской области, являющейся одним из ведущих сельскохозяйственных регионов Европейского севера России, вопросы кормопроизводства стоят достаточно остро, обусловлено это во многом и сложными климатическими условиями [5]. В связи с этим цель исследования заключается в определении качества производимой в Вологодской области травяной муки в соответствии с показателями, утвержденными в ГОСТ.

Для выполнения данной цели решались следующие задачи:

- оценка кормов по питательности;
- изучение химического состава основных нормативных показателей качества кормов травяных искусственно высушенных;
- определение классности витаминно-травяной муки (ВТМ) согласно стандартам Российской Федерации.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследований являются травяные гранулы, произведенные из различного растительного сырья в сельскохозяйственных предприятиях Вологодской области.

Анализ кормов проводился в лаборатории химического анализа Центра коллективного пользования «Центр сельскохозяйственных исследований и биотехнологий» ФГБУН ВолНИЦ РАН в рамках государственного задания № FMGZ -2022-0003.

Порядок проведения испытаний установлен ГОСТ 50817–95. Для определения содержания сырого протеина по методу Кьельдаля с использованием полуавтоматического анализатора UDK 159 (VELP, Италия) использовался ГОСТ

13496.4–2019, ГОСТ 31675–2012 применялся для определения содержания сырой клетчатки с использованием автоматического анализатора FIWE-6, ГОСТ 13496.15–2016 применялся для определения содержания сырого жира с использованием аппарата Soxhlet, ГОСТ 32933–2014 использовался для определения содержания сырой золы. Всего проанализировано 126 образцов.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

ВТМ получают путем высокоградусного высушивания и измельчения зеленой массы, собранной в начальные стадии роста растений. По данным ВАСХНИЛа, в среднем при производстве грубых и сочных кормов теряется 20–30 % пищевых компонентов, поэтому необходимо улучшить процедуру их изготовления, искать новые виды кормов и добавок для компенсации этих потерь. Способом сохранения питательных веществ в растениях с эффективностью до 95 % является приготовление сухих зеленых кормов, включая ВТМ, с использованием искусственного высушивания [6].

Использование в качестве сушилki для зеленой массы высокотемпературных аппаратов позволяет сохранить кормовые свойства почти в полном объеме. Питательная ценность травяной муки аналогична зеленой массе, так как из растительного сырья быстро выводится влага, что приводит к потере всего – 3–8 % питательных компонентов и 10–15 % бета-каротина от общего количества [7]. Разнообразные технологические процессы изготовления кормов из зеленого травостоя и их результативность представлены в табл. 1.

Качество ВТМ в основном определяется тем, какие виды травостоя были использованы и каким образом был проведен процесс гранулирования. Для производства питательной травяной муки, широко используемой в кормлении различных животных, наиболее часто применяют смеси разнообразных бобовых, злаковых и полевых трав. Одним из самых эффективных решений является использование следующих видов трав: экологически чистая люцерна, питательный клевер и уникальная смесь из разных сортов вика и овса [8].

Технологические процессы изготовления кормов из зеленого травостоя и их результативность
Technological processes for the production of feed from green grass and their effectiveness

| Кормовой продукт | Выход с 1 га, кг | | Белковые потери, % к зеленой траве | Объем коровьего молока с 1 га, кг |
|-------------------------|--------------------|---------------|---------------------------------------|--------------------------------------|
| | Переваримого белка | бета-каротина | | |
| Зеленая трава | 285 | 0,45 | – | 2850 |
| Грубый корм – сено | 129 | 0,20 | 55 | 1290 |
| Сочные корма – силос | 185 | 0,30 | 35 | 1850 |
| Витаминно-травяная мука | 269 | 0,43 | 5 | 2690 |

Мука из разнотравья содержит 0,63 к.ед. и 10–11 % белка, что меньше, чем в других видах ВТМ. Данная мука имеет более низкое содержание кальция (5,5–6 г/кг) и более высокое содержание фосфора (3 г/кг) по сравнению с травяной мукой на основе бобовых. Тем не менее количество минеральных веществ и витаминов практически одинаково. А каротиновый уровень находится в границах 120 мг/кг. Именно она идеально подходит для замены сена плохого качества.

Обычно бобово-злаковая травяная мука представляет собой смесь вики посевной (*Vicia sativa*) и гороха (*Pisum*) или овса (*Avena*). *Vicia sativa* относится к растениям, которые выращиваются в течение одного года и используются в качестве корма. Зеленой массы образуется небольшое количество, но она портится при воздействии влажной почвы. Для эффективного роста и развития вики требуется дополнительная поддержка со стороны других растений, поэтому ее следует выращивать в сочетании с другой растительностью. Эта смесь очень питательна и животные ее с удовольствием едят. Ее показатели по содержанию кормовых единиц, протеина и каротина (0,66, 16–16,5 % и до 140 мг/кг соответственно) ниже, чем у травяной муки бобовых. Но в то же время она остается превосходным источником высококачественного белка, витаминов и микроэлементов, которые организм животного легко усваивает [9].

Одной из наиболее важных многолетних кормовых культур для систем животноводства из-за ее высокого выхода биомассы и хороших питательных качеств считается *Medicago* (Люцерна посевная) [10]. Питательная ценность

муки из люцерны выше, чем из других видов трав. Ее состав включает в себя 0,62–0,72 кормовых единиц, 14–19 % белка, концентрация бета-каротина от 120 до 200 мг/кг, а количество кальция 12–17 г/кг. Состав во многом зависит от того, в какой период роста получали травяную муку. Витаминно-белковый корм, полученный из зеленой массы люцерны, применяемый в рационах животных, благоприятно влияет на воспроизводство и продуктивность, рост и развитие молодняка, нормализует пищеварение, обеспечивает организм животных витаминами, аминокислотами, макро- и микроэлементами. Вместо зерновых кормов можно использовать муку из люцерны или добавлять ее в качестве источника витаминов и протеина. Скот с удовольствием потребляет все виды кормов, которые содержат люцерну [11, 12].

В муке из клевера (*Trifolium*) содержится значительное количество полноценного протеина – до 17 %. На каждый килограмм такой муки приходится примерно 14 г кальция, а уровень бета-каротина составляет до 170 мг/кг. Кроме того, эта мука богата витаминами Е и группы В, что делает ее отличным источником питательных веществ. При использовании муки из трилистника также необходимо обратить внимание на соответствие нормам питания и удовлетворение потребностей животных в белке и кальции. Животные переваривают 64,5 % сухого вещества клевера (*Trifolium*), содержащегося в травяной муке. Клеверный искусственно высушенный корм богат витамином В2 и фолиевой кислотой (*Acidum folicum*), но не настолько богат белком, как люцерновый. Тем не менее он обладает большим количеством витамина В1 и никотиновой кислоты.

Практика передовых хозяйств, ведущих научно-исследовательских институтов, занимающихся производством кормов и разведением животных, позволяет сделать вывод о высокой эффективности использования ВТМ [11].

Важность технологии заготовки травяной муки заключается в сохранении всех ее полезных веществ.

Производство муки из трав состоит из нескольких этапов, особенности соблюдения которых необходимо строго соблюдать, что позволит получить качественный продукт, пригодный для кормления животных.

Особенно важно, что в ходе производства настоящей травяной муки применяется высокоградусная обработка. В результате этого ВТМ – полностью безопасный корм.

Изготовление травяной муки

Зеленую траву скашивают специальными машинами (кормоуборочные комбайны марок CLAAS JAGUAR, KRONE), затем измельчают и загружают в транспортные средства, чтобы доставить на предприятие, где она будет сушиться и принимать гранулированную форму. На производстве предварительно мелко нарезанную зеленую массу грузят в сушильный барабан с помощью транспортера. После чего сухой материал направляется в измельчающее устройство, где получается мука, далее она помещается в гранулятор, где добавляются влага и связующие вещества, такие как вода или природные полимеры. Затем смесь измельченной травы и связующего вещества прессуется в гранулы нужной формы и размера. Далее гранулы травяной муки подвергаются процессу сушки, чтобы удалить излишнюю влагу. Это обычно делается в специальных сушилках при определенной температуре и продолжительности времени. После полного высыхания гранулы охлаждаются, чтобы избежать значительных потерь каротина, и упаковываются в удобные контейнеры или пакеты для хранения.

Для сокращения расходов на искусственную сушку зеленой массы иногда используют иной метод заготовки: подвяливание. Скошенная зеленая масса остается на поле около 2–3 ч, в результате чего она теряет от 5 до 10 % содержания каротина [13].

Извлечение влаги из подвяленной травы уменьшается примерно в два раза, что ускоряет

и делает более доступным процесс сушки. Однако данная технология не способна создавать ВТМ первого класса с наивысшими характеристиками.

Качество травяной муки определяется формой и условиями хранения, которые оказывают влияние на содержание питательных веществ и витаминов. Используя технологию гранулирования травяной муки, можно сохранить ее ценные качества, а также минимизировать потребность в складских помещениях и снизить потери при перевозке и хранении.

Гранулированные корма легко усваиваются животными, что благотворно сказывается на их продуктивности [14, 15]. Преимущества также обусловлены следующими аспектами.

Каждая гранула содержит полный комплекс питательных веществ и витаминов, хорошо усваивается. Гранулированный корм круглый год обеспечивает сбалансированное питание скота, благодаря чему активно увеличивается привес молодняка, удой у коров. При использовании травяных гранул снижаются затраты на приобретение других кормов.

Комбикорм компактен, занимает мало места, устойчив к температурным и влажностным перепадам, хранится долгое время без потери питательных свойств. Правильно приготовленные гранулы имеют гладкую непористую поверхность, не растрескиваются, не рассыпаются.

Гранулы не нарушают функционал жевательного аппарата у скота, не раздражают слизистую, улучшают деятельность ЖКТ.

Гранулированный корм удобно раздавать автоматическим и механизированным способом.

Низкая себестоимость при довольно высокой цене при реализации выгодны для бизнеса на комбикорме.

Для достижения научно приемлемой схемы кормления сельхозпредприятия должны получать полноценные корма и вводить новые кормовые добавки для восполнения недостающих питательных веществ в рационе [16].

Мы провели исследования на компонентах, которые входят в состав кормовых добавок. В ходе наблюдений изучалась мука из бобовых, бобово-злаковые компоненты и смеси трав. Рациональность использования кормовых добавок в кормлении крупного рогатого скота,

состоящих из местных растительных ресурсов, побудила нас получить необходимые сведения о питательной ценности этих компонентов, количестве содержания основных нормативных показателей в процессе сельскохозяйственного производства заготовки и хранения.

Качество этих кормов должно строго соответствовать требованиям ГОСТ 56383–2015. ВТМ для кормления животных получают из разнообразных растений, включая многолетние и однолетние бобовые и злаковые травы, а также их смеси и другие растения, содержащие много белка и витаминов. Они могут быть представлены в виде рассыпной травяной муки или резки, а также прессованных гранул или брикетов, с добавлением антиокислителей или без них.

При производстве сухих травяных кормов применяют молодой травостой во время наибольшего количества листьев. Необходимо скашивать злаковые травы, когда они выходят в трубку, т. е. в начале колошения. Бобовые растения следует убирать до полной бутони-

зации многолетних растений и начала образования бобов в нижнем ярусе у однолетников. Все остальные культуры необходимо косить до начала цветения (ГОСТ Р 56383–2015).

Витаминно-травяные гранулы и мука имеют темно-зеленый оттенок и сладковатый запах сена, свидетельствующий о пригодности сырья и отсутствии каких-либо искусственных добавок или ароматизаторов. Твердая структура, блестящая поверхность и ровная форма гранул говорят об их хорошей обработке и отсутствии повреждений, что важно для сохранения качества и свежести продукта. Отсутствие признаков плесени является хорошим показателем гигиены процесса производства и хранения продукта, а также его свежести.

Травяные искусственно высушенные корма делятся на три категории качества в соответствии с установленными стандартами, указанными на рис. 1, 2. На рис. 2 указано, сколько каротина содержится в сухих травяных кормах, которые хранились в хозяйствах до 10 дней.



Рис. 1. Стандарты оценки качества гранулированной травяной муки
Standards for assessing the quality of granulated grass meal

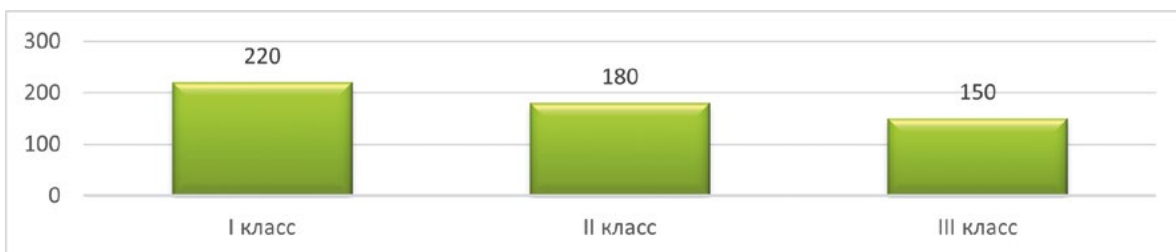


Рис. 2. Каротиновый уровень в сухом веществе, мг/кг, не меньше
Carotene level in dry matter, mg/kg, not less than

Оценочная проверка травянистых неестественно подсушенных кормов согласно классу качества проводилась следующим образом: при соответствии большого количества ха-

рактеристик какому-либо из классов ВТМ образцу присваивался соответствующий класс. В случае отнесения отдельных показателей к разным классам качества определяющими

факторами являются содержание сырого протеина, сырой золы и каротина. Такой подход позволяет упростить процесс оценки качества искусственно высушенных травяных кормов и сделать его более объективным, так как он основан на совокупности показателей. Однако следует учитывать, что оценка качества корма по классу зависит от выбранных критериев и требований, поэтому результаты могут немного отличаться в зависимости от использованной системы классификации.

В ходе изучения питательной ценности гранулированной ВТМ было определено, что содержание сухого вещества составляет от 867,00 до 917,69 г/кг, обменная энергия – от 9,25 до 10,57 МДж/кг, переваримый белок – от 69,9 до 119,6 г/кг и кормовые единицы – от 0,71 до 0,85 кг.

Исследование питательности ВТМ из разных трав показали, что по своей энергетической и протеиновой питательности наиболее ценной является травяная мука из люцерны (табл. 2).

Таблица 2

Содержание основных компонентов энергетической и кормовой питательности гранулированной витаминно-травяной муки из различных видов трав
Content of the main components of energy and feed nutrition of granulated vitamin-herbal flour from various types of herbs

| Показатель | Травяная мука | | | | | | | |
|---------------------------|--------------------|----------------|---------|----------------|--------|----------------|------------|----------------|
| | Вико-овсяная смесь | Класс качества | Люцерна | Класс качества | Клевер | Класс качества | Смесь трав | Класс качества |
| Кормовая единица, кг | 0,69 | – | 0,85 | – | 0,75 | – | 0,71 | – |
| Переваримый протеин, г/кг | 77,00 | – | 119,60 | – | 82,30 | – | 69,90 | – |
| ОЭ, МДж/кг | 9,25 | – | 10,57 | – | 9,58 | – | 9,39 | – |
| СВ, г | 917,69 | – | 867,00 | – | 896,80 | – | 886,45 | – |
| Зола, % | 9,59 | I | 10,05 | II | 9,31 | I | 9,19 | I |
| Протеин, % | 12,83 | н/к | 18,22 | II | 13,79 | н/к | 11,69 | н/к |
| Клетчатка, % | 28,61 | н/к | 24,59 | II | 24,86 | II | 26,96 | н/к |
| Жир, % | 3,43 | | 3,76 | | 3,86 | | 3,80 | |
| Сахар, % | 8,31 | | 4,55 | | 10,07 | | 11,58 | |
| Каротин, мг/кг | 135 | н/к | 150 | III | 111 | н/к | 111 | н/к |
| Итого | | н/к | | II | | III | | н/к |

Примечание. н/к – неклассный.

Главным фактором при оценке кормов является их белковая питательность [17]. При сравнении показателей химического состава гранулированной травяной муки, заготовленной в условиях Вологодской области, с требованиями ГОСТ 56383–2015 на корма травяные искусственно высушенные, необходимо отметить, что корм, приготовленный из люцерны, по концентрации сырого протеина соответствует стандарту II класса, доля которого составила

18,22 %. В трех других вариантах содержание белка значительно меньше, и составляет 11,69–13,79 %, что не соответствует требованиям.

Средний уровень клетчатки в изучаемых кормах колеблется в пределах от 24,59–28,61 %, что соответствует нормативным требованиям II класса качества и неклассному. Нормальная зольность витаминной муки составляет не более 10–12 % от сухого вещества. В результате наших исследований установлено, что содер-

жание золы во всех вариантах варьировало в пределах нормы и составило 9,19–10,05 %, что соответствовало I и II классу качества.

Каротин является главным критерием, определяющим качество травяной муки. Чем больше листьев у растения, тем более питательным и богатым каротином будет как само растение, так и мука, полученная из него. Из данных табл. 2 видно, что травяная мука из люцерны обладает высоким содержанием каротина – 150,0 мг/кг. Это указывает на явное преимущество по сравнению с травяной мукой из клевера и из смеси трав и соответствует нормативному показателю III класса качества.

Понижение класса качества происходит, когда содержание сырой клетчатки в продукте увеличивается, а содержание протеина и каротина снижается.

ВЫВОДЫ

1. Проверка полезности образцов показала, что ВТМ из люцерны и клевера помогает получить питательный корм высокого качества, который легко усваивается организмом и соответствует показателям II–III класса.

2. Качество приготовленной муки из вико-овсяного травостоя и смеси трав следует охарактеризовать как низкое. Их питательная ценность недостаточно высокая вследствие низких показателей обменной энергии (9,25–9,39 МДж/ кг) и белка (11,69–12,83 %). Это необходимо учитывать при организации правильного кормления крупного рогатого скота.

3. В связи с этим целесообразно рекомендовать придерживаться методов приготовления, которые гарантируют получение кормов высокого качества, не ниже I–II класса. При этом неблагоприятные климатические условия и технологические ошибки могут сказаться на полноценности ВТМ, ухудшая ее питательную ценность и качество. Поэтому важно учитывать эти факторы при производстве и использовании муки.

4. Научный вклад авторов данной работы состоит в изучении оценки питательности и показателей качества гранулированной травяной муки, заготовленной в условиях Вологодской области, которая предназначена для специалистов сельхозпредприятий, заинтересованных в области кормления животных.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Абрамова Н.И., Зенкова Н.В., Селимян М.О.* Перспективы развития молочного скотоводства в Вологодской области // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2023. – № 2 (67). – С. 133–141. – DOI:10.31677/2072-6724-2023-67-2-133-141.
2. *Гамко Л.Н.* Кормление высокопродуктивных коров: учеб. пособие. – Брянск: Изд-во Брянской ГСХА, 2010. – 103 с.
3. *Кормление сельскохозяйственных животных: учеб. пособие для студ. выс. с.-х. учеб. заведений по специальностям «Ветеринарная медицина», «Зоотехния» / В.К. Пестис [и др.].* – Минск: ИВЦ Минфина, 2009. – 540 с.
4. *Леута И.А.* Производство витаминно-травяной муки – востребованный высокодоходный бизнес // Экономика и управление в современных условиях: мат-лы междунар. (заочной) науч.-практ. конф. / Гл. ред. В.Ф. Забуга – Красноярск, 2015. – С. 130–132.
5. *Сайт* Департамента сельского хозяйства и продовольственных ресурсов Вологодской области. [Электронный ресурс]. – URL: <https://agro.gov35.ru> (дата обращения: 25.06.2024).
6. *Савоськин В.* Травяная мука – «зеленое золото» // Комбикорма. – 2009. – № 5. – С. 38–39.
7. *Полноценное кормление молочного скота – основа реализации генетического потенциала продуктивности / В.И. Волгин, Л.В. Романенко, П.Н. Прохоренко [и др.].* – М.: РАН, 2018. – 260 с.
8. *Биологические основы кормления животных и птицы: учебное пособие / Л.Н. Гамко, В.Е. Подольников, И.В. Малякко, Г.Г. Нуриев.* – Брянск: Изд-во Брянского ГАУ, 2015. – 252 с.
9. *Костомахин Н.М.* Виды травяной муки и эффективность использования в кормлении животных // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. – 2014. – № 3. – С. 21–28.
10. *Assessment of Alfalfa Populations for Forage Productivity and Seed Yield Potential under a Multi-Year Field Trial / M. Tucak, D. Horvat, T. Cupić [et al.]* // Agronomy. – 2023. – Vol. 13(2). – P. 349. – DOI: 10.3390/agronomy13020349.
11. *Терпиловский К.Ф., Иоффе В.Б.* Беседы о кормах. – Минск: Ураджай, – 1987. – 158 с.

12. Богатырева Е.В., Фоменко П.А., Щекутьева Н.А. Сравнительная характеристика сортов люцерны в условиях Вологодской области // *АгроЗooТехника*. – 2021. – Т. 4, № 4. – DOI: 10.15838/alt.2021.4.4.1.
13. Костомахин Н.М., Костомахин М.Н. Традиционные технологии производства травяной муки // *Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт*. – 2015. – № 4. – С. 14–28.
14. Overview of feed granulation technology and technical means for its implementation / D.A. Blagov, A.Ya. Gizatov, D.R. Smakuyev [et al.] // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Volume 613, The International Scientific and Practical Conference Biotechnology in the Agro-Industrial Complex and Sustainable Environmental Management 22 October 2020, Veliky Novgorod, Russian Federation. – DOI: 10.1088/1755-1315/613/1/012018.
15. Plant Feed Additives as Natural Alternatives to the Use of Synthetic Antioxidant Vitamins in Livestock Animal Products Yield, Quality, and Oxidative Status: A Review / E. Tsiplakou, R. Pitino, C.L. Manuelian [et al.] // *Antioxidants (Basel)*. – 2021. – № 10(5). – P. 780.
16. Николаева Н.А. Использование кормовых добавок в кормлении молочных коров // Роль науки в инновационном развитии племенного животноводства Республики Саха (Якутия): сб. мат-лов науч.-практ. конф. и семинара-совещания, посвящ. 100-летию со дня рождения Г.П. Коротова, д-ра с.-х. наук, заслуженного зоотехника ЯАССР, первого директора Якутского НИИ сельского хозяйства, Якутск, 27–28 марта 2013 г. – Якутск, 2013. – С. 89–93.
17. Костомахин Н.М., Иванов А.В. Травяная мука – белковый и витаминный корм // *Главный зоотехник*. – 2013. – № 7. – С. 3–10.

REFERENCES

1. Abramova N.I., Zenkova N.V., Selimyan M.O., *Vestnik NGAU (Novosibirskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet)*, 2023, No. 2, pp. 133–141, DOI: 10.31677/2072-6724-2023-67-2-133-141. (In Russ.)
2. Gamko L.N., *Kormlenie vysokoproduktivnykh korov* (Feeding highly productive cows), Bryansk: Izdatel'stvo Bryanskoi GSKhA, 2010, 103 p.
3. Pestis V.K. [i dr.], *Kormlenie sel'skokhozyajstvennykh zhivotnykh* (Feeding farm animals), Minsk: IVC Minfina, 2009, 540 p.
4. Leuta I.A., *Ekonomika i upravlenie v sovremennykh usloviyakh* (Economics and management in modern conditions), materials of the international (correspondence) scientific and practical conference, Krasnoyarsk, 2015, pp. 130–132. (In Russ.)
5. *Sayt Departamenta sel'skogo khozyaystva i prodovol'stvennykh resursov Vologodskoy oblasti*: <https://agro.gov35.ru>. (In Russ.)
6. Savos'kin B., *Kombikorma*, 2009, No. 5. pp. 38–39. (In Russ.)
7. Volgin V.I., Romanenko L.V., Prokhorenko P.N. i dr., *Polnotsennoe kormlenie molochnogo skota – osnova realizatsii geneticheskogo potentsiala produktivnosti* (Adequate feeding of dairy cattle is the basis for realizing the genetic potential of productivity), Moscow: RAN, 2018, 260 p.
8. Gamko L.N., Podol'nikov V.E., Malyavko I.V., Nuriev G.G., *Biologicheskie osnovy kormleniya zhivotnykh i ptitsy* (Biological basis of feeding animals and poultry), Bryansk: Izd-vo Bryanskogo GAU, 2015, 252 p.
9. Kostomakhin N.M., *Kormlenie sel'skokhozyaistvennykh zhivotnykh i kormoproizvodstvo*, 2014, No. 3, pp. 21–28. (In Russ.)
10. Tucak M., Horvat D., Cupić T. [et al.], Assessment of Alfalfa Populations for Forage Productivity and Seed Yield Potential under a Multi-Year Field Trial, *Agronomy*, 2023, Vol. 13(2), pp. 349, DOI: 10.3390/agronomy13020349.
11. Terpilovskii K.F., Ioffe V.B., *Besedy o kormakh* (Conversations about feed), Minsk: Uradzhai, 1987, 158 p. (In Russ.)
12. Bogatyreva E.V., Fomenko P.A., Shchekut'eva N.A., *AgroZooTehnika*, 2021, T. 4, No. 4, DOI: 10.15838/alt.2021.4.4.1. (In Russ.)
13. Kostomakhin N.M., Kostomakhin M.N., *Sel'skokhozyaistvennaya tekhnika: obsluzhivanie i remont*, 2015, No. 4, pp. 14–28. (In Russ.)
14. Blagov D.A., Gizatov A.Ya., Smakuyev D.R. [et al.], Overview of feed granulation technology and technical means for its implementation, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Volume 613, The International Scientific and Practical Conference Biotechnology in the Agro-Industrial Complex and

Sustainable Environmental Management 22 October 2020, Veliky Novgorod, Russian Federation, DOI: 10.1088/1755-1315/613/1/012018.

15. Tsiplakou E., Pitino R., Manuelian C.L. [et al.], Plant Feed Additives as Natural Alternatives to the Use of Synthetic Antioxidant Vitamins in Livestock Animal Products Yield, Quality, and Oxidative Status: A Review, *Antioxidants (Basel)*, 2021, No. 10(5), pp. 780.
16. Nikolaeva N.A., *Rol' nauki v innovatsionnom razvitii plemennogo zivotnovodstva Respubliki Sakha(Yakutiya)* (The role of science in the innovative development of livestock breeding in the Republic of Sakha(Yakutiya)), Collection of materials of the scientific-practical conference and seminar-meeting, Yakutsk, 2013, pp. 89–93.
17. Kostomakhin N.M., Ivanov A.V., *Glavnyi zootekhnik*, 2013, No. 7, pp. 3–10. (In Russ.)

ИЗУЧЕНИЕ СВЯЗИ ТИПА ВЫСШЕЙ НЕРВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ С МОЛОЧНОЙ ПРОДУКТИВНОСТЬЮ КОРОВ

В.Т. Головань, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Д.В. Оsepчук, доктор сельскохозяйственных наук

Д.А. Юрин, кандидат сельскохозяйственных наук

Н.В. Агаркова, аспирант

Краснодарский научный центр по зоотехнии и ветеринарии, Краснодар, пгт. Знаменский, Российская Федерация

E-mail: 4806144@mail.ru

Ключевые слова: коровы, доение, высшая нервная деятельность, молочная продуктивность, лактация, состав молока.

Реферат. Целью представленных исследований было изучение влияния типа высшей нервной деятельности (ВНД) на секрецию органических компонентов молока в различных условиях доения. Исследования проведены в два периода. Первый период являлся стандартным, а во втором был условный раздражитель: присутствие постороннего лица. Коров черно-пестрой породы отнесли к четырем типам ВНД: 1-й тип – сильный, уравновешенный; 2-й – сильный, неуравновешенный; 3-й – сильный, инертный; 4-й – слабый, тормозной. В первый период у коров 2-го типа было отмечено достоверное снижение количества молока, жира и глюкозы, но массовая доля белка в молоке имела тенденцию к увеличению отдельно за каждую дойку на 0,22 %. Коэффициент отношения массовой доли белка к проценту лактозы за две дойки был достоверно выше на 0,06 по отношению к 1-му типу. У 3-го типа в целом за две дойки было отмечено увеличение лактозы на 13,3 г, жира – на 7,0 г, в отличие от показателей первого типа. Животные четвертого типа имели тенденцию к снижению секреции молока до 18,3 %. Массовая доля в молоке жира была ниже до 0,53 % ($P < 0,05$) и белка до 0,28 %, а доля лактозы в молоке, наоборот, была стабильно выше в обе дойки на 0,25–0,26 % ($P < 0,05$). Во второй период (с условным раздражителем) у коров второй группы была отмечена положительная динамика к увеличению массовой доли белка с утра при машинном удое на 0,26 % ($P < 0,05$), при ручной дойке – на 0,32 % ($P < 0,05$) по отношению к первой группе. Массовая доля жира при машинной и ручной дойке у животных второго типа имела тенденцию к снижению. В третьей группе показатели жира в молоке первых струек утром были выше на 0,99 % ($P < 0,05$), белка – на 0,33 %, лактозы – на 0,09 % по отношению к первому типу. У коров со слабой, тормозной нервной системой влияние условного раздражителя способствовало снижению коэффициентов отношений массовой доли в молоке жира и белка к лактозе до 0,14 и 0,09 по сравнению с коровами 1-го типа.

STUDYING THE RELATIONSHIP OF THE TYPE OF HIGHER NERVOUS ACTIVITY WITH THE MILK PRODUCTIVITY OF COWS

V.T. Golovan, Doctor of Agricultural Sciences, professor

D.V. Osepchuk, Doctor of Agricultural Sciences

D.A. Yurin, PhD Agr. Sci.

N.V. Agarkova, PhD student

Krasnodar Scientific Center for Animal Science and Veterinary Science, Krasnodar, pgt. Znamenskiy, Russiya

E-mail: 4806144@mail.ru

Keywords: cows, milking, higher nervous activity, milk productivity, lactation, milk composition.

Abstract. The purpose of the presented research was to study the influence of the type of higher nervous activity (HNA) on the secretion of organic components of milk in various milking conditions. The studies were carried out in 2 periods. The first period was standard, and in the second there was a conditioned stimulus - the presence of an outsider. Black-and-white cows were assigned to four types of higher nervous activity: type 1 - strong, balanced; type 2 - strong, unbalanced; 3 - strong, inert; 4 - weak, inhibitory. In the first period, type 2 cows showed a significant decrease in the amount of milk, fat and glucose, but the mass fraction of protein in milk tended to increase separately for each milking by 0.22 %. The ratio of the mass fraction of protein to the

percentage of lactose for two milkings was significantly higher by 0.06, in relation to type 1. In type 3, in general, for two milkings, an increase in lactose by 13.3 g, fat - by 7.0 g was noted, in contrast to the indicators of the first type. Animals of the fourth type tended to reduce milk secretion to 18.3 %. Also, the mass fraction of fat in milk was lower to 0.53 % ($P < 0.05$) and protein to 0.28 %, and the proportion of lactose in milk, on the contrary, was consistently higher in both milkings by 0.25-0.26 % ($P < 0.05$). In the second period (with a conditioned stimulus), cows of the second group showed a positive trend towards an increase in the mass fraction of protein in the morning with machine milking by 0.26 % ($P < 0.05$), and with manual milking by 0.32 % ($P < 0.05$), in relation to the first group. The mass fraction of fat during machine and manual milking in animals of the second type tended to decrease. In the third group, the indicators of milk of the first streams in the morning were higher by 0.99 % ($P < 0.05$) - fat, by 0.33 % - protein, by 0.09 % - lactose, in relation to the first type of higher nervous activity. In cows with a weak, inhibitory nervous system, the influence of the conditioned stimulus contributed to a decrease in the ratios of the mass fraction of fat and protein in milk to lactose to 0.14 and 0.09, compared with type 1 cows.

В ходе синтетической деятельности молочной железы происходит инактивация гормонов. Снижение их концентрации в крови воспринимается различными рецепторами. В ответ на это центральная нервная система стимулирует секрецию нового количества гормонов, обеспечивающих синтез молока на высоком уровне.

Так, было установлено, что сосание резко снижает содержание пролактина в гипофизе животных, дегрануляцию ацидофильных клеток аденогипофиза, гипертрофию аппарата Гольджи, а, как известно, именно ацидофильные клетки секретируют пролактин [1, 2].

Чувствительные импульсы с молочной железы, вызванные доением или сосанием, стимулируют не только секрецию пролактина, но и тиреотропного гормона, изменяют секрецию гонадотропинов. Имеются данные об изменении секреции адренокортикотропного гормона (АКТГ) и саматотрофного гормона под воздействием импульсов от молочной железы. В подтверждение этому можно привести опыты, в которых массажем вымени вызывали рост молочной железы и секрецию молока у нелактующих животных, а также усиление молокообразования у лактирующих. Показана рефлекторная связь между молочной железой, пищеварительной, дыхательной и сердечно-сосудистой системами организма, а также половыми органами. Поэтому под воздействием стимулов доения происходят глубокие перестройки в организме. Раздражением рецепторов вымени у животных можно вызвать непрерывную секрецию молока [3–5].

Доказано, что раздражение рецепторов вымени вызывает усиленный приток к нему крови. Это способствует молоковыведению и стимулирует секреторный процесс в результате увеличения поступления предшественников молока и гормонов. Синтетическая деятель-

ность молочной железы также тесно связана с ее моторной функцией.

Таким образом, под воздействием чувствительных импульсов от молочной железы происходит многосторонняя перестройка не только гормонообразовательной деятельности гипофиза, но и других внутренних органов, тесно связанных с функцией молочной железы [6, 7].

Большую ценность для физиологии лактации представляет информация о влиянии высших отделов головного мозга на регуляцию секреции молока. В опытах показано это при изменении функционального состояния коры больших полушарий. В особенности при столкновении корковых процессов возбуждения и торможения наблюдаются значительные изменения секреции молока и молочного жира [8, 9].

Под регуляцией понимается непрерывный физиологический процесс, обеспечивающий приспособление молочной железы, как исполнительного органа, и всего организма животного к выполнению функции образования, накопления и выведения молока в условиях непрерывно изменяющейся внешней и внутренней среды. Эта регуляция протекает в виде рефлекторных актов. В основе рефлекса лежит рефлекторная дуга. Начальным этапом рефлекса служит нервный импульс с рецептора, трансформирующего энергию механических, химических и других раздражителей. Нервный импульс достигает регулирующих центров, от которых исходят соответствующие реакции. Причем и афферентное звено, и эфферентное звено могут быть представлены нервным и нервно-гуморальным путем. Рефлекс зависит не только от силы и характера раздражителя, но и от состояния структурных элементов рефлекторной дуги [10–12].

Высшим отделом регуляции функции молочной железы является кора головного мозга.

Последняя через подкорковые, стволовые образования мозга, гипоталамус и другие звенья регулирует секреторную функцию молочной железы.

Импульсы от рецепторов вымени адресуются не только лактационному центру, но и центрам, которые регулируют функции эндокринной, пищеварительной, дыхательной, сердечно-сосудистой и других систем организма. Поэтому первоначальный нервный импульс от молочной железы как бы превращается в залп импульсов, оказывающий мощное воздействие на весь организм.

В процессе рефлекторной регуляции лактации важное место принадлежит гуморальным веществам. Введение экстракта задней доли гипофиза приводит к выделению молока. Этот эффект обусловлен действием гормона окситоцина, который выделяется в обычных условиях в ответ на стимулы сосания и доения.

Нервно-гормональная природа рефлекса молокоотдачи у разных типов высшей нервной деятельности (ВНД) приводит к четкой синхронности молоковыведения из четвертей, поэтому изучение рефлекса молокоотдачи по одной четверти вымени характеризует молокоотдачу в целом [13–15].

Целью проведенного опыта было изучение влияния типа ВНД на секрецию органических компонентов молока в различных условиях доения.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Опыт проведен на 37 коровах-первотелках черно-пестрой породы. У всех животных определяли типы ВНД по методу условных рефлексов на пищевые раздражители. Коров в первой половине лактации распределили по группам в соответствии с типом ВНД. К 1-му типу ВНД (сильный, уравновешенный, подвижный) отнесено 9 голов, ко 2-му (сильный, неуравновешенный) – 8 голов, к 3-му (сильный, инертный) – 11 голов и к 4-му (слабый, тормозной) – 9, т.е. коров разных типов было примерно равное количество. Первая группа 1-го типа была контрольной.

Коров кормили по зоотехническим нормам, содержали привязно в коровниках на двести голов, доили 3 раза в сутки с интервалом 12,6 и 6 ч. Животные принадлежали ОПХ «Рассвет» ФГБНУ КНЦЗВ, г. Краснодар.

Схема опыта дана в табл. 1.

Таблица 1

Схема опыта по изучению влияния типа ВНД коров на секрецию молока под влиянием раздражителей
Scheme of the experiment to study the influence of the type of high nervous activity of cows on milk secretion under the influence of irritants

| Период опыта | Продолжительность периода, дней | Технология доения | Раздражитель | |
|--------------|---------------------------------|-------------------|-------------------------------|-------------|
| | | | условный | безусловный |
| 1 | 10 | Стандартная | – | – |
| 2 | 5 | Стандартная | Присутствие постороннего лица | – |

В первом периоде определялось количество молока и его химический состав в течение 10 дней в стандартных условиях. В последующий период проводился порционный анализ состава разового удоя: первых струек молока, молока машинного удоя и молока, полученного при ручном удое, выполняемом после машинного доения и съема доильного аппарата. Причем в ручном удое надаивалась лишь порция молока в 20±5 г равномерно со всех четвертей.

Во втором периоде воздействовали на коров условным раздражителем: присутствием постороннего человека (экспериментатора).

Было изучено влияние воздействия нервной системы коров на концентрацию в молоке лактозы, жира и белка. При этом учитывали, что как пластическое вещество самое большое значение для построения тела теленка имеет белок, затем жир и углевод лактоза. Как источник энергии на первом месте стоит жир, за ним следует лактоза и затем белок. По легкости усвоения на первом месте находится лактоза, затем жир, затем белок. При потреблении равного количества молока, различающегося по составу питательных веществ, потомство животных разных типов оказывается в неодина-

ковых условиях. Больше пластических веществ и энергии будут получать вскармливаемые молоком с повышенным отношением белка к лактозе и жира к лактозе. Поэтому для удобства отражения этого явления нами предлагается единица измерения: коэффициент отношения концентрации в молоке белка к концентрации лактозы, или белково-лактозный коэффициент $K_{б/л}$ и коэффициент отношения концентрации жира в молоке к концентрации лактозы, или жиролактозный коэффициент $K_{ж/л}$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

У коров с 1-м типом ВНД в стандартных условиях коэффициент отношения массовой доли жира к лактозе был равен утром $0,68 \pm 0,04$, а в обед – $0,91 \pm 0,06$; соответственно белка к лактозе: $0,75 \pm 0,03$ и $0,85 \pm 0,03$.

В первом периоде опыта при стандартной технологии доения коровы 1-го типа ВНД были на $114,6 \pm 12,4$ дне лактации. Стадия лактации в опытных группах практически не различалась.

Показатели, характеризующие функцию молочной железы в утреннюю и обеденную

дойки, у них были соответственно следующие: количество секретированного молока $8,88 \pm 0,48$ и $5,42 \pm 0,36$ кг; массовая доля в молоке: жира $3,06 \pm 0,20$ и $4,06 \pm 0,18$ %; белка $3,36 \pm 0,12$ и $3,41 \pm 0,11$ % и лактозы $4,52 \pm 0,12$ %.

С целью усиления контрастности и достоверности анализа, выявления отличительных особенностей в секрети молока различных типов ВНД проведено сопоставление с 1-м типом ВНД, а не со средними показателями по выборке, так как в последнем случае происходило бы нивелирование различий за счет включения в средние данные цифр типа, с которым проводится сравнение.

Главными особенностями у коров 2-го типа ВНД было то, что количество секретированного молока, жира и лактозы достоверно ниже в утреннюю дойку. Это составляет в относительном выражении $15,8-15,9$ %. В абсолютном выражении количество молока ниже на $1,42$ кг, жира – на $42,7$ г, белка – на $25,4$ г и лактозы – на $63,3$ г. В обеденную дойку имеется тенденция в их отставании, как и в целом за две дойки до $13,3$ % относительно животных 1-го типа ВНД (табл. 2).

Таблица 2

Характеристика состава молока и его органических компонентов в стандартных условиях доения, \pm разность с 1-м типом ВНД в абсолютном выражении (1-й период опыта)
 Characteristics of the composition of milk and its organic components under standard milking conditions, \pm difference with the 1st type of VND in absolute terms (1st period of the experiment)

| Показатель | Тип ВНД | | | | | | | | |
|---|----------------------------|-------|--------------------|-------|-------|-------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | 2-й | | | 3-й | | | 4-й | | |
| | Доение: У – утро, О – обед | | | | | | | | |
| | У | О | У+О | У | О | У+О | У | О | У+О |
| <i>Количество</i> | | | | | | | | | |
| Молоко, кг | -1,42 ^a | -0,66 | -0,95 | -0,02 | +0,10 | +0,11 | -0,68 | -0,99 | -0,84 |
| Жир, г | -42,7 ^a | -18,4 | -29,6 | -20,5 | +34,5 | +7,0 | -54,0 ^a | -59,9 ^b | -57,0 ^b |
| Белок, г | -25,4 | -38,1 | -28,3 | -9,6 | -38,9 | -18,7 | -41,3 | -62,6 ^b | -51,9 ^a |
| Лактоза, г | -63,3 ^a | -18,5 | -37,2 | +12,4 | +7,2 | +13,3 | -12,6 | -33,6 | -23,1 |
| <i>Массовая доля в молоке, %</i> | | | | | | | | | |
| Жир | +0,05 | -0,03 | -0,02 | -0,12 | +0,36 | +0,09 | -0,37 | -0,53 ^b | -0,45 ^a |
| Белок | +0,30 | +0,14 | +0,22 ^a | -0,01 | -0,16 | -0,08 | -0,28 ^a | -0,21 | -0,24 |
| Лактоза | +0,02 | -0,15 | -0,06 | +0,15 | +0,07 | +0,11 | +0,25 ^a | +0,26 ^a | +0,25 ^b |
| <i>Коэффициент отношения массовой доли в молоке</i> | | | | | | | | | |
| Жира к лактозе | +0,01 | +0,02 | +0,01 | -0,05 | +0,05 | +0,04 | -0,11 ^a | -0,17 ^b | -0,14 ^b |
| Белка к лактозе | +0,06 | +0,05 | +0,06 ^a | -0,02 | -0,05 | -0,04 | -0,10 ^b | -0,09 ^b | -0,09 ^b |

Примечание: ^a – при $P < 0,05$, ^b – при $P < 0,01$.

Массовая доля белка в молоке у коров этого типа имела тенденцию к увеличению отдельно за каждую дойку и достоверное различие за две дойки вместе на 0,22 %. Достоверно выше был коэффициент отношения массовой доли белка к проценту лактозы за две дойки на 0,06.

У коров 3-го типа ВНД, по сравнению с аналогичными показателями коров 1-го типа ВНД, отмечены лишь слабые стабильные тенденции в увеличении массовой доли лактозы в молоке до 0,15 % и уменьшение содержания белка, как и коэффициента отношения белка к лактозе (особенно в обед) до 0,05 % ($P < 0,10$).

У коров 4-го типа ВНД наблюдалась тенденция или достоверное понижение утром и в обед секреции молока до 18,3 %, жира и белка – до 30,6 %. У этих животных, по сравнению с животными 1-го типа ВНД, была ниже массовая доля в молоке жира до 0,53 % ($P < 0,05$) и белка до 0,28 %, а лактоза в молоке, наоборот, была стабильно выше в обе дойки на 0,25–0,26 % ($P < 0,05$).

Коэффициенты отношения массовой доли в молоке жира и белка к лактозе были как отдельно, так и вместе по двум дойкам существенно ниже у коров 4-го типа ВНД соответственно до 0,14 и 0,09 по сравнению с коровами 1-го типа.

Таким образом, количество основных компонентов молока, их концентрация и взаимоотношения в обычных условиях связаны с типом ВНД. В стандартных условиях доения коровы 1-го типа ВНД превосходили животных 2-го типа по количеству секретированного молока, жира и лактозы в утреннюю дойку на 15,7–16,0 %, коров 4-го типа по количеству жира и белка за утреннюю и обеденную дойки на 20,1–23,2 % и в массовой доле жира на 0,45 %, белка на 0,24 %, но имели меньшую массовую долю лактозы в секрете на 0,25 % от коров 4-го типа.

Коровы 2-го типа имели выше белково-лактозный коэффициент на 0,06 %, а 4-го типа имели ниже в среднем по двум дойкам жиролактозный и белково-лактозный коэффициенты на 0,09–0,14 по сравнению с коровами 1-го типа. В этом опыте замечены тенденции, но досто-

верной разницы между животными 1-го и 3-го типа ВНД в секреторной функции молочной железы не обнаружено.

Во 2-й период опыта изучали секрецию молока при доении с условным раздражителем (присутствие постороннего лица), которым был экспериментатор. Технология доения отличалась от обычной еще и тем, что для анализа отбирались пробы молока первых струек (1-я порция), машинного удоя (2-я порция) и ограниченной (20 ± 5 г) порции молока, надаиваемой вручную после съема доильного аппарата, именуемой «ручным додоем» (3-я порция).

Первая порция молока получалась до рефлекса молокоотдачи, вторая – в условиях продолжительного действия этого рефлекса и третья порция – при заключительной его стадии. Проявление рефлекса молокоотдачи зависит от типа нервной системы, а с его характеристикой связан состав молока. У коров 1-го типа ВНД представлены средние показатели на 132 ± 19 дней лактации. У коров других типов стадия лактации была практически такой же. Коровы 1-го типа секретировали больше молока машинного удоя на 10–20,6 %, жира на 7,7–23 %, белка на 10,6–19,6 % и лактозы на 12,1–23,4 % по сравнению с другими типами ВНД. Они имели молоко машинного удоя с массовой долей жира и лактозы на уровне или выше, чем у животных других типов ВНД, и такой же массовой доли белка относительно 4-го типа ВНД (табл. 3).

У коров 1-го типа ВНД от 1-й до 3-й порции молока растет процент жира от 1,22 до 8,17 утром и с 2,05 до 7,35 в обед. Концентрации белка и лактозы более стабильны. У коров 1-го типа ВНД молоко первых струек характеризуется низким коэффициентом отношения массовой доли жира к лактозе: утром $0,26 \pm 0,03$, в обед $0,46 \pm 0,07$. Этот показатель по молоку машинного удоя возрастает соответственно до $0,74 \pm 0,04$ и $0,86 \pm 0,05$, а в ручном додое до $1,77 \pm 0,11$ и $1,58 \pm 0,21$. Коэффициент отношения массовой доли в молоке белка к лактозе более стабилен. В изучаемых порциях, как утром, так и в обед, он колеблется в ограниченных пределах: от 0,74 до 0,78.

Характеристика молока и его органических компонентов при доении коров в присутствии постороннего лица (2-й период опыта)
Characteristics of milk and its organic components when milking cows in the presence of an outsider (2nd period of the experiment)

| Показатель | Тип ВНД | | | | | | | |
|--|----------------------------|------------|------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | 1-й | | 2-й | | 3-й | | 4-й | |
| | M±m | | ± разность с 1-м типом | | | | | |
| | Доение: У – утро, О – обед | | | | | | | |
| | У | О | У | О | У | О | У | О |
| <i>Молоко первых струек (1-я порция). Массовая доля, %</i> | | | | | | | | |
| Жир | 1,22±0,12 | 2,05±0,37 | +0,13 | +0,99 ^a | +0,11 | +1,34 ^a | -0,04 | +0,84 ^a |
| Белок | 3,57±0,05 | 3,25±0,17 | +0,26 ^a | +0,33 | +0,04 | +0,15 | -0,26 ^a | 0 |
| Лактоза | 4,70±0,06 | 4,28±0,12 | -0,27 ^a | -0,71 | +0,09 | -0,75 | +0,02 | -0,92 |
| <i>Отношение концентрации в молоке</i> | | | | | | | | |
| Жиры к лактозе | 0,26±0,03 | 0,46±0,07 | +0,05 | +0,28 ^a | +0,02 | +0,29 ^a | -0,05 | +0,10 |
| Белки к лактозе | 0,76±0,03 | 0,74±0,07 | +0,11 ^a | +0,13 ^a | -0,01 | +0,01 | -0,10 ^b | -0,07 |
| <i>Молоко машинного удоя (2-я порция). Количество</i> | | | | | | | | |
| Молоко, кг | 8,69±0,29 | 5,0±0,33 | -1,65 ^b | -0,71 | -1,79 ^a | -0,75 | -0,89 | -0,57 |
| Жир, г | 308,0±16 | 207,4±13 | -70,8 ^b | -32,4 | -62,1 ^a | -16,0 | -83,3 ^b | -30,6 |
| Белок, г | 310,0±5,7 | 181,0±11,3 | -42,0 ^a | -22,5 ^a | -32,8 ^a | -35,4 ^a | -62,0 ^a | -30,0 ^a |
| Лактоза, г | 414,0±12,3 | 226,0±20,6 | -96,9 ^b | -27,3 | -66,3 ^a | +42,0 | -84,2 ^a | -51,0 |
| <i>Молоко машинного удоя</i> | | | | | | | | |
| <i>Массовая доля, %</i> | | | | | | | | |
| Жир | 3,55±0,18 | 4,17±0,24 | -0,15 | -0,20 | -0,22 ^a | -0,06 | -0,65 ^b | -0,22 |
| Белок | 3,57±0,07 | 3,62±0,07 | +0,26 ^a | +0,09 | +0,02 | -0,14 | -0,28 ^a | -0,26 ^a |
| Лактоза | 4,77±0,22 | 4,58±0,09 | -0,26 ^b | -0,44 ^b | -0,10 ^a | -0,14 | -0,04 | -0,16 |
| <i>Отношение концентрации в молоке</i> | | | | | | | | |
| Жиры к лактозе | 0,74±0,04 | 0,86±0,05 | +0,01 | +0,04 | -0,03 | +0,01 | -0,16 ^b | -0,12 ^b |
| Белки к лактозе | 0,75±0,03 | 0,75±0,03 | +0,10 ^b | +0,10 ^b | +0,02 | -0,01 | -0,11 ^b | -0,08 ^b |
| <i>Молоко ручного дооя (3-я порция)</i> | | | | | | | | |
| <i>Массовая доля, %</i> | | | | | | | | |
| Жир | 8,17±0,61 | 7,35±0,93 | -0,16 | -0,43 | -0,90 | -0,66 | -1,14 | -0,99 |
| Белок | 3,55±0,12 | 3,62±0,09 | +0,32 ^a | +0,07 | +0,10 | +0,14 | +0,05 | -0,21 ^a |
| Лактоза | 4,60±0,12 | 4,50±0,08 | -0,18 ^a | -0,32 ^a | -0,13 | -0,09 | -0,16 | +0,02 |
| <i>Отношение концентрации в молоке</i> | | | | | | | | |
| Жиры к лактозе | 1,77±0,11 | 1,58±0,21 | +0,06 | +0,02 | -0,15 | -0,11 | -0,47 | -0,53 ^a |
| Белки к лактозе | 0,77±0,04 | 0,78±0,03 | +0,11 ^a | +0,08 ^a | +0,01 | -0,01 | +0,01 | -0,04 |

Примечание: ^a – при P < 0,05, ^b – при P < 0,01.

У коров 1-го типа ВНД от 1-й до 3-й порции молока растет процент жира от 1,22 до 8,17 утром и с 2,05 до 7,35 в обед. Концентрации белка и лактозы более стабильны. У коров 1-го типа ВНД молоко первых струек характеризуется низким коэффициентом отношения массовой доли жира к лактозе: утром $0,26 \pm 0,03$, в обед $0,46 \pm 0,07$. Этот показатель по молоку машинного удоя возрастает соответственно до $0,74 \pm 0,04$ и $0,86 \pm 0,05$, а в ручном додое до $1,77 \pm 0,11$ и $1,58 \pm 0,21$. Коэффициент отношения массовой доли в молоке белка к лактозе более стабилен. В изучаемых порциях, как утром, так и в обед, он колеблется в ограниченных пределах: от 0,74 до 0,78.

У коров 2-го типа ВНД в молоке первых струек имеется тенденция или достоверное увеличение как утром, так и в обед массовой доли жира до 0,99 % ($P < 0,05$), белка – до 0,33 % и, наоборот, уменьшение до 0,71 % массовой доли лактозы по сравнению с 1-м типом. Поэтому по молоку первых струек коэффициент отношения массовой доли жира к лактозе выше на 0,28 ($P < 0,05$), а белка – на 0,11–0,13 ($P < 0,05$). Коровы 2-го типа ВНД по количеству синтезированного молока, жира, белка и лактозы второй порции имеют тенденцию или достоверно уступают животным 1-го типа на 12,1–23 %, особенно в утреннее доение ($P < 0,05$).

У коров 2-го типа ВНД в молоке машинного удоя и ручного додоя особенно в утреннюю дойку была выше массовая доля белка до 0,26–0,32 % ($P < 0,05$) и, наоборот, значительно ниже – до 0,44 % ($P < 0,05$) лактозы. Молоко 2-й и 3-й порции характеризуется повышенным коэффициентом отношения массовой доли белка к лактозе на 0,08–0,11 ($P < 0,05$) по сравнению с 1-м типом ВНД.

Коровы 3-го типа ВНД характеризуются в машинном удое пониженным уровнем секреции молока, жира, белка и лактозы по сравнению с животными 1-го типа ВНД (на 7,7–20,2 %). Особенно это проявляется в утреннюю дойку. В обеденную дойку у них наблюдалось увеличение жирности молока первых струек на 1,34 % в абсолютном выражении, как и коэффициента отношения массовой доли жира к лактозе до 0,29 ($P < 0,05$). Другие показатели изменялись незначительно относительно 1-го типа ВНД.

Коровы 4-го типа ВНД отличались от животных 1-го типа машинным додоем с пониженным уровнем секреции жира, белка и лактозы, особенно в утреннюю дойку: от 10,2 до 27,0 %. Молоко первых струек характеризуется пониженной массовой долей белка в утреннюю дойку (до 0,25 %), отношением ее к массовой доле лактозы (до 0,10 %) и несколько повышенной массовой долей жира, особенно в обеденную дойку. В машинном удое у этих животных были ниже массовые доли: жира до 0,65 % и белка до 0,28 % ($P < 0,05$) в абсолютном выражении, жиролактозный и белково-лактозный коэффициенты в утреннюю и обеденную дойки были также ниже до 0,16 ($P < 0,01$) относительно 1-го типа ВНД.

Молоко третьей порции у коров 4-го типа характеризуется пониженным коэффициентом отношения массовой доли жира к лактозе (до 0,53 при $P < 0,05$), по сравнению с 1-м типом ВНД.

ВЫВОДЫ

На основании экспериментов, выполненных в серии опытов, мы пришли к ряду общих выводов:

1. В стандартных условиях доения коровы 1-го типа ВНД превосходили животных 2-го типа по количеству секретированного молока, жира и лактозы в утреннюю дойку на 15,7–16,0 %, коров 4-го типа по количеству жира и белка за утреннюю и обеденную дойки на 20,1–23,2 % и в массовой доле жира на 0,45 %, белка – на 0,24 %, но имели меньшую массовую долю лактозы в секрете на 0,25 % по сравнению с коврами 4-го типа.

2. При доении с условным раздражителем коровы 1-го типа секретировали больше молока машинного удоя на 10–20,6 %, жира – на 7,7–23 %, белка – на 10,6–19,6 % и лактозы – на 12,1–23,4 % по сравнению с другими типами ВНД. Они имели молоко машинного удоя с массовой долей жира и лактозы на уровне или выше, чем у животных других типов ВНД, и такой же массовой долей белка относительно 4-го типа ВНД.

3. В эксперименте на племенной ферме нами обнаружено примерно равное количество всех четырех типов ВНД среди коров. Следо-

вательно, передача типов ВНД в потомстве не привела к преимущественному представителству 1-го типа на предприятии: все типы присутствуют.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Молочная* продуктивность коров красно-пестрой породы с разным продуктивным использованием / А.И. Голубков, Л.В. Ефимова, А.А. Голубков [и др.] // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2022. – № 4. – С. 97–104.
2. *Повышение* воспроизводительной способности молочных коров: учеб. пособие / А.Е. Болгов, Е.П. Карманова, И.А. Хакана, М.Э. Хуобонен. – М.: Лань, 2010. – 896 с.
3. *Полянцев Н.И.* Воспроизводство в промышленном животноводстве. – М.: Росагропромиздат, 2012. – 240 с.
4. *Consistency* of temperament traits and their relationships with milk yield in lactating primiparous F1 Holstein / M.G. Marçal-Pedroza, M.M. Campos, L.G.R. Pereira [et al.] // *Gyr cows. Applied Animal Behaviour Science*. – 2020. – N 222. – P. 104881. – DOI: 10.1016/j.applanim.2019.104881.
5. *Головань В.Т., Юрин Д.А.* Влияние типов высшей нервной деятельности коров на процесс молокоотдачи // *Международный вестник ветеринарии*. – 2022. – № 1. – С. 162–165.
6. *Effects* of temperament on body parameters, ovarian structures and inflammatory response in grazing Nellore cows following fixed-time artificial insemination / M. Vedovatto, F.J.C. Faria, D.S. Costa [et al.] // *Journal of Veterinary*. – 2021. – P. 50–54. – DOI: 10.1016/j.jveb.2021.03.005.
7. *Кравайнис Ю.* Эффективность использования коров с разными типами высшей нервной деятельности // *Молочное и мясное скотоводство*. – 2007. – № 3. – С. 34–35.
8. *Смирнов А.Д., Вальковская Н.В.* Взаимосвязь типа высшей нервной деятельности с молочной продуктивностью коров холмогорской породы // *Молочнохозяйственный вестник*. – 2017. – № 2 (26). – С. 60–65.
9. *Левина Г., Артюх В., Сидельникова В.* Типы высшей нервной деятельности коров как фактор формирования высокопродуктивных стад // *Молочное и мясное скотоводство*. – 2011. – № 1. – С. 13–15.
10. *Вальковская Н.В.* Связь типа высшей нервной деятельности с молочной продуктивностью коров // *Главный зоотехник*. – 2017. – № 10. – С. 50–55.
11. *Effects* of milking temperament of dairy cows on production and reproduction efficiency under tied stall housing / M. Mincu, D. Gavojdian, I. Nicolae [et al.] // *Journal of Veterinary Behavior*. – 2021. – N 44. – P. 12–17. – DOI: 10.1016/j.jveb.2021.05.010.
12. *Загидуллин Л.Р.* Поведенческая активность коров в условиях роботизированного доения и ее связь с молочной продуктивностью // *Молочное и мясное скотоводство*. – 2020. – № 8. – С. 10–12.
13. *Bach Al.* Changes in milk production and estimated income over feed cost of group-housed dairy cows when moved between pens // *Journal of Dairy Science*. – 2022. – P. 22875. – DOI: org/10.3168/jds.2022-22875.
14. *Головань В.Т., Юрин Д.А.* Изучение взаимосвязи типа высшей нервной деятельности и продуктивности коров // *Сборник научных трудов Краснодарского научного центра по зоотехнии и ветеринарии*. – 2022. – Т. 11, № 2. – С. 47–51.
15. *Кобцев М.Ф.* Практикум по скотоводству и технологии производства молока и говядины: учеб. пособие. / – М.: Лань, 2016. – 192 с.

REFERENCES

1. Golubkov A.I., Efimova L.V., Golubkov A.A., Ermolaev S.V., Sazonova N.M., *Vestnik NGAU (Novosibirskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet)*, 2022, № 4, pp. 97–104. (In Russ.)
2. Bolgov A.E., Karmanova E.P., Hakana I.A., Huobonen M.E., *Povyshenie vosproizvoditel'noj sposobnosti molochnyh korov* (Increasing the reproductive capacity of dairy cows), Moscow: Lan', 2010, 896 p.
3. Polyancev N.I., *Vosproizvodstvo v promyshlennom zhivotnovodstve* (Reproduction in industrial livestock farming), Moscow: Rosagropromizdat, 2012, 240 p.

4. Marçal-Pedroza M.G., Campos M.M., Pereira L.G.R. [et al.], Consistency of temperament traits and their relationships with milk yield in lactating primiparous F1 Holstein, *Gyr cows*. *Applied Animal Behaviour Science*, 2020, No. 222, pp. 104881, DOI: 10.1016/j.applanim.2019.104881.
5. Golovan' V.T., YUrin D.A., *Mezhdunarodnyj vestnik veterinarii*, 2022, No. 1, pp. 162–165. (In Russ.)
6. Vedovatto M., Faria F.J.C., Costa D.S. [et al.], Effects of temperament on body parameters, ovarian structures and inflammatory response in grazing Nellore cows following fixed-time artificial insemination, *Journal of Veterinary*, 2021, No. 44, pp. 50–54, DOI: 10.1016/j.jveb.2021.03.005.
7. Kravajnis YU., *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo*, 2007, No. 3, pp. 34–35. (In Russ.)
8. Smirnov A.D., Val'kovskaya N.V., *Molochnohozyajstvennyj vestnik*, 2017, No. 2 (26), pp. 60–65. (In Russ.)
9. Levina G., Artyuh V., Sidel'nikova V., *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo*, 2011, No. 1, pp. 13–15. (In Russ.)
10. Val'kovskaya N.V., *Glavnyj zootekhnik*, 2017, No. 10, pp. 50–55. (In Russ.)
11. Mincu M., Gavojdian D., Nicolae I., Olteanu A., Vlagioiu C., Effects of milking temperament of dairy cows on production and reproduction efficiency under tied stall housing, *Journal of Veterinary Behavior*, 2021, No. 44, pp. 12–17, DOI: 10.1016/j.jveb.2021.05.010.
12. Zagidullin L.R., *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo*, 2020, No. 8, pp. 10–12. (In Russ.)
13. Bach Al., Changes in milk production and estimated income over feed cost of group-housed dairy cows when moved between pens, *Journal of Dairy Science*, 2023, pp. 22875, DOI: 10.3168/jds.2022-22875.
14. Golovan' V.T., YUrin D.A., *Sbornik nauchnyh trudov Krasnodarskogo nauchnogo centra po zootekhnii i veterinarii*, 2022, T. 11, No. 2, pp. 47–51. (In Russ.)
15. Kobcev M.F., *Praktikum po skotovodstvu i tekhnologii proizvodstva moloka i govyadiny* (Workshop on cattle breeding and milk and beef production technology), Moscow: Lan', 2016, 192 p.

**СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ МОЛОЧНОГО СКОТОВОДСТВА
САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

Е.Р. Гостева, доктор сельскохозяйственных наук

В.А. Дунина, кандидат сельскохозяйственных наук

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный аграрный научный центр Юго-Востока», г. Саратов, Россия

E-mail: ekagosteva@yandex.ru

Ключевые слова: крупный рогатый скот, коровы, породы, симментальская, красно-пестрая, голштинская черно-пестрой масти, черно-пестрая, костромская, жир, белок.

Реферат. *Исследования состояния отрасли молочного скотоводства за последние 5 лет в Саратовской области в разрезе со средними показателями по этим же породам в Российской Федерации и Приволжскому федеральному округу (ПФО) показало, что голштинская порода черно-пестрой масти превосходит по своей численности черно-пеструю, симментальскую, красно-пеструю, костромскую породы. В Саратовской области за анализируемый период сложилась не очень хорошая ситуация по черно-пестрой породе, которую перестали разводить с 2021 г., но положительной динамикой стало то, что в 2021 г. завезли и начали разводить костромскую породу. По объемам производства молока выделяется в Саратовской области голштинская порода черно-пестрой масти, ее удой составляет 11308,6 кг, черно-пестрой – 7461,3 кг, красно-пестрой – 6918,8 кг, который превышает средние показатели по РФ на 2012,4, 163,1, 40,2 кг и ПФО на 2108,2, 504,3 кг соответственно, но животные красно-пестрой породы уступают в целом ПФО на 877,8 кг. Симментальская, красно-пестрая породы имеют высокие средние показатели по жиру по сравнению с РФ и ПФО на 0,05; 0,14 и 0,11; 0,19 кг и белку 0,03; 0,01 и 0,04; 0,02 % соответственно. Оценивая показатели живой массы поголовья крупного рогатого скота, разводимого в условиях Саратовской области (таких пород, как черно-пестрая, симментальская, красно-пестрая, голштинская черно-пестрой масти, костромская), отмечали максимальную живую массу у животных черно-пестрой – 565,6 кг и минимальную – 450,0 кг у костромской пород. Симментальская и черно-пестрая превосходят с достаточной хорошей отрывом средние показатели РФ и ПФО по живой массе на 7,2; 12,2 и 4,4; 20 кг. Поголовье животных красно-пестрой, костромской, голштинской черно-пестрой масти уступают средним данным по живой массе в РФ и ПФО.*

CURRENT STATE OF DAIRY CATTLE BREEDING IN SARATOV REGION

E.R. Gosteva, Doct. Agricult. Sciences

V.A. Dunina, Cand. Agricult. Sciences

Federal State Scientific Center of the South-East, Saratov

E-mail: ekagosteva@yandex.ru

Keywords: cattle, cows, breeds, Simmental, red-breed, Holstein black-breed, black-breed, kostroma, fat, protein.

Report. *Studies of the state of the dairy cattle breeding industry for the last 5 years in the Saratov region in the context of the average indicators for the same breeds in the Russian Federation and the Volga Federal District showed that the Holstein breed of black-mottled breed surpasses the black-mottled, Simmental, red-mottled, Kostroma breeds. In the Saratov region for the analyzed period there is not a good situation on the black-mottled breed, which stopped breeding in 2021, but the positive dynamics was that in 2021 brought and began to breed the Kostroma breed. In terms of milk production in the Saratov region the black-mottled Holstein breed stands out, its milk yield is 11308.6 kg, black-mottled - 7461.3 kg, red-mottled - 6918.8 kg, which exceeds the average figures for the Russian Federation by 2012.4, 163.1, 40.2 kg and the Volga Federal District by 2108.2, 504.3 kg, respectively, but the animals of red-mottled breed are inferior to the Volga Federal District by 877.8 kg. Simmental, red-spotted breeds have high average indicators of fat in comparison with RF and PFD by 0,05; 0,14 and 0,11; 0,19 kg and protein by 0,03; 0,01 and 0,04; 0,02 %, respectively. Evaluating the live weight indicators of cattle bred in the conditions of Saratov region such breeds as: black-and-breed, Simmental, red-and-breed, Holstein black-and-breed, Kostroma breeds, the maximum live weight in animals of black-and-breed - 565.6 kg and the minimum 450.0 kg - in kostroma breeds. Simmental and black-and-brown breeds surpass with a good enough gap the*

average indicators of the Russian Federation and the Volga Federal District in terms of live weight by 7.2; 12.2 and 4.4; 20 kg. The number of red-breed, Kostroma, Holstein black-breed animals is inferior to the average data on live weight in the Russian Federation and the Volga Federal District.

Молочное скотоводство считается одной из главных и ведущих отраслей сельского хозяйства Российской Федерации в системе продовольственной, а, как результат, и национальной безопасности страны. Изыскание действенных управленческих решений, которые направлены на повышение эффективности отрасли молочного скотоводства, должны ориентироваться на увеличение поголовья и молочной продуктивности как по Российской Федерации в целом, так и для отдельных регионов, так как различные территориально-экономические условия отличаются друг от друга по объемам надоев за лактацию, жирности и белковости молока, живой массы и т.д. [1–4].

В Российской Федерации по состоянию на 1 января 2023 г. комплексно оценено 2 млн 629,7 тыс. голов крупного рогатого скота 25 пород из 71 региона. По уровню продуктивности коров Российская Федерация находится на десятом месте в мире – 5000 кг молока, незначительно уступая Республике Беларусь и Китаю [5].

В целях повышения продуктивности животных в стране реализуется широкая программа по обогащению генофонда и повышению генетического потенциала скота молочного направления продуктивности «Улучшение генетического потенциала крупного рогатого скота молочных пород». Программой предусмотрено развитие отечественной племенной базы, внедрение и разработка новых технологий кормления и содержания животных, создание новых типов и пород, что является индикатором эффективности молочного скотоводства в целом [5].

В составе РФ ПФО является одним из восьми федеральных округов, в который входят 14 субъектов РФ: Республика Башкортостан, Республика Марий Эл, Республика Мордовия, Республика Татарстан (Татарстан), Удмуртская Республика, Чувашская Республика – Чувашия, Пермский край, Кировская область, Нижегородская область, Оренбургская область, Пензенская область, Самарская область, Саратовская область, Ульяновская область. Центром ПФО является Нижний Новгород [6].

Саратовская область входит в состав ПФО и территориально граничит с Республикой Казахстан. Область имеет крупную развитую транспортную и железнодорожную сеть, это способствует осуществлению межрегионального взаимодействия [7].

Агропромышленный комплекс Саратовской области имеет достаточно сложную систему взаимосвязанных отраслей сельского хозяйства, промышленности и производственной инфраструктуры. Традиционно территорию Саратовской области распределяют на три зоны, которые включают в себя семь микрзон, из которых три находятся в правобережной зоне (западная, центральная, северная), три в левобережной (северная, центральная, юго-восточная) и одна входит в пригородную [8].

Животноводство в структуре агропромышленного комплекса Саратовской области является важной отраслью, которая складывается из количественных и качественных показателей сельскохозяйственных животных. Специализация сельского хозяйства в отдельных районах и микрзонах различна из-за природных и экономических особенностей области. Климат отличается резкой континентальностью и суровостью. Область издавна является традиционной зоной разведения скота мясных пород и поставщиком высококачественной говядины. В левобережной зоне разводят мясной скот, а в правобережной – молочный [8].

Породы сельскохозяйственных животных требуют непрерывного совершенствования для повышения генетического потенциала и наиболее полного соответствия их к быстро меняющимся условиям технологии [9, 10].

На современном этапе учеными, как отечественными, так и зарубежными, разрабатываются новейшие методы прогнозирования генетической ценности в скотоводстве с целью повышения продуктивных и племенных качеств животных [2, 11–17].

Цель исследований – в сравнительном аспекте с РФ и Приволжским федеральным округом проанализировать генетический потенциал основных пород крупного рогатого

скота молочного направления продуктивности, разводимых в Саратовской области.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Проведен анализ статистических данных за период с 2018–2022 гг. по материалам ежегодников по племенной работе в молочном скотоводстве в хозяйствах Российской Федерации [18–21]. Объектом аналитического исследования являлись такие основные породы молочного направления продуктивности, разводимые в резко континентальном климате Саратовской области, как симментальская, красно-пестрая, черно-пестрая, костромская, голштинская чер-

но-пестрой масти. Для обработки полученных данных и результатов собственных расчетов использовали ПК Microsoft Word, Microsoft Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В Саратовской области за изучаемый период (2018–2022 гг.) разводились такие породы, как симментальская, красно-пестрая, черно-пестрая, костромская, голштинская черно-пестрой масти. В структуре РФ и ПФО эти породы себя зарекомендовали на достаточно хорошем уровне по численности. (рис. 1, 2).

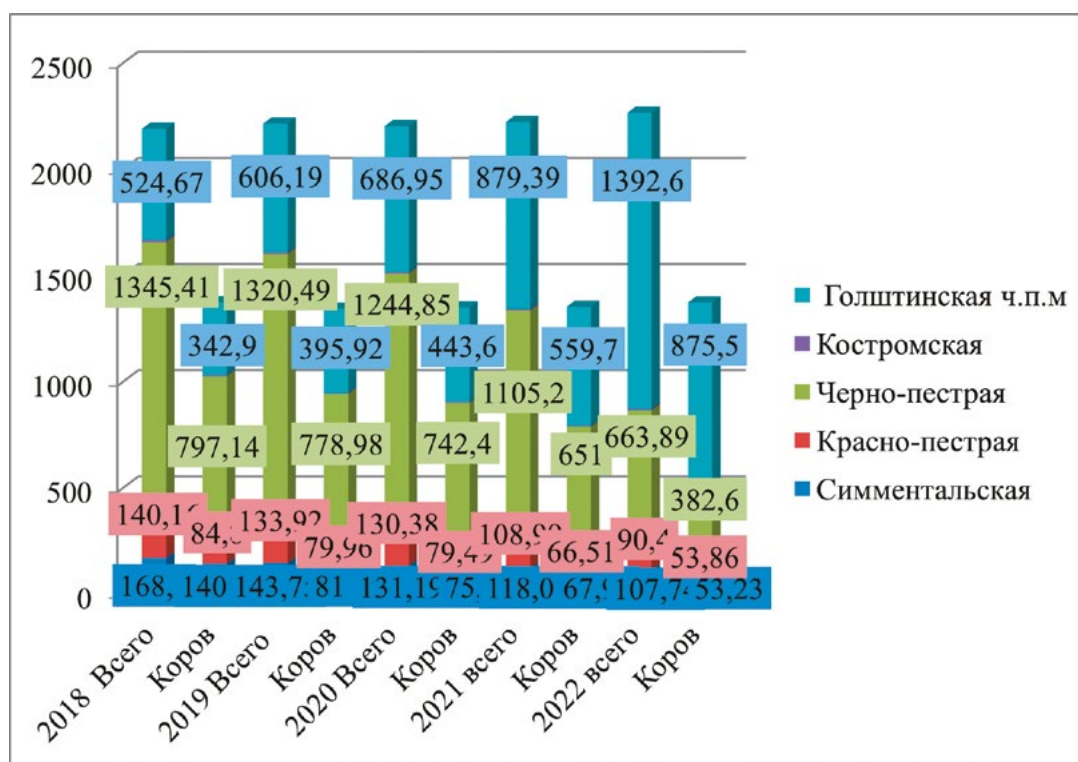


Рис. 1. Численность крупного рогатого скота и коров в РФ с 2018–2022 гг./тыс. гол.

Number of cattle and cows in the Russian Federation from 2018–2022/thousand heads

Оценивая представленную на рис. 1 тенденцию по породам, можно отметить, что динамика по численности животных в Российской Федерации крупного рогатого скота и соответственно коров разнообразна. По количественному превосходству из пяти анализируемых пород лидерство принадлежит голштинской породе

черно-пестрой масти с положительно нарастающей динамикой по годам от 524,7 до 1392,62 и коров 342,9 до 875,51 тыс. гол. за последние пять лет. На втором и третьем месте в структуре представленных пород занимают черно-пестрая и симментальская породы с количеством животных на начало 2018 г. 1345,41 и 168,55,

коров – 797,14 и 94,7 тыс. гол. с динамикой к уменьшению поголовья на 2022 г., которое составило 663,89 и 107,74, коров – 382,64 и 62,23 тыс. гол. соответственно. Малочисленны по сравнению с голштинской черно-пестрой

мастью, черно-пестрой и симментальской породами красно-пестрая, костромская породы. Их численность составляла в 2022 г. всего – 90,4 и 8,47 тыс. гол., коров – 53,86 и 5,25 тыс. гол., что на 49,76 и 0,85 тыс. гол. меньше к 2018 г.

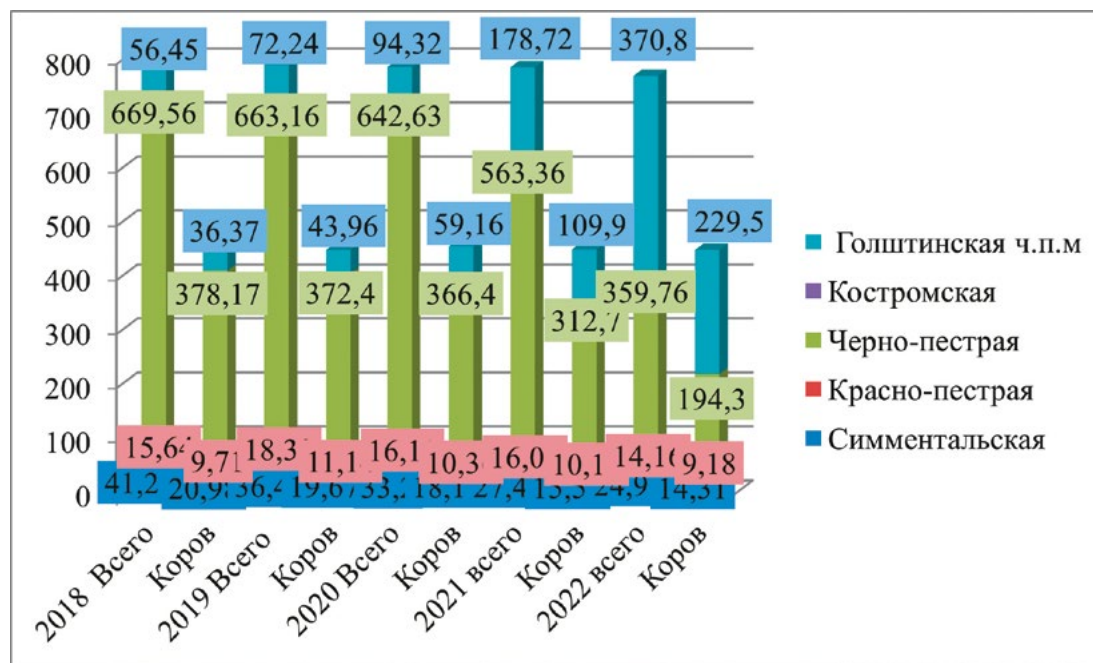


Рис. 2. Численность крупного рогатого скота и коров в Приволжском федеральном округе с 2018–2022 гг./тыс. гол.

The number of cattle and cows in the Volga Federal District from 2018–2022/thousand heads

Из рис. 2 видно, что в ПФО, как и в целом по РФ, из представленных пород лидирует голштинская черно-пестрой масти по численности всего скота и коров с показателями в 2018 г. – 56,45 и 2022 г. – 370,87 тыс. гол. и коров – 36,37 и 229,55 тыс. гол. соответственно. В ПФО в 2018 г. голштинская порода черно-пестрой масти числилась в десяти областях из 14 с максимальным количеством животных в Республике Татарстан 21,45 и коров 11,84 тыс. гол., или 38 %, коров – 32,55 %. Динамика численности поголовья крупного скота этой породы в дальнейшем складывалась по областям ПФО положительно. К 2022 г. эту породу уже разводили в 14 областях из 14. За последние 5 лет произошли структурные изменения, и свое лидерское место Республика Татарстан с поголовьем 46,88, коров – 27,87 уступило Кировской области, которая начала разводить эту породу с 2020 г. с численностью 0,040 и достигла максимальных показателей из областей ПФО в 2022 г. с численным составом

всего крупного рогатого скота этой породы – 80,82, коров – 53,26 тыс. гол.

Свои доминирующие позиции не теряют черно-пестрая и симментальская породы. В ПФО они, как и по РФ, занимают второе и третье места по количеству животных, но, к сожалению, с такой же динамикой к уменьшению их разведения в регионе. Если в 2018 г. поголовье черно-пестрой породы составило 669,56, коров – 378,17 тыс. гол., то к 2022 г. поголовье составило всего лишь 359,76, коров – 194,36 тыс. гол. Такая же ситуация отмечается и по симментальской породе: в 2018 г. всего крупного рогатого скота этой породы 41,21, коров – 20,98, а в 2022 г. – 24,91, коров – 14,31 тыс. гол. Из областей ПФО по черно-пестрой породе в 2022 г. лидером является Республика Удмуртия: всего – 110,7, коров – 65,67 тыс. гол., а по симментальской – Республика Башкортостан: всего – 43,55, коров – 10,85 тыс. гол. Следует отметить, что черно-пеструю породу из ПФО за период с 2018 по 2020 г. разводили в

14 областях из 14 ПФО, а с 2021 г. прекращают разводить эту породу в Саратовской области. В 2022 г. из 14 областей ПФО 13 областей занимаются разведением этой породы. А вот по симментальской породе сложилась немного другая ситуация. Ее в начале 2018 г. разводили в восьми областях из 14 ПФО, а к началу 2019 г. от разведения этой породы отказалась Пензенская и Самарская области, на 2022 г. в ПФО разведением этой породы занимаются только шесть областей из 14 соответственно.

Красно-пестрая порода в структуре анализируемых пород тоже теряет свои позиции в ПФО, ее численность с 2018 по 2022 г. уменьшается с 15,64 до 14,16, коров – с 9,71 до 9,18 тыс. гол. На начало 2018 г. ее разводили в двух – Саратовской, Ульяновской – областях и в Республике Мордовия с численным преимуществом в Республике Мордовия: 12,87, коров – 7,63 тыс. гол. Уже с 2021 г. эта порода не числится в Ульяновской области, но к 2022 г. ее начинают разводить в Самарской области с поголовьем 0,43, коров – 0,1 тыс. гол. В количе-

ственном отношении за изучаемый пятилетний период с 2018–2022 гг. красно-пестрая порода так и разводится в трех областях из 14 ПФО с устойчивым разведением в Саратовской области: поголовье – 1,93, коров – 1,74 тыс. гол., в Республике Мордовия – 11,8, коров – 7,34 тыс. гол.

В ПФО с 2021 г. стали разводить костромскую породу: 0,09, коров – 0,01 тыс. гол. с динамикой увеличения их численности к 2022 г. – 0,13, коров – 0,09 тыс. гол. Востребованность этой породы связана не только с высокой продуктивностью и приличным качеством получаемых продуктов, но и с такими ее важными преимуществами, как физическая выносливость и легкая адаптация к разным форматам питания. Саратовская область стала одной из 14 областей ПФО, которая приступила и начала разводить эту породу с динамикой к увеличению поголовья. По численности на 2022 г. всего крупного рогатого скота этой породы насчитывалось 0,13 тыс. гол., а также 0,09 тыс. гол. коров.

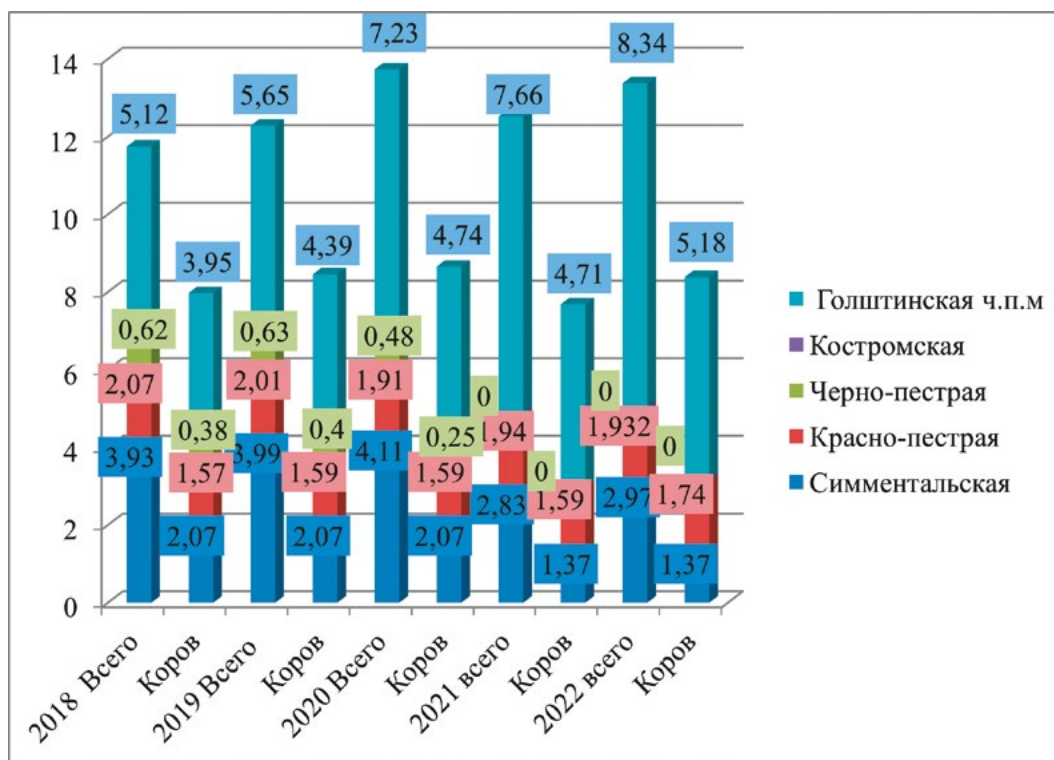


Рис. 3. Численность крупного рогатого скота и коров в Саратовской области с 2018–2022 гг./тыс. гол.

The number of cattle and cows in the Saratov region from 2018–2022/thousand heads

Как видно из рис. 3, породы, которые разводятся в Саратовской области в племрепро-

дукторах, племзаводах по численному своему составу в динамике и в разрезе пород различны.

Анализ статистических данных, представленных на рис. 3, показывает, что динамика, которая прослеживается в Саратовской области по породному составу, аналогична той тенденции, которая отображена по РФ и ПФО.

Голштинская порода черно-пестрой масти в Саратовской области превосходит по своей численности черно-пеструю, симментальскую, красно-пеструю, костромскую породы. В 2018 г. поголовье лидирующей породы составляло 5,12, коров – 3,95 с максимальным нарастанием поголовья к 2022 г. 8,34 и коров 5,18 тыс. гол.

За изучаемый период численность поголовья симментальской породы сократилось на 32 %, также наблюдается значительное сокращение числа коров на 51 %. По красно-пестрой породе с 2018 по 2022 г. снижение поголовья составило 5,7 %, но при этом численность коров выросла на 9,8 %.

По черно-пестрой породе сложилась не очень хорошая ситуация в Саратовской обла-

сти, так как эту породу перестали разводить в 2021 г., а на период 2020 г. ее насчитывалось 0,48, коров – 0,25 тыс. гол., но для области положительной динамикой стало то, что в 2021 г. завезли и начали разводить костромскую породу.

В настоящее время в большинстве хозяйств РФ проводится комплекс селекционных мероприятий, которые направлены на максимальное раскрытие потенциальных продуктивных возможностей пород крупного рогатого скота с выбраковкой низкопродуктивного.

Данные табл. 1 показывают, что по средним показателям удоя в РФ за 2018–2022 гг. максимальную продуктивность из анализируемых пород имеет голштинская черно-пестрой масти – 9296,2 кг, которая превосходит симментальскую на 3877,6 кг, красно-пеструю на 2417,6 кг, черно-пеструю на 1998 кг, костромскую на 2868,2 кг.

Таблица 1

Продуктивность пород крупного рогатого скота в РФ в 2018–2022 гг.
Productivity of cattle breeds in the Russian Federation in 2018–2022

| Порода | Показатель | Год | | | | | В среднем |
|---------------------------------|-----------------|------|------|------|------|------|-----------|
| | | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | |
| <i>Российская Федерация</i> | | | | | | | |
| Симментальская | Удой, кг | 5125 | 5347 | 5394 | 5488 | 5739 | 5418,6 |
| | Жир, % | 3,92 | 3,93 | 3,94 | 3,96 | 3,97 | 3,94 |
| | Белок, % | 3,20 | 3,20 | 3,19 | 3,22 | 3,23 | 3,21 |
| | Живая масса, кг | 544 | 549 | 550 | 554 | 553 | 550 |
| Красно-пестрая | Удой, кг | 6484 | 6691 | 7007 | 7028 | 7183 | 6878,6 |
| | Жир, % | 3,95 | 4,0 | 3,99 | 3,99 | 4,02 | 3,99 |
| | Белок, % | 3,20 | 3,21 | 3,22 | 3,23 | 3,24 | 3,22 |
| | Живая масса, кг | 561 | 567 | 567 | 568 | 565 | 565,6 |
| Черно-пестрая | Удой, кг | 6853 | 7177 | 7558 | 7644 | 7259 | 7298,2 |
| | Жир, % | 3,87 | 3,89 | 3,89 | 3,9 | 3,9 | 3,89 |
| | Белок, % | 3,14 | 3,17 | 3,20 | 3,2 | 3,2 | 3,18 |
| | Живая масса, кг | 545 | 552 | 559 | 561 | 550 | 553,4 |
| Костромская | Удой, кг | 5920 | 6441 | 6475 | 6630 | 6674 | 6428 |
| | Жир, % | 4,07 | 4,10 | 4,11 | 4,21 | 4,17 | 4,13 |
| | Белок, % | 3,21 | 3,23 | 3,24 | 3,31 | 3,33 | 3,26 |
| | Живая масса, кг | 528 | 541 | 542 | 552 | 553 | 543,2 |
| Голштинская черно-пестрой масти | Удой, кг | 8905 | 9132 | 9334 | 9584 | 9526 | 9296,2 |
| | Жир, % | 3,89 | 3,89 | 3,87 | 3,85 | 3,89 | 3,89 |
| | Белок, % | 3,24 | 3,26 | 3,29 | 3,29 | 3,3 | 3,28 |
| | Живая масса, кг | 567 | 577 | 580 | 583 | 585 | 578,4 |

При ведении селекционной работы в молочном скотоводстве особое внимание селек-

ционеры уделяют таким показателям, как жир и белок в молоке. Надо отметить, что костром-

ская порода вне конкуренции по жирности молока – 4,13 % и лишь по белку уступает на 0,02 % голштинской черно-пестрой масти. Голштинская порода черно-пестрой масти имеет высокие показатели по белку – 3,28 %, при этом уступает по жирности молока на 0,05 % – симментальской, на 0,1 % – красно-пестрой, на 0,24 % – костромской породам и только с черно-пестрой породой имеет равнозначный показатель – 3,89 %. А вот черно-пестрая порода характеризуется самой низкой массовой долей белка в молоке среди анализируемых пород – 3,18 %.

Одним из основных критериев развития животного служит его живая масса. За изучаемый

период в РФ максимальной живой массой характеризуется голштинская порода черно-пестрой масти – 578,4 кг, на второй позиции с живой массой 565,6 кг красно-пестрая порода, затем черно-пестрая 553,4 кг, симментальская – 550 кг, завершает список из анализируемых пород костромская с живой массой в среднем 543,2 кг.

В ПФО продуктивность основных изучаемых пород с максимальным значением по удою принадлежит, как и по РФ, голштинской породе черно-пестрой масти с удоем 9200,4 кг молока (табл. 2).

Таблица 2

Продуктивность пород крупного рогатого скота в ПФО в 2018–2022 гг.
Productivity of cattle breeds in the Volga Federal District in 2018–2022

| Порода | Показатель | Год | | | | | В среднем |
|--------------------------------------|-----------------|------|------|------|------|------|-----------|
| | | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | |
| <i>Приволжский федеральный округ</i> | | | | | | | |
| Симментальская | Удой, кг | 4915 | 4992 | 5083 | 5182 | 5221 | 5078,6 |
| | Жир, % | 3,86 | 3,87 | 3,87 | 3,88 | 3,90 | 3,88 |
| | Белок, % | 3,20 | 3,19 | 3,18 | 3,21 | 3,21 | 3,20 |
| | Живая масса, кг | 555 | 551 | 557 | 551 | 550 | 552,8 |
| Красно-пестрая | Удой, кг | 7542 | 7653 | 8063 | 7758 | 7967 | 7796,6 |
| | Жир, % | 3,95 | 3,95 | 3,93 | 3,92 | 3,94 | 3,94 |
| | Белок, % | 3,21 | 3,22 | 3,22 | 3,2 | 3,19 | 3,21 |
| | Живая масса, кг | 555 | 555 | 558 | 564 | 557 | 557,8 |
| Черно-пестрая | Удой, кг | 6471 | 6840 | 7209 | 7277 | 6988 | 6957 |
| | Жир, % | 3,86 | 3,86 | 3,87 | 3,87 | 3,88 | 3,868 |
| | Белок, % | 3,14 | 3,14 | 3,18 | 3,17 | 3,17 | 3,16 |
| | Живая масса, кг | 537 | 542 | 552 | 553 | 544 | 545,6 |
| Костромская | Удой, кг | – | – | – | – | 3506 | 3506 |
| | Жир, % | – | – | – | – | 4,2 | 4,2 |
| | Белок, % | – | – | – | – | 3,2 | 3,2 |
| | Живая масса, кг | – | – | – | – | 450 | 450 |
| Голштинская черно-пестрой масти | Удой, кг | 8749 | 9222 | 9410 | 9449 | 9172 | 9200,4 |
| | Жир, % | 3,91 | 3,84 | 3,86 | 3,8 | 3,88 | 3,86 |
| | Белок, % | 3,16 | 3,2 | 3,23 | 3,23 | 3,25 | 3,21 |
| | Живая масса, кг | 558 | 580 | 563 | 578 | 582 | 572,2 |

Как отмечалось ранее, эту породу разводили в 2018 г. в десяти из 14 областей ПФО,

а в 2022 г. в 14 из 14 областей с максимальной продуктивностью в среднем за 5 лет: Са-

ратовская область – 11308,6 кг, Пензенская область – 10400,0 кг, Республика Мордовия – 10033,0 кг, в остальных областях удой был ниже 10000 кг. Наибольшими показателями в ПФО от среднего по содержанию жира в молоке 3,86 % характеризуются: Пермский край – 4,0 %, Самарская область – 3,98 %, Республика Башкортостан и Марий Эл – 3,96 %, Чувашская Республика – 3,95 %, Оренбургская область – 3,94 %, Республика Мордовия и Нижегородская область – 3,92 %, а по белку: Оренбургская область – 3,38 %, Кировская область – 3,37 %, Ульяновская область – 3,32 %, Самарская область – 3,28 %, Республика Татарстан и Нижегородская область – 3,22 %, это указывает на потенциальные возможности голштинской породы черно-пестрой масти к увеличению качественных показателей молока. В ПФО живая масса животных, разводимых в разных его областях, существенно различается. Минимальной живой массой характеризуются животные, разводимые в Пензенской – 534,6 кг, максимальной – в Самарской области – 599,6 кг, при этом средняя живая масса животных по ПФО составляет 572,2 кг.

Красно-пестрая и черно-пестрая породы в ПФО по продуктивности занимают второе и третье место – 7796,6 и 6957 кг соответственно. Наибольшей продуктивностью от средних показателей удоя ПФО отмечаются коровы красно-пестрой породы: Ульяновская область – 8073,3 кг, по черно-пестрой породе Кировская область – 8129,8 кг, по красно-пестрой породе максимальная жирность молока 4,1 % в Самарской области, белка 3,29 % в Ульяновской области, а по черно-пестрой породе наивысший показатель жира в молоке 4,34 % отмечали в Саратовской области, а белка с показателем 3,46 % в Республике Татарстан. Средняя живая масса у животных красно-пестрой и черно-пестрой породы в ПФО составляет 557,8 и 545,6 кг с максимальным выше среднего в Самарской 612,0 и 565,6 кг – Саратовской областях.

Симментальская порода в ПФО по молочной продуктивности уступает голштинской черно-пестрой масти на 4121,4 кг, красно-пестрой – 2718,0 кг, черно-пестрой – 1878,4, но превосходит костромскую – 1572,6 кг. Симментальская порода имеет тенденцию к увеличе-

нию удоев, что прослеживается в динамике по годам, хотя количество разводимых животных в областях ПФО становится меньше. Максимальной продуктивностью симментальская порода характеризуется в Республике Татарстан с удоём на 2022 г. – 7395 кг, что превышает на 2437 кг ПФО соответственно. Жир, белок в молоке на достаточно хорошем уровне и достигает своих максимальных показателей в среднем за 5 лет в Саратовской области – 3,99 % по жирности молока и по белку в Оренбургской области – 3,29 %. По живой массе зафиксированы максимальные значения в Ульяновской области – 586,6 кг и минимальные в Пензенской области – 502 кг.

Костромская порода для ПФО достаточно новая, так как ее разводят только в одной области из 14: в Саратовской. Продуктивность этой породы на 2022 г. составляет: удой – 3506 кг, жир – 4,2 %, белок – 3,2 % и живая масса – 450 кг.

В Саратовской области анализируемые породы немного уступают, а по некоторым показателям превосходят средние значения показателей продуктивности РФ и ПФО.

Как видно из табл. 3, удой в Саратовской области коров голштинской породы черно-пестрой масти составляет 11308,6 кг, черно-пестрой – 7461,3 кг, красно-пестрой – 6918,8 кг, что превышает средние показатели удоя РФ на 2012,4; 163,1; 40,2 кг и ПФО на 2108,2; 504,3 кг соответственно, но красно-пестрая порода уступает в целом средним показателям удоя ПФО на 877,8 кг. Остальные породы имеют меньшие значения удоя, чем средние показатели в РФ и ПФО (см. табл. 3). Представители симментальской и красно-пестрой пород по жиру и белку в молоке превышают средние показатели по РФ и ПФО на 0,05; 0,14 и 0,11; 0,19 кг и 0,03; 0,01 и 0,04; 0,02 % соответственно. Анализируемые показатели жира и белка в молоке у черно-пестрой и костромской пород имеют сходны, так как по массовой доли жира в молоке они превышают средние показатели в РФ и ПФО на 0,45; 0,07 и 0,48 %, а вот по белку уступают на 0,06; 0,06 и 0,04 %. Следует отметить, что у костромской породы при сравнительном анализе с ПФО по жиру и белку в молоке показатели равнозначны: 4,2 и 3,2 %. Голштинская поро-

да черно-пестрой масти по анализируемым показателям имеет отрицательную тенденцию по сравнению со средними показателями жира

и белка в молоке представителей этой породы в РФ и ПФО.

Таблица 3

Продуктивность пород крупного рогатого скота в Саратовской области в 2018–2022 гг.
Productivity of cattle breeds in the Saratov region in 2018–2022

| Порода | Показатель | Год | | | | | В среднем |
|---------------------------------|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|
| | | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | |
| <i>Саратовская область</i> | | | | | | | |
| Симментальская | Удой, кг | 5598 | 5586 | 5605 | 5013 | 4482 | 5256,8 |
| | Жир, % | 3,92 | 3,99 | 3,96 | 4,01 | 4,07 | 3,99 |
| | Белок, % | 3,22 | 3,21 | 3,23 | 3,26 | 3,29 | 3,24 |
| | Живая масса, кг | 553 | 554 | 557 | 566 | 556 | 557,2 |
| Красно-пестрая | Удой, кг | 6746 | 6810 | 6849 | 6879 | 7310 | 6918,8 |
| | Жир, % | 4,11 | 4,12 | 4,12 | 4,15 | 4,16 | 4,13 |
| | Белок, % | 3,24 | 3,24 | 3,23 | 3,21 | 3,22 | 3,23 |
| | Живая масса, кг | 549 | 549 | 555 | 556 | 545 | 550,8 |
| Черно-пестрая | Удой, кг | 6708 | 7588 | 8088 | – | – | 7461,3 |
| | Жир, % | 4,12 | 4,52 | 4,38 | – | – | 4,34 |
| | Белок, % | 3,34 | 3,06 | 2,95 | – | – | 3,12 |
| | Живая масса, кг | 560 | 569 | 568 | – | – | 565,6 |
| Костромская | Удой, кг | – | – | – | – | 3506 | 3506,0 |
| | Жир, % | – | – | – | – | 4,2 | 4,2 |
| | Белок, % | – | – | – | – | 3,2 | 3,2 |
| | Живая масса, кг | – | – | – | – | 450 | 450 |
| Голштинская черно-пестрой масти | Удой, кг | 10600 | 11899 | 11231 | 11311 | 11502 | 11308,6 |
| | Жир, % | 3,71 | 3,64 | 3,61 | 3,6 | 3,53 | 3,62 |
| | Белок, % | 3,15 | 3,14 | 3,14 | 3,14 | 3,3 | 3,17 |
| | Живая масса, кг | 533 | 560 | 556 | 574 | 596 | 563,8 |

В Саратовской области с максимальной живой массой среди анализируемых пород выделяется черно-пестрая порода – 565,6 кг, а с минимальной костромская – 450 кг. Оценивая тенденцию, которая сложилась в Саратовской области по живой массе животных, можно отметить, что такие породы, как симментальская и черно-пестрая превосходят с достаточно с хорошим отрывом средние показатели РФ и ПФО на 7,2; 12,2 и 4,4; 20 кг. Остальные анализируемые породы (красно-пестрая, костромская, голштинская черно-пестрой масти) в динамике

по живой массе уступают средним данным по живой массе животных в РФ и ПФО.

ВЫВОДЫ

1. В Саратовской области за последние пять лет по численности поголовья крупного рогатого скота молочного направления продуктивности в разрезе со средними показателями в Российской Федерации и Приволжскому федеральному округу выделяются животные голштинской породы черно-пестрой масти, которые превосходят черно-пеструю, симментальскую, красно-пеструю, костромскую

породы. В 2018 г. поголовье лидирующей породы составляло в Саратовской области 5,12 и коров – 3,95, к 2022 г. количество поголовья увеличилось до 8,34, коров – до 5,18 тыс. гол.

2. В рейтинговые оценки по величине производства молока в Саратовской области выделяются животные голштинской породы черно-пестрой масти с удоем 11308,6 кг, на втором месте – черно-пестрая 7461,3 кг и на третьей позиции красно-пестрая – 6918,8 кг. Удои перечисленных пород превышают средние показатели по РФ на 2012,4, 163,1, 40,2 кг и ПФО на 2108,2, 504,3 кг соответственно, но животные красно-пестрой породы уступают в целом ПФО на 877,8 кг.

3. Симментальская и красно-пестрая породы имеют высокие средние показатели по сравнению с РФ и ПФО: по жиру – 0,05; 0,14 и 0,11; 0,19 кг и белку – 0,03; 0,01 и 0,04; 0,02 % соответственно.

4. По показателям живой массы поголовья крупного рогатого скота молочного направле-

ния продуктивности, разводимого в условиях Саратовской области, выделяются животные черно-пестрой породы – 565,6 кг и минимальной (450,0 кг) – костромской. Симментальская и черно-пестрая породы превосходят с достаточно хорошим отрывом средние показатели по живой массе животных в РФ и ПФО на 7,2; 12,2 и 4,4; 20 кг. Поголовье животных красно-пестрой, костромской, голштинской черно-пестрой масти уступают средним данным по живой массе животных в РФ и ПФО.

5. Для повышения генетического потенциала хозяйственно полезных признаков пород, разводимых в Саратовской области, необходимо увеличивать поголовье крупного рогатого скота и коров, провести реконструкцию и модернизацию ферм, а также перенимать опыт тех областей ПФО, в которых наиболее эффективно разводят анализируемые породы и которые характеризуются лучшими показателями продуктивности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Поспелова И.Н.* Современное состояние и проблемы развития молочного скотоводства // *Агропродовольственная экономика*. – 2017. – № 6. – С. 12–26.
2. *Абрамова Н.И., Зенкова Н.В., Селимян М.О.* Перспективы развития молочного скотоводства в Вологодской области // *Вестник НГАУ (Новосибирский аграрный университет)*. – 2023. – № 2 (67). – С. 133–141. – DOI: 10.31677/2072-6724-2023-67-2-133-141.
3. *Улимбашев М.Б., Гостева Е.Р.* Анализ генетического потенциала молочной продуктивности симментальского скота Российской Федерации // *Аграрная Россия*. – 2019. – № 6. – С. 38–41. – DOI:10.30906/1999-5636-2019-6-2-38-41.
4. *Игнатъева Н.Л., Немцева Е.Ю., Лаврентьев А.Ю.* Зависимость молочной продуктивности голштинизированных коров черно-пестрой породы от их линейной принадлежности // *Вестник Чувашской гос. с.-х. академии*. – 2018. – № 2 (5). – С. 32–36.
5. *Ежегодник по племенной работе в молочном скотоводстве в хозяйствах Российской Федерации за 2022 год.* Издательство ФГБНУ ВНИИплем. – М., 2023. – С. 3–65.
6. *Приволжский федеральный округ (ПФО) / Совет Федерального собрания Российской Федерации.* URL: council.gov.ru (дата обращения: 06.05.2024).
7. *Брызгалова М.А.* Государственная поддержка животноводства Саратовской области как основа достижения импортозамещения в регионе // *Аграрный научный журнал*. – 2016. – № 8. – С. 69–77.
8. *Система ведения агропромышленного производства Саратовской области.* – Саратов, 1998. – 320 с.
9. *Система разведения и скрещивания для создания новых селекционных форм крупного рогатого скота, свиней и овец с высокими параметрами молочной, мясной и шерстной продуктивности / Е.И. Анисимова, Е.Р. Гостева, Н.Н. Козлова [и др.]; ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока».* – Саратов: ООО «ЦеСАин», 2017. – С. 5.
10. *Дуров А.С., Деева В.С.* Оценка селекционных групп полновозрастных коров различных пород, дифференцированных по молочному жиру. // *Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет)*. – 2020. – № 4(57). – С. 73–81. – DOI: 10.31677/2072-6724-2020-57-4-73-81.
11. *Проблемы и вопросы при прогнозировании генетической племенной ценности сельскохозяйственных животных / А.Е. Калашников, А.И. Голубков, Н.Ф. Щегольков, Е.Р. Гостева // Вестник*

- НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2022. – № 4. – С. 77–96. – DOI: 10.31677/2072-6724-2022-65-4-77-96.
12. Иванова И.П., Троценко И.В., Харина Л.В. Живая масса коров, как показатель отбора // Научное и техническое обеспечение АПК, состояние и перспективы развития. – Омск, 2016. – С. 60–62.
 13. Валиева Е.Р., Унжакова А.А., Кочнев Н.Н. Оценка влияния материнского генотипа на реализацию продуктивного потенциала голштинизированного скота в условиях Новосибирской области // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2020. – № 4(57). – С. 56–64. – DOI: 10.31677/2072-6724-2020-57-4-56-64.
 14. BoernerThuy V., NguyenGert T.T., Nieuwh J. Integration of Interbull’s multiple across-country evaluation approach breeding values into the multiple-trait single-step random regression test-day genetic evaluation for yield traits of Australian Red breeds // Journal of Dairy Science. – 2022. – Vol. 106. – P. 1159–1167. – DOI: 10.3168/jds.2022-21816.
 15. Breeding value reliabilities for multiple-trait single-step genomic best linear unbiased predictor / Hafedh Ben Zaabza, Matti Taskinen, Esa A. Mäntysaari [et al.] // Journal of Dairy Science. – 2022. – Vol. 105. – P. 5221–5237. – DOI: 10.3168/jds.2021-21016.
 16. Estimation of genetic parameters and breeding values for feed intake and energy balance using pedigree relationships or single-step genomic evaluation in Holstein Friesian cows / I. Harder, E. Stamer, W. Junge, G. Thaller // Journal of Dairy Science. – 2019. – Vol. 103. – P. 2498–2513. – DOI: 10.3168/jds.2019-16855.
 17. GWABLUP: genome-wide association assisted best linear unbiased prediction of genetic values / T. Meuwissen [et al.] // Genetics Selection Evolution. – 2024. – № 56(1). – DOI: 10.1186/s12711-024-00881-y7.
 18. Ежегодник по племенной работе в молочном скотоводстве в хозяйствах Российской Федерации за 2021 год; ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт племенного дела». – Лесные поляны, 2022. – С. 20–66.
 19. Ежегодник по племенной работе в молочном скотоводстве в хозяйствах Российской Федерации за 2020 год; ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт племенного дела». – Лесные Поляны, 2021. – С. 20–67.
 20. Ежегодник по племенной работе в молочном скотоводстве в хозяйствах Российской Федерации за 2019 год; ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт племенного дела». – Лесные Поляны, 2020. – С. 17–75.
 21. Ежегодник по племенной работе в молочном скотоводстве в хозяйствах Российской Федерации за 2018 год; ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт племенного дела». – Лесные Поляны, 2019. – С. 15–57.

REFERENCES

1. Pospelova I.N., *Agroprodovol'stvennaya ekonomika*, No. 6, 2017, pp. 12–26. (In Russ.)
2. Abramova N.I., Zenkova N.V., Selimjan M.O., *Vestnik NGAU (Novosibirskij agrarnyj universitet)*, 2023, No. 2 (67), pp. 133–141. (In Russ.)
3. Ulimbashev M.B., Gosteva E.R., *Agrarnaja Rossija*, 2019, No. 6, pp. 38–41. (In Russ.)
4. Ignat'eva N.L., Nemceva E.Ju., Lavrent'ev A.Ju., *Vestnik Chuvashskoj gos. s. h. Akademii*, 2018, No. (5), pp. 32–36. (In Russ.)
5. *Ezhegodnik po plemennoj rabote v molochnom skotovodstve v hozjajstvah Rossijskoj Federacii za 2022 god* (Yearbook on breeding work in dairy cattle breeding in farms of the Russian Federation for 2022), Izdatel'stvo FGBNU VNIIPlem, Moskva, 2023. pp. 3–65. (In Russ.)
6. *Privolzhskij federal'nyj okrug (PFO), Sovet Federal'nogo sobranija Rossijskoj Federacii* (Volga Federal District (VFD) / Council of the Federal Assembly of the Russian Federation): council.gov.ru, data obrashhenija 06.05.2024 g.
7. Bryzgalina M.A., *Agrarnyj nauchnyj zhurnal*, 2016, No. 8, pp. 70. (In Russ.)
8. *Sistema vedenija agropromyshlennogo proizvodstva Saratovskoj oblasti* (The system of conducting agro-industrial production in the Saratov region), Saratov: Detskaja literatura, 1998, pp. 8–9. (In Russ.)
9. Anisimova E.I., Gosteva E.R., Kozlova N.N., Dunina V.A., Lakota E.A., *Sistema razvedenija i srashhivanija dlja sozdanija novyh selekcionnyh form krupnogo rogatogo skota, svinej i ovec s vysokimi parametrami molochnoj, mjasnoj i sherstnoj produktivnosti* (A breeding and mating system for creating new selective

- forms of cattle, pigs and sheep with high parameters of milk, meat and wool productivity), FGBNU «NI-ISH Jugo-Vostoka», Saratov: OOO «CeSAin», 2017, pp. 5. (In Russ.)
10. Durov A.S., Deeva V.S., *Vestnik NGAU (Novosibirskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet)*, 2020, No. (4), pp. 73–81. (In Russ.)
 11. Kalashnikov A.E., Golubkov A.I., Shhegol'kov N.F., Gosteva E.R., *Vestnik NGAU (Novosibirskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet)*, 2022, No.4. pp. 77-96. (In Russ.)
 12. Ivanova I.P., Trocenko I.V., Harina L.V., *Nauchnoe i tehničeskoe obespechenie APK, sostojanie i perspektivy razvitija*, Omsk, 2016, pp. 60–62. (In Russ.)
 13. Valieva E.R., Unzhakova A.A., Kochnev N.N., *Vestnik NGAU (Novosibirskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet)*, 2020, No. (4), pp. 56–64. (In Russ.)
 14. BoernerThuy V., NguyenGert T.T., Nieuwh J., Integration of Interbull's multiple across-country evaluation approach breeding values into the multiple-trait single-step random regression test-day genetic evaluation for yield traits of Australian Red breeds, *Journal of Dairy Science*, 2022, Vol. 106, p. 1159–1167, DOI: 10.3168/jds.2022-21816.
 15. Hafedh Ben Zaabza, Matti Taskinen, Esa A. Mäntysaari et al., Breeding value reliabilities for multiple-trait single-step genomic best linear unbiased predictor, *Journal of Dairy Science*, 2022, Vol. 105, pp. 5221–5237, DOI: 10.3168/jds.2021-21016.
 16. Harder I., Stamer E., Junge W., Thaller G., Estimation of genetic parameters and breeding values for feed intake and energy balance using pedigree relationships or single-step genomic evaluation in Holstein Friesian cows, *Journal of Dairy Science*, 2019, Vol. 103, p. 2498–2513, DOI: 10.3168/jds.2019-16855.
 17. Meuwissen T. et al., GWABLUP: genome-wide association assisted best linear unbiased prediction of genetic values, *Genetics Selection Evolution*, 2024, No. 56(1), DOI: 10.1186/s12711-024-00881-y7.
 18. *Ezhegodnik po plemennoj rabote v molochnom skotovodstve v hozjajstvah Rossijskoj Federacii za 2021 god* (Yearbook on breeding work in dairy cattle breeding in farms of the Russian Federation for 2021), FGBNU «Vserossiyskij nauchno-issledovatel'skij institut plemennogo dela», Lesnye polyany, 2022. pp. 20–66. (In Russ.)
 19. *Ezhegodnik po plemennoj rabote v molochnom skotovodstve v hozjajstvah Rossijskoj Federacii za 2020 god* (Yearbook on breeding work in dairy cattle breeding in farms of the Russian Federation for 2020), FGBNU «Vserossiyskij nauchno-issledovatel'skij institut plemennogo dela», Lesnye polyany, 2021, pp. 20–67. (In Russ.)
 20. *Ezhegodnik po plemennoj rabote v molochnom skotovodstve v hozjajstvah Rossijskoj Federacii za 2019 god* (Yearbook on breeding work in dairy cattle breeding in farms of the Russian Federation for 2019), FGBNU «Vserossiyskij nauchno-issledovatel'skij institut plemennogo dela», Lesnye polyany, 2020, pp. 17–75. (In Russ.)
 21. *Ezhegodnik po plemennoj rabote v molochnom skotovodstve v hozjajstvah Rossijskoj Federacii za 2018 god* (Yearbook on breeding work in dairy cattle breeding in farms of the Russian Federation for 2018), FGBNU «Vserossiyskij nauchno-issledovatel'skij institut plemennogo dela», Lesnye polyany, 2019 pp. 15–57. (In Russ.)

ПРИЖИЗНЕННАЯ МАЛОИНВАЗИВНАЯ ОЦЕНКА КОЛИЧЕСТВА ЖЕЛЕЗА В ПЕЧЕНИ СВИНЕЙ

О.А. Зайко, кандидат биологических наук

Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия

E-mail: zheltikovaolga@gmail.com

Ключевые слова: железо, микроэлементы, печень, малоинвазивная диагностика, свиньи, паренхиматозные органы, субпродукты.

Реферат. Микроэлементы являются неотъемлемой частью организма млекопитающих, их содержание в органах и тканях связано с другими компонентами сложной биологической системы. На основании этого существует возможность оценивать уровень некоторых химических элементов в структурах организма прижизненно неинвазивно или малоинвазивно. Мясо и субпродукты сельскохозяйственных животных являются источником относительно легко усвояемого гемового железа, что может быть одной из характеристик качества сельскохозяйственной продукции в условиях широко распространенного железодефицита. Свиньи породы ландрас были выращены в типовых условиях промышленного комплекса, расположенного в Алтайском крае, с целью мясного откорма до живой массы 100 кг. Забор венозной крови выполняли острым методом из яремной вены с соблюдением принципов асептики и преаналитических правил. Гематологическое и биохимическое исследование крови и сыворотки животных выполнялось аппаратно. После убоя проводился отбор проб печени. Для оценки уровня железа в них использовался метод атомно-эмиссионного спектрального анализа с индуктивно-связанной плазмой на оборудовании iCAP-PRO (Thermo Fisher Scientific). Для работы с данными использовали ПО Microsoft Office Excel, среду анализа данных RStudio версии 2023.03.1 (RStudio, PBC) для языка программирования R. Для регрессионного анализа применялся метод наименьших квадратов. Подбор модели выполнялся пошаговым выбором предикторов в обоих направлениях с использованием информационного критерия Акаике, байесовского информационного критерия и скорректированный коэффициент детерминации. Оценивались допущения линейной регрессии. Итоговая регрессионная модель для определения уровня железа в печени свиней содержит среднее содержание гемоглобина в эритроците, гемоглобин и неорганический фосфор сыворотки крови в качестве предикторов. Между предикторами окончательной модели нет признаков мультиколлинеарности. Предлагаемая модель удовлетворяет выдвигаемые к ней требования о нормальности распределения остатков, отсутствию их коррелированности и влиятельных наблюдений. Предлагаемая множественная регрессионная модель может использоваться для оценки уровня железа в печени свиней *in vivo* в различных целях.

LIFETIME MINIMALLY INVASIVE ASSESSMENT OF IRON IN THE PIG LIVER

O.A. Zaiko, Ph.D. in Biological Sciences

Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

E-mail: zheltikovaolga@gmail.com

Keywords: iron, trace elements, liver, minimally invasive diagnostics, pigs, parenchymal organs, by-products.

Abstract. Microelements are an integral part of the mammalian body, and their content in organs and tissues is associated with other components of a complex biological system. Based on this, it is feasible to evaluate the concentration of specific chemical elements within the structures of the body in non-invasive or minimally invasive methods. The meat and by-products of farm animals serve as a readily assimilable source of iron, which is one of the reasons for potentially defining the quality of agricultural products in conditions of widespread iron deficiency. Landrace pigs were raised in standard conditions at an industrial complex located in the Altai Territory in order to fatten up to a live weight of 100 kg. Venous blood was collected using the acute method from the jugular vein in accordance with the principles of asepsis and pre-analytical guidelines. The hematologic and biochemical examination of the blood and serum of animals was performed by apparatus. After slaughter, liver samples were collected, and the method of atomic emission spectral analysis using inductively coupled plasma on iCAP-PRO equipment (Thermo Fisher Scientific) was used to estimate the iron level in them. To manipulate the data, Microsoft Office Excel software and RStudio data analysis environment version 2023.03.1 (RStudio,

PBC) were employed. For regression analysis, the least squares approach was used. The model was fitted using a stepwise selection of predictors in both directions using the Akaike information criterion, Bayesian information criterion, and adjusted coefficient of determination. The linear regression assumptions were evaluated. The final regression model used for determining iron levels in pig liver contains mean hemoglobin content in erythrocytes, hemoglobin, and serum inorganic phosphorus as predictors. There is no evidence that there is multicollinearity between the predictors of the final model. The proposed model satisfies the requirements for a normal distribution of residuals, the absence of their correlation, and influential observations. The proposed multiple regression model has the capability to estimate iron levels in pig liver in vivo for various purposes.

Железо является незаменимым химическим элементом для живых организмов [1–3]. Около 25 % людей в мире имеют железодефицитную анемию, при этом самая высокая распространенность наблюдается среди детей дошкольного возраста [4]. Это одна из наиболее распространенных проблем здравоохранения [5], считается, что потребление продуктов животного происхождения в рамках рационального питания демонстрирует огромный потенциал для решения данного вопроса [6, 7].

Мясо и субпродукты являются важным источником необходимых, легко усваиваемых компонентов в рационе человека [8]. Они содержат хорошо усваиваемые микро- и макроэлементы, витамины, омега-3, омега-6 жирные кислоты и другие составляющие [9]. Красное мясо является наиболее важным источником железа, поскольку богато высокодоступной его гемовой формой [10]. Биодоступность данного микроэлемента из продуктов животного происхождения составляет ~20–30 %, из растительных продуктов – ~1–10 % [11]. Усвоение же из субпродуктов может быть выше, чем из мяса [6].

Повышение питательной ценности продуктов животного происхождения по ряду показателей, в том числе по микроэлементному составу, может улучшить соответствие мяса и субпродуктов требованиям потребителей [12]. И, возможно, претендовать на роль функциональных продуктов, рынок которых развивается быстрыми темпами по всему миру [13]. Причинами этого является в том числе рост числа хронических заболеваний, связанных с питанием, и популяризация знаний о пищевых ингредиентах [8]. Функциональное питание положительным образом влияет на здоровье человека, а продукты из этой категории содержат желаемое количество требуемых составляющих [9].

Одной из задач, стоящих перед современной мясной промышленностью, является по-

лучение достоверной информации о составе мяса и субпродуктов на протяжении всего производственного цикла, что обеспечит гарантированное качество конечной продукции. Для этого необходимы быстрые, точные и неинвазивные методы определения физических свойств и химического состава скелетных мышц и паренхиматозных органов живых животных [14]. Например, для оценки некоторых параметров предлагается использовать атравматичные инструментальные методы диагностики [15]. Также особая роль заключается в перманентном мониторинге экологического благополучия окружающей среды [16, 17].

В связи со значимой биологической ценностью и широким распространением дефицита железа в мире перспективен поиск индикаторов содержания микроэлемента в органах и тканях сельскохозяйственных животных. На основании этого целью данной работы являлся поиск неинвазивного варианта определения содержания железа в печени свиней.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для исследования были выбраны свиньи, выращенные промышленным образом в Алтайском крае. Весь технологический цикл животные контролировались ветеринарными специалистами, подвергались плановым ветеринарным обработкам и были клинически здоровы. Мясной откорм проходил в типовых условиях в соответствии с ГОСТ 28839–2017. Для кормления использовались полнорационные корма серийного выпуска, имеющие сертификаты. Проверка их качества на соответствие номенклатуре гарантированных и дополнительных показателей выполнялась на основании нескольких нормативных документов, основными являлись ГОСТ Р 50257–92, ГОСТ Р 51550–2000, ПДК пестицидов № 117-

116 от 17.05.77, МДУ микотоксинов № 434-7 от 01.02.89, радиологический контроль кормов № 13-7-2/2016 от 01.12.94, МДУ химических элементов в кормах № 123-4/281-8. Поение животных выполнялось водой из источников хозяйственно-питьевого водоснабжения второго класса (ГОСТ 2761–84) с устранением отклонений до требований СанПиН 2.1.4.1074-01. Откорм проводился до живой массы 100 кг, что ориентировочно соответствовало возрасту 150–160 дней.

Для выполнения гематологического и биохимического анализа забор венозной крови выполняли острым методом из яремной вены с соблюдением правил асептики. Использовали вакуумные системы забора крови для гематологического исследования с ЭДТА-К2 и для получения сыворотки с активатором свертывания двуокисью кремния и разделительным гелем, с иглами 18G, соблюдая преаналитические правила. Общеклинический анализ крови был выполнен на автоматическом гематологическом анализаторе PCE 90Vet класса 3-диф (High Technology Inc., США), используемый метод кондуктометрический и колориметрический. Биохимические параметры оценивались при условии отсутствия гемолиза, липемии и билирубинемии образца с помощью полуавтоматического программируемого фотометра для диагностики *in vitro* Photometer 5010 V5+ (ROBERT RIELE GmbH & Co KG, Германия), использовались наборы реактивов «Ветор-Бест» (Россия) в соответствии с прилагаемыми инструкциями производителя.

Убой животных выполнялся на основании ГОСТ 31476–2012, действующих технологических инструкций к ним, соответствующих технических регламентов (ТР ТС 021/2011, ТР ТС 034/2013).

Отбор проб печени выполнялся после нутровки и оценки ветеринарным врачом, конфискатов не было. Масса каждого образца равнялась примерно 100 г, они отбирались индивидуально в новую подписанную герметичную зип-лок полиэтиленовую упаковку, транспортировались с описью в термоконтейнерах с хладагентами и хранились в морозильной камере при температуре от –20 до –24 °С непосредственно до исследования.

Перед исследованием пробы размораживались. Микроэлементный анализ выполнялся методом атомно-эмиссионного спектрального анализа с индуктивно-связанной плазмой на оборудовании iCAP-PRO (Thermo Fisher Scientific) с индексом способа обзора плазмы Duo в Аналитическом центре коллективного пользования Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН.

В указанном регионе в рамках параллельного исследования, посвященного комплексному экологическому мониторингу, выполнялся анализ компонентов биосферы (вода, почва) и образцов корма на предприятии и территориях, сопряженных со свиноккомплексом, при этом отклонения зарегистрированы не были [18, 19].

Данные обрабатывали с помощью ПО Microsoft Office Excel, среды анализа данных RStudio версии 2023.03.1 (RStudio, PBC), использовался язык программирования R. Регрессионный анализ проводился на основании метода наименьших квадратов. Оценивали мультиколлинеарность при помощи фактора инфляции дисперсии (VIF). Считали значения фактора инфляции дисперсии в интервале от 1 до 2 признаком отсутствия проблемы мультиколлинеарности. Подбор конкретной регрессионной модели выполнялся пошаговым выбором предикторов в обоих направлениях с использованием информационного критерия Акаике (AIC), байесовского информационного критерия (BIC). Выбирались модели, имеющие наименьшие указанные критерии. Учитывали скорректированный коэффициент детерминации, выбирая модели с наибольшим показателем. Оценивались допущения линейной регрессии. Нормальность распределения остатков проверяли формальными статистическими тестами Шапиро–Уилка и Андерсона–Дарлинга. Влиятельные наблюдения, потенциально вносящие большой вклад в оценку коэффициентов регрессионной модели, оценивали с помощью расстояния Кука. Формировали студентизированные остатки, проверяли нулевую гипотезу, что некоторый выброс статистически не отличается от остальной части наблюдений, ориентируясь на скорректированные *p*-значения с учетом поправки Бонферрони. Независимость остатков оценивали с помощью теста Дарбина–Уотсона, нулевая гипотеза которого говорит о

том, что остатки не скоррелированы. Диапазон полученных значений всегда составляет от 0 до 4. Нулевое значение свидетельствует о высокой положительной автокорреляции, при d , равном 4, наблюдается высокая отрицательная автокорреляция, диапазон 1,5–2,5 соответствует отсутствию автокорреляции.

Учитывались также оценочные коэффициенты регрессионной модели, которые использовались для формирования уравнения регрессии, их стандартные ошибки, t -статистика и соответствующее значение уровня значимости. В целом по модели оценивали остаточную стандартную ошибку, коэффициент детерминации, который указывает на долю дисперсии переменной отклика, объясненную переменными-предикторами, скорректированный R -квадрат для сравнения различных моделей регрессии с разным количеством переменных-предикторов, F -статистику (критерий Фишера), как показатель того, обеспечивает ли регрессионная модель лучшее соответствие данным, чем модель без независимых переменных, и p -значение, соответствующее F -статистике.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В Европейском союзе под определением «мясо», как мякоти животных, употребляемой в пищу, подразумевают также субпродукты. И мышечная ткань, и паренхиматозные органы животных, использующиеся в пищевых целях, содержат в своем составе высококачественные белки, жиры, являются источником минеральных веществ и витаминов [20]. В настоящее время приоритетными являются высокие стандарты качества и безопасности продуктов питания, а в доказательной медицине

подчеркивается прямая связь между диетическими факторами и возникновением заболеваний, делается акцент на том, что рациональное питание предупреждает развитие множества заболеваний [9]. С этим в том числе связана рекомендация проведения систематического мониторинга содержания отдельных химических элементов в окружающей среде и продуктах животноводства [21]. Предпочтение отдается контролю ранних звеньев пищевой цепи, в случае которых есть возможность применения корректирующих мер воздействия.

Ранее нами были получены патенты на неинвазивные способы определения уровня железа и марганца в скелетной мускулатуре и печени свиней, выращенных в Западной Сибири промышленным способом. В их основе лежало использование уравнений регрессии, предикторами в которых являлись исключительно биохимические показатели сыворотки крови клинически здоровых животных указанного вида [22–25]. С целью прогнозирования содержания железа в печени животных было принято решение дополнить возможную ассоциацию прогностических параметров гематологическими показателями с последующим построением множественной регрессионной модели. Это обоснованно, так как эти показатели – ключевые маркеры метаболизма железа в организме млекопитающих [26].

Данные по отдельным показателям общеклинического анализа крови, которые были использованы для построения регрессионной модели, представлены в табл. 1. Медианы укладываются в общевидовую норму согласно P.D. Constable с соавторами, что подтверждает клинический статус здоровых животных [27].

Таблица 1

Величина некоторых гематологических показателей крови свиней
The value of some hematological parameters of pig blood

| Показатель | n | Me | Q1 | Q3 | IQR | Референтный интервал [27] |
|--------------------------------|----|-------|------|-------|------|---------------------------|
| Эритроциты, $\times 10^{12}/л$ | 39 | 8,4 | 6,7 | 9,3 | 2,6 | 5,0–8,0 |
| Гемоглобин, г/л | 39 | 126,0 | 94,4 | 146,5 | 52,1 | 100,0–160,0 |
| МСН, пг | 39 | 16,7 | 16,5 | 17,0 | 0,5 | 17,0–21,0 |

Здесь и далее: Me – медиана, Q1 – 1-й квартиль, Q3 – 3-й квартиль, IQR – интерквартильный размах, МСН – среднее содержание гемоглобина в эритроците.

Необходимо отметить, что опубликовано множество референтных интервалов для гематологических и биохимических параметров крови свиней [28, 29]. Они считаются сопоставимыми по причине довольно широких диапазонов для большинства показателей, но вариабельность возможна из-за возраста, породы, скорости роста, рациона, физиологического статуса и некоторых других причин [30].

Для учитываемых нами гематологических и биохимических предикторов была выполнена оценка наличия мультиколлинеарности, которая является одной из серьезных проблем в линейном регрессионном анализе и возникает при сильной скоррелированности двух или более прогностических переменных, что нивелирует их информативность [31]. Мы рассчитывали факторы инфляции дисперсии. Было установлено, что самые высокие VIF характерны для среднего содержания гемоглобина в эритроците – 4,71, холестерина – 5,18, АСТ – 7,27 и

АЛТ – 9,20, что указывает на наиболее тесную линейную связь с остальными независимыми параметрами. Стандартно считается, что значение данного показателя от 1 до 2 свидетельствует об отсутствии мультиколлинеарности, и добавление/удаление любых независимых переменных в модель не изменяет оценку коэффициента β и его критериев статистической значимости [32].

В табл. 2 представлены выборочные коэффициенты для полной регрессионной модели, т. е. модели со всеми имеющимися в нашем случае предикторами. Значения большинства коэффициентов, кроме свободного члена уравнения и среднего содержания гемоглобина в эритроците, оказались статистически незначимыми по t -критерию, хотя критерий Фишера и уровень его значимости свидетельствовал о значимости всей модели в целом в сравнении с моделью без переменных-предикторов.

Таблица 2

Оценка коэффициентов полной модели прогноза уровня железа в печени свиней с использованием гематологических и биохимических показателей
Evaluation of the coefficients of the complete model for predicting the iron's level in the liver of pigs using hematological and biochemical parameters

| Коэффициент | Значение коэффициента | Стандартная ошибка коэффициента | t -статистика | Уровень значимости t -статистики |
|--|-----------------------|---------------------------------|-----------------|------------------------------------|
| Свободный член уравнения | 1213,866 | 406,741 | 2,984 | 0,006 |
| Эритроциты | -2,630 | 10,331 | -0,255 | 0,801 |
| Гемоглобин | -1,031 | 0,979 | -1,054 | 0,301 |
| МСН | -34,990 | 16,064 | -2,178 | 0,038 |
| Общий белок | -3,637 | 2,724 | -1,335 | 0,193 |
| Альбумин | -0,225 | 4,308 | -0,052 | 0,959 |
| Холестерин | -4,810 | 17,225 | -0,279 | 0,782 |
| Мочевина | -18,911 | 20,377 | -0,928 | 0,362 |
| АЛТ | -7,421 | 18,748 | -0,396 | 0,695 |
| АСТ | 19,249 | 23,889 | 0,806 | 0,427 |
| Фосфор неорганический | 44,015 | 23,429 | 1,879 | 0,071 |
| Са:Р отношение | 8,756 | 38,155 | 0,229 | 0,820 |
| Стандартная ошибка остатков 143,5; критерий Фишера 7,414; число степеней свободы 27; $p < 0,001$ | | | | |

Примечание. Са:Р – кальций-фосфорное отношение.

С целью оценки качества модели был определен ряд штрафующих за число параметров внутренних коэффициентов качества в отно-

шении полной регрессионной модели. Информационный критерий Акаике используется, когда целью является точность прогнозирова-

ния модели, а байесовский информационный критерий, – когда важна интерпретируемость модели [33]. Оба критерия являются универсальными в применении (без ограничения линейными моделями) и могут применяться всякий раз, когда у нас есть вероятность модели [34]. Лучшей моделью считается та, которая имеет наименьшее значение AIC и BIC, их абсолютные значения неважны, так как зависят от размерности данных [35]. В нашем случае информационный критерий Акаике полной

модели составил 509,74, байесовский информационный критерий – 531,36. Также обращали внимание на скорректированный коэффициент детерминации, который составил 0,65.

Для выбора оптимальной регрессионной модели использовали комбинированный алгоритм, подразумевающий смену этапов включения и исключения предикторов в уравнение. Итоговый результат приведен в табл. 3. Факторы инфляции дисперсии для оставшихся предикторов лежали в интервале 1–2.

Таблица 3

Регрессионная модель-претендент с некоторыми коэффициентами качества
The regression model is a contender with some quality coefficients

| Формула модели | R ² | R ² _{adj} | AIC | BIC |
|---|----------------|-------------------------------|--------|--------|
| Fe = 984,43 – 39,03 × MCH – 1,32 × HGB + 40,63 × P | 0,71 | 0,69 | 499,07 | 507,39 |
| Стандартная ошибка остатков 135; критерий Фишера 29,24; число степеней свободы 35; p < 0,001. | | | | |

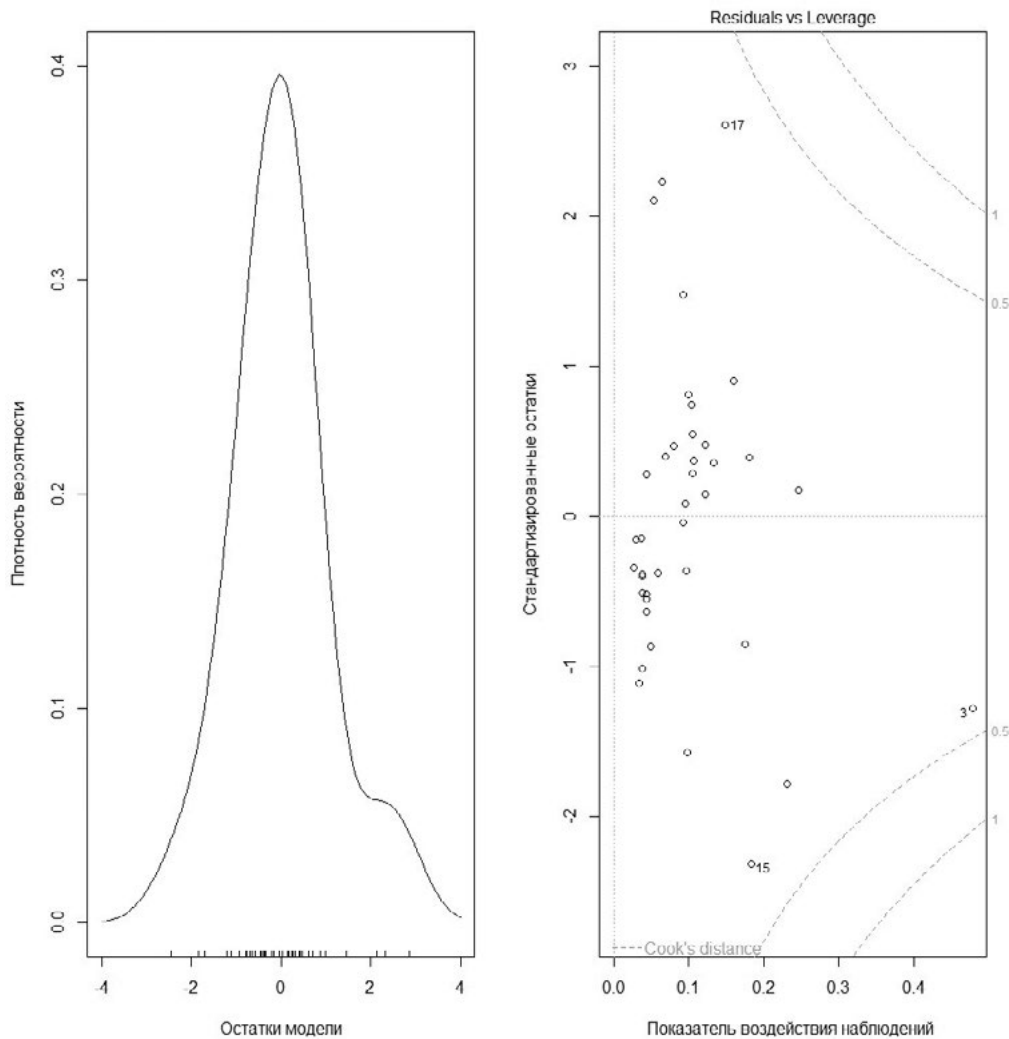
Здесь и далее: Fe – прогнозируемый уровень железа в печени свиней, мг/кг; HGB – гемоглобин, г/л; P – неорганический фосфор сыворотки крови, ммоль/л.

Была выполнена проверка допущений в отношении остатков полученной модели, она показала нормальность их распределения в соответствии с критерием Шапиро–Уилка ($W = 0,96$; $p = 0,21$) и Андерсона–Дарлинга ($A = 0,54$; $p = 0,16$). Визуально распределение остатков и возможные влиятельные наблюдения представлены на рисунке. Номерами обозначены наблюдения с относительно высокими значениями расстояния Кука, они могут быть потенциальными выбросами, влияющими на параметры регрессионной модели. Но пороговое значение с учетом числа параметров модели и объема выборки они не превышают. Пунктиром на рисунке показаны пределы расстояния Кука.

Пользуясь еще одним формальным тестом остатков с поправкой Бонферрони, заключающимся в сравнении с соответствующими критическими t -значениями, обнаружили максимальный студентизированный остаток со значением 2,86 ($p = 0,28$), характерный для наиболее аномального наблюдения под номером

17, которое не отличается от других с вероятностью ошибки $p_{adj} = 0,28$. Потенциальная скоррелированность остатков оценивалась с помощью критерия Дарбина–Уотсона, в результате получили статистику теста, равную $d = 1,7$, p -значение больше 0,05, что не отклоняет нулевую гипотезу о том, что остатки не скоррелированы.

В конечном итоге, учитывая проведенный анализ, мы предлагаем новую модель для прижизненного малоинвазивного прогнозирования содержания железа в печени свиней с включенными в нее предикторами из группы гематологических показателей. Для осуществления расчетов необходимо определить в рамках общеклинического анализа крови содержание гемоглобина и среднее содержание гемоглобина в эритроците, в рамках биохимического – неорганический фосфор, далее по регрессионной модели $Fe = 984,43 – 39,03 \times MCH – 1,32 \times HGB + 40,63 \times P$ оценить искомый показатель.



Характеристика остатков окончательной регрессионной модели оценки уровня железа в печени свиней
 Characteristics of the residues of the final regression model for estimating the level of iron in the liver of pigs

Существуют работы, посвященные малоинвазивному определению некоторых химических элементов в органах и тканях животных *in vivo* на основании множественной регрессии. Так, разработана модель прогноза концентрации цинка в мышечной ткани крупного рогатого скота с использованием в качестве предикторов скорости оседания эритроцитов, цветного показателя и общего холестерина. Предлагается следующее уравнение с соответствующими сокращениями: $y = 73,576 - 9,409 \times \text{СОЭ} - 14,461 \times \text{ЦП} - 5,218 \times \text{ОХ}$ [36]. Также существует вариант неинвазивного определения марганца в этой же ткани того же вида животных на основании скорости оседания эритроцитов и уровня глобулинов [37]. Еще одна модель для определения железа в мышечной ткани крупного рогатого скота предлагается, как и полученная нами,

для оценки экологического благополучия и определения допустимых норм потребления микроэлемента животными, оценки влияния различных факторов на качество мяса. Это можно рассматривать в разрезе предотвращения нерационального использования кормовых добавок, что, в свою очередь, будет способствовать снижению затрат в сельскохозяйственных отраслях. Само уравнение регрессии представлено в следующем виде: $y = -9,583 + 1,551 \times \text{RC} + 11,503 \times \text{CCR} + 0,212 \times \text{G}$, где RC – это количество эритроцитов, CCR – цветной показатель, G – глобулин [38].

Также существуют запатентованные способы оценки уровня железа на основании простой линейной регрессии в мышечной ткани рыбы рода судак. Предлагается две модели на выбор: $y = -0,0998 \times x_1 + 13,532$ и $y = -1,943$

$\times x_2 + 12,918$, где y – это содержание железа в мышцах рыбы, мг/кг; x_1 – содержание железа в чешуе, мг/кг; x_2 – содержание магния в чешуе, г/кг [39]. Предложены варианты оценки других химических элементов в печени сельскохозяйственных животных. Например, вариант установления концентрации меди в печени овец на основании определения тестостерона или эстрадиола в сыворотке крови по уравнениям: $y = 0,361 \times x_1 + 1,05$ или $y = 0,230 \times x_2 + 0,79$, где y – это содержание искомой в печени меди, мг/кг; x_1 – содержание тестостерона, нмоль/л; x_2 – содержание эстрадиола, пмоль/л [40]. Также есть возможность максимально неинвазивно оценивать в печени крупного рогатого скота такой экополлютант, как кадмий, для чего необходимо рассчитать уравнение регрессии: $y = -0,00009 \times x + 0,1473$, где x – это содержание марганца, в мг/кг, в волосе животных [14].

Ценность подобных систем потенциально может быть выше при увеличении объема выборки, рационализации аналитического процесса, включении других характеристик, связанных

с контролем качества сельскохозяйственной продукции, так как мониторинг состава мяса и субпродуктов на всех этапах производства является одним из главных приоритетов агропродовольственной промышленности.

ВЫВОДЫ

1. Разработан прижизненный и малоинвазивный вариант оценки уровня железа в печени свиней, представляющий собой множественную регрессионную модель: $Fe = 984,43 - 39,03 \times MCH - 1,32 \times HGB + 40,63 \times P$, где Fe – уровень железа в печени, мг/кг; MCH – среднее содержание гемоглобина в эритроците, пг; HGB – гемоглобин, г/л; P – неорганический фосфор сыворотки крови, ммоль/л.

2. Коэффициент детерминации предлагаемой модели составил 0,71.

3. В дальнейшем необходимо оценить регрессионную модель на экспериментальной выборке животных данного вида и повысить точность прогноза.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Генофонд* скороспелой мясной породы свиней: монография / В.Л. Петухов, В.Н. Тихонов, А.И. Желтиков [и др.]. – Новосибирск: Издательско-полиграфическое объединение «Юпитер», 2005. – 631 с.
2. *Генетика*: учеб. пособие / В.Л. Петухов, О.С. Короткевич, С.Ж. Стамбеков [и др.]. – Новосибирск: Новосиб. отд-ние изд-ва «Наука», 2007. – 628 с.
3. *Jyothi N.R.* Heavy metal sources and their effects on human health. – London: IntechOpen, 2020. – Chapter. – P. 1–12.
4. *WHO.* The global prevalence of anemia in 2011. – Geneva: World Health Organization, 2015. – P. 43.
5. *Micronutrient* deficiencies among preschool-aged children and women of reproductive age worldwide: a pooled analysis of individual-level data from population-representative surveys / G.A. Stevens, T. Beal, M.N. Mbuya [et al.] // *The Lancet Global Health.* – 2022. – Vol. 10, № 11. – P. e1590–e1599.
6. *Co-products* of beef processing enhance non-haem iron absorption in an in vitro digestion/caco-2 cell model / E.A.A. O’Flaherty, P. Tsermoula, E.E. O’Neill, N.M. O’Brien // *International Journal of Food Science and Technology.* – 2019. – Vol. 54, № 4. – P. 1256–1264.
7. *Beal T., Ortenzi F.* Priority micronutrient density in foods // *Frontiers in nutrition.* – 2022. – Vol. 9. – P. 379.
8. *Pereira P.M.C.C., Vicente A.F.R.B.* Meat nutritional composition and nutritive role in the human diet // *Meat science.* – 2013. – Vol. 93, № 3. – P. 586–592.
9. *Ostaszewski M.* Meat and meat products as functional food // *World Scientific News.* – 2018. – № 110. – P. 147–158.
10. *Czerwonka M., Tokarz A.* Iron in red meat: friend or foe // *Meat science.* – 2017. – Vol. 123. – P. 157–165.
11. *Nonheme-iron* absorption from a phytate-rich meal is increased by the addition of small amounts of pork meat / S.B. Væch, M. Hansen, K. Bukhave [et al.] // *The American Journal of Clinical Nutrition.* – 2003. – Vol. 77, № 1. – P. 173–179.
12. *Mateescu R.* It is possible to genetically change the nutrient profile of beef // *Proceedings of the Beef Improvement Federation Research Symposium*, edited by Beef Improvement Federation: Annual Meeting, Lincoln, Nebraska: Oklahoma State University, 2014. – P. 87–92.

13. *Arihara K.* Strategies for designing novel functional meat products // *Meat Science*. – 2006. – Vol. 74, № 1. – P. 219–229.
14. *Способ* определения содержания кадмия в печени крупного рогатого скота: Пат. на изобретение RU 2591825 C1. / Короткевич О.С., Нарожных К.Н., Коновалова Т.В. [и др.]; заявл. № 2015116391/15; опубл. 20.07.2016.
15. *Newcom D.W., Baas T.J., Lampe J.F.* Prediction of intramuscular fat percentage in live swing using real-time ultrasound // *Journal of Animal Science*. – 2002. – Vol. 80, № 12. – P. 3046–3052.
16. *Comparative* assessment of radioactive strontium and cesium contents in the feedstuffs and dairy products of western Siberia / O.I. Sebezhko, V.L. Petukhov, O.S. Korotkevich [et al.] // *Indian Journal of Ecology*. – 2017. – Vol. 44, № 3. – P. 662–666.
17. *Influence* of anthropogenic pollution on interior parameters, accumulation of heavy metals in organs and tissues, and the resistance to disorders in the yak population in the Republic of Tyva / O.I. Sebezhko, V.L. Petukhov, R.B. Chysyma [et al.] // *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*. – 2017. – Vol. 9 (9). – P. 1530.
18. *Direct* determination of cooper, lead and cadmium in the whole bovine blood using thick film modified graphite electrodes / T.V. Skiba, A.R. Tsygankova, N.S. Borisova [et al.] // *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*. – 2017. – Vol. 9, № 6. – P. 958–964.
19. *Сысо А.И.* Тяжелые металлы в окружающей среде как угроза растениям, животным и человеку // *Агрохимия в XXI веке: мат-лы Всерос. науч. конф. с междунар. участием, посвящ. памяти академика РАН В.Г. Минеева*. – М., 2018. – С. 30–33.
20. *Biel W., Czerniawska-Piatkowska E., Kowalczyk A.* Offal chemical composition from veal, beef, and lamb maintained in organic production systems // *Animals*. – 2019. – Vol. 9, № 8. – P. 489.
21. *Доктрина* продовольственной безопасности Российской Федерации (утв. Указом Президента Российской Федерации от 21.01.2020 г. № 20). – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. – 25 с.
22. *Способ* определения уровня железа в печени свиней: пат. на изобретение RU 2762614 C1 / Зайко О.А., Коновалова Т.В., Себежко О.И. [и др.]; заявл. № 2021107856; опубл. 21.12.2021.
23. *Способ* определения содержания марганца в печени свиней: пат. на изобретение RU 2791231 C1 / Зайко О.А., Назаренко А.В., Коновалова Т.В. [и др.]; заявл. № 2022109749; опубл. 06.03.2023.
24. *Способ* определения содержания железа в мышечной ткани свиней: пат. на изобретение RU 2804795 C1 / Петухов В.Л., Желтиков А.И., Зайко О.А. [и др.]; заявл. № 2023117592; опубл. 05.10.2023.
25. *Зайко О.А.* Возможности неинвазивного in vivo прогнозирования уровней некоторых эссенциальных химических элементов в органах и тканях свиней // *Теория и практика современной аграрной науки: сб. VII национальной (всерос.) науч. конф. с междунар. участием*. – Новосибирск: ИЦ НГАУ «Золотой колос», 2024. – С. 362–366.
26. *Archer N.M., Brugnara C.* Diagnosis of iron-deficient states // *Critical Reviews in Clinical Laboratory Sciences*. – 2015. – Vol. 52, № 5. – P. 256–272.
27. *Veterinary medicine: a textbook of the diseases of cattle, horses, sheep, pigs and goats* / P.D. Constable, K.W. Hinchcliff, S.H. Done, W. Grünberg. – China: Elsevier Health Sciences, 2017. – 2278 p.
28. *Evans R.J.* Porcine haematology: Reference ranges and the clinical value of the haematological examination in the pig // *The Pig Journal*. – 1994. – Vol. 32. – P. 52–57.
29. *Reference* values of hematological, biochemical and endocrinological parameters in the blood of piglets aged 1 and 21 days / M. Cincović, M. Mirkov, I. Radović [et al.] // *Contemporary Agriculture*. – 2020. – Vol. 69, № 3–4. – P. 34–40.
30. *Schalm's veterinary hematology* / M.B. Brooks, K.E. Harr, D.M. Seelig [et al.] (eds.). – USA: Wiley-Blackwell, 2022. – 4121 p.
31. *Etage H.O., Ndubisi R.C., Oluebube N.L.* Effect of multicollinearity on variable selection in multiple regression // *Science Journal of Applied Mathematics and Statistics*. – 2021. – Vol. 9, № 6. – P. 153.
32. *Маслицкий С., Шитиков В.* Статистический анализ и визуализация данных с помощью R. – М.: ДМК-Пресс, 2015. – 496 с.
33. *Emmert-Streib F., Dehmer M.* Evaluation of regression models: Model assessment, model selection and generalization error // *Machine learning and knowledge extraction*. – 2019. – Vol. 1, № 1. – P. 521–551.
34. *Kuha J.* AIC and BIC: Comparisons of assumptions and performance // *Sociological Methods & Research*. – 2004. – Vol. 33. – P. 188–229.

35. *Baguley T.* Serious Stat: A guide to advanced statistics for the behavioral sciences. – Switzerland: Springer, 2012. – 830 p.
36. *Нарожных К.Н.* Модели прогнозирования уровня цинка в мышечной ткани крупного рогатого скота // Изв. Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2023. – № 1. – С. 89–103.
37. *Нарожных К.Н.* Математическое моделирование уровня марганца в мышечной ткани крупного рогатого скота // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2023. – Т. 53, № 4. – С. 81–92.
38. *Narozhnykh K.N.* Prediction models of iron level in beef muscle tissue toward ecological well-being // *Global Journal of Environmental Science and Management*. – 2023. – Vol. 9, № 4. – P. 833–850.
39. *Способ* определения содержания железа в мышечной ткани рыбы: пат. на изобретение RU 2761045 C1 / Рявкина К.С., Коновалова Т.В., Себежко О.И. [и др.]; заявл. № 2021103652; опубл. 02.12.2021.
40. *Способ* оценки содержания меди в печени овец: пат. на изобретение RU 2765236 C1 / Саурбаева Р.Т., Андреева В.А., Климанова Е.А. [и др.]; заявл. № 2021106117; опубл. 26.01.2022.

REFERENCES

1. Petukhov V.L., Tikhonov V.N., Zheltikov A.I. [et al.], *Genofond skorospeloi myasnoi porody svinei* (Gene pool of precocious meat breed of pigs), Novosibirsk: Izdatel'sko-poligraficheskoe ob"edinenie "Yupiter", 2005, 631 p. (In Russ.)
2. Petukhov V.L., Korotkevich O.S., Stambekov S.Zh. [et al.], *Genetika* (Genetics), Novosibirsk: Novosibirskoe otdelenie izdatel'stva "Nauka", 2007, 628 p. (In Russ.)
3. Jyothi N.R., *Heavy metal sources and their effects on human health*, London: IntechOpen, 2020, Chapter, pp. 1–12.
4. *WHO. The global prevalence of anemia in 2011*, Geneva: World Health Organization, 2015, 43 p.
5. Stevens G.A., Beal T., Mbuya M.N. [et al.], Micronutrient deficiencies among preschool-aged children and women of reproductive age worldwide: a pooled analysis of individual-level data from population-representative surveys, *The Lancet Global Health*, 2022, Vol. 10, No. 11, pp. e1590–e1599.
6. O'Flaherty E.A.A., Tsermoula P., O'Neill E.E., O'Brien N.M., Co-products of beef processing enhance non-haem iron absorption in an in vitro digestion/caco-2 cell model, *International Journal of Food Science and Technology*, 2019, Vol. 54, No. 4, pp. 1256–1264.
7. Beal T., Ortenzi F., Priority micronutrient density in foods, *Frontiers in nutrition*, 2022, Vol. 9, pp. 379.
8. Pereira P.M.C.C., Vicente A.F.R.B., Meat nutritional composition and nutritive role in the human diet, *Meat science*, 2013, Vol. 93, No. 3, pp. 586–592.
9. Ostaszewski M., Meat and meat products as functional food, *World Scientific News*, 2018, No. 110, pp. 147–158.
10. Czerwonka M., Tokarz A., Iron in red meat-friend or foe, *Meat science*, 2017, Vol. 123, pp. 157–165.
11. Bæch S.B., Hansen M., Bukhave K. [et al.], Nonheme-iron absorption from a phytate-rich meal is increased by the addition of small amounts of pork meat, *The American Journal of Clinical Nutrition*, 2003, Vol. 77, No. 1, pp. 173–179.
12. Mateescu R., It is possible to genetically change the nutrient profile of beef, *Proceedings of the Beef improvement Federation Research Symposium*, edited by Beef Improvement Federation: Annual Meeting, Lincoln, Nebraska: Oklahoma State University, 2014, pp. 87–92.
13. Arihara K., Strategies for designing novel functional meat products, *Meat Science*, 2006, Vol. 74, No. 1, pp. 219–229.
14. Korotkevich O.S., Narozhnykh K.N., Konovalova T.V. [i dr.], *Patent RU 2591825 C1*, Sposob opredeleniya sodержaniya kadmiya v pecheni krupnogo rogatogo skota, Zayavka № 2015116391/15, Opubl. 20.07.2016. (In Russ.)
15. Newcom D.W., Baas T.J., Lampe J.F., Prediction of intramuscular fat percentage in live swing using real-time ultrasound, *Journal of Animal Science*, 2002, Vol. 80, No. 12, pp. 3046–3052.
16. Sebezshko O.I., Petukhov V.L., Korotkevich O.S. [et al.], Comparative assessment of radioactive strontium and cesium contents in the feedstuffs and dairy products of western Siberia, *Indian Journal of Ecology*, 2017, Vol. 44, No. 3, pp. 662–666.
17. Sebezshko O.I., Petukhov V.L., Chysyma R.B. [et al.], Influence of anthropogenic pollution on interior parameters, accumulation of heavy metals in organs and tissues, and the resistance to disorders in the yak

- population in the Republic of Tyva, *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 2017, Vol. 9(9), p. 1530.
18. Skiba T.V., Tsygankova A.R., Borisova N.S. [et al.], Direct determination of cooper, lead and cadmium in the whole bovine blood using thick film modified graphite electrodes, *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*. 2017. Vol. 9. No. 6: P 958–964.
 19. Syso A.I., *Agrokimiya v XXI veke* (Agrochemistry in the XXI century), Proceedings of the All-Russian Scientific Conference with international participation dedicated to the memory of Academician of the Russian Academy of Sciences V.G. Mineev, Moscow, 2018, pp. 30–33. (In Russ.)
 20. Biel W., Czerniawska-Piątkowska E., Kowalczyk A., Offal chemical composition from veal, beef, and lamb maintained in organic production systems, *Animals*, 2019, Vol. 9, No. 8, 489.
 21. *Doktrina prodovol'stvennoi bezopasnosti Rossiiskoi Federatsii* (The Doctrine of Food Security of the Russian Federation) (utv. Ukazom Prezidenta Rossiiskoi Federatsii ot 21.01.2020 g. № 20), Moscow: FGBNU «Rosinformagrotekh», 2020, 25 p. (In Russ.)
 22. Zaiko O.A., Konovalova T.V., Sebezshko O.I. [i dr.], *Patent RU 2762614 C1*. Sposob opredeleniya urovnya zheleza v pecheni svinei, Zayavka № 2021107856, Opubl. 21.12.2021. (In Russ.)
 23. Zaiko O.A., Nazarenko A.V., Konovalova T.V. [i dr.], *Patent RU 2791231 C1*. Sposob opredeleniya sodержaniya margantsa v pecheni svinei, Zayavka № 2022109749, Opubl. 06.03.2023. (In Russ.)
 24. Petukhov V.L., Zheltikov A.I., Zaiko O.A. [i dr.], *Patent RU 2804795 C1*. Sposob opredeleniya sodержaniya zheleza v myshechnoi tkani svinei, Zayavka № 2023117592, Opubl. 05.10.2023. (In Russ.)
 25. Zaiko O.A., *Teoriya i praktika sovremennoi agrarnoi nauki* (Theory and practice of modern agricultural science), Collection of the VII national (All-Russian) scientific conference with international participation, Novosibirsk, 2024, pp. 362–366. (In Russ.)
 26. Archer N.M., Brugnara C., Diagnosis of iron-deficient states, *Critical Reviews in Clinical Laboratory Sciences*, 2015, Vol. 52, No. 5, pp. 256–272.
 27. Constable P.D., Hinchcliff K.W., Done S.H., Grünberg W., *Veterinary medicine: a textbook of the diseases of cattle, horses, sheep, pigs and goats*, China: Elsevier Health Sciences, 2017, 2278 p.
 28. Evans R.J., Porcine haematology: Reference ranges and the clinical value of the haematological examination in the pig, *The Pig Journal*, 1994, Vol. 32, pp. 52–57.
 29. Cincović M., Mirkov M., Radović I. [et al.], Reference values of hematological, biochemical and endocrinological parameters in the blood of piglets aged 1 and 21 days, *Contemporary Agriculture*, 2020, Vol. 69, No. 3–4, pp. 34–40.
 30. Brooks M.B., Harr K.E., Seelig D.M. [et al.], (eds.), *Schalm's veterinary hematology*, USA: Wiley-Blackwell, 2022, 4121 p.
 31. Etaga H.O., Ndubisi R.C., Oluebube N.L., Effect of multicollinearity on variable selection in multiple regression, *Science Journal of Applied Mathematics and Statistics*, 2021, Vol. 9, No. 6, pp. 153.
 32. Mastitsky S., Shitikov V., *Statisticheskii analiz i vizualizatsiya dannykh s pomoshch'yu R* (Statistical analysis and visualization of data using R), Moscow: DMK-Press, 2015, 496 p. (In Russ.)
 33. Emmert-Streib F., Dehmer M., Evaluation of regression models: Model assessment, model selection and generalization error, *Machine learning and knowledge extraction*, 2019, Vol. 1, No. 1, pp. 521–551.
 34. Kuha J., AIC and BIC: Comparisons of assumptions and performance, *Sociological Methods & Research*, 2004, Vol. 33, pp. 188–229.
 35. Baguley T., *Serious Stat: A guide to advanced statistics for the behavioral sciences*, Switzerland: Springer, 2012, 830 p.
 36. Narozhny`x K.N., Modeli prognozirovaniya urovnya tsinka v myshechnoi tkani krupnogo rogatogo skota, *Izvestiya Timiryazevskoi sel'skokhozyaistvennoi akademii*, 2023, No. 1, pp. 89–103. (In Russ.)
 37. Narozhny`x K.N., Matematicheskoe modelirovanie urovnya margantsa v myshechnoi tkani krupnogo rogatogo skota, *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki*, 2023, Vol. 53, No. 4, pp. 81–92. (In Russ.)
 38. Narozhnykh K.N., Prediction models of iron level in beef muscle tissue toward ecological well-being, *Global Journal of Environmental Science and Management*, 2023, Vol. 9, No. 4, pp. 833–850.
 39. Ryavkina K.S., Konovalova T.V., Sebezshko O.I. [i dr.], *Patent RU 2761045 C1*. Sposob opredeleniya sodержaniya zheleza v myshechnoi tkani ryby, Zayavka № 2021103652, Opubl. 02.12.2021. (In Russ.)
 40. Saurbaeva R.T., Andreeva V.A., Klimanova E.A. [i dr.], *Patent RU 2765236 C1*. Sposob otsenki sodержaniya medi v pecheni ovets, Zayavka № 2021106117, Opubl. 26.01.2022. (In Russ.)

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕНОТИПОВ ПО ЛОКУСУ ГЕНА ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО ФАКТОРА РОСТА 9 (GDF-9) В ПОПУЛЯЦИИ ОВЕЦ РОМАНОВСКОЙ ПОРОДЫ

Е.А. Климанова, научный сотрудник

Т.В. Коновалова, старший преподаватель

О.С. Короткевич, доктор биологических наук, профессор

В.Л. Петухов, доктор биологических наук, профессор

Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия

E-mail: kateri2403@mail.ru

Ключевые слова: овцы, романовская порода, гены, полиморфизм, GDF-9.

Реферат. Ген *FecG*, также известный как *GDF-9* (фактор роста дифференциации 9), играет важную роль в регуляции репродуктивной функции у млекопитающих. В данной работе представлены результаты исследования точечной мутации в гене дифференциального фактора роста у овец романовской породы. Мутации в экзоне 1 гена *GDF-9* могут приводить к нарушениям в развитии яичников и овуляции, в результате этого может возникнуть бесплодие или сниженная способность к размножению у животных. Объектом исследования были 30 овец романовской породы. Для выделения ДНК были взяты образцы венозной крови из яремной вены. У овец романовской породы по гену *GDF-9* было обнаружено, что на локусе *G1* этого гена присутствуют два аллеля – *G* и *A*. Также было выявлено три генотипа: *GG* (254 п.н./117 п.н.), *AG* (410 п.н./254/117 п.н.) и *AA* (410 п.н./410 п.н.). Наблюдаемый критерий χ^2 был меньше ожидаемого, следовательно, эмпирические и теоретические частоты не различаются значимо, и отклонения от распределения по закону Харди-Вайнберга не наблюдаются. Показатель наблюдаемой гетерозиготности (H_o) составил 0,27. Частоты аллелей составили 0,8 для *G* и 0,2 для *A*. По генотипам было получено: *GG* – 0,66, *GA* – 0,27 и *AA* – 0,07. Отмечено, что данные по частотам аллелей и генотипов в популяции овец романовской породы отличаются от результатов для пород кулундинской тонкорунной, дагестанской горной, сальской, ланкон и меринос. Результаты исследований можно использовать для мониторинга за изменением частот аллелей и генотипов у овец в процессе селекции.

DISTRIBUTION OF GENOTYPES BY THE GROWTH DIFFERENTIAL FACTOR 9 (GDF-9) GENE LOCUS IN THE ROMANOV BREED SHEEP POPULATION

E.A. Klimanova, researcher

T.V. Konovalova, senior lecturer

O.S. Korotkevich, Doctor of Biological Sciences, Professor

V.L. Petukhov, Doctor of Biological Sciences, Professor

Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

E-mail: kateri2403@mail.ru

Keywords: sheep, Romanov breed, genes, polymorphism, GDF-9.

Abstract. The *FecG* gene, also known as *GDF-9* (growth factor differentiation factor 9), plays an important role in regulating reproductive function in mammals. This paper presents the results of a study of a point mutation in the differential growth factor gene in Romanov breed sheep. Mutations in exon 1 of the *GDF-9* gene can lead to disturbances in ovarian development and ovulation, resulting in infertility or reduced reproductive capacity in animals. The object of the study was Romanov breed sheep in a sample of 30 individuals. For DNA extraction, venous blood samples were taken from the jugular vein. In Romanov breed sheep for the *GDF-9* gene, it was found that at the *G1* locus of this gene there are two alleles – *G* and *A*. Three genotypes were also identified: *GG* (254 bp/117 bp), *AG* (410bp/254/117 bp) and *AA* (410 bp/410 bp). The observed χ^2 criterion was less than expected, therefore, the empirical and theoretical frequencies do not differ significantly, and deviations from the distribution according to the Hardy-Weinberg law are not observed. The observed heterozygosity index (H_o) was 0.27. Allele frequencies were 0,8 for *G* and 0,2 for *A*. For genotypes the following were obtained: *GG* – 0,66, *GA* – 0,27 and *AA* – 0,07. It can be noted that the data on the frequencies of alleles and genotypes in the population of Romanov breed sheep differ from the results for the Kulunda fine-wool, Dagestan mountain, Salsk, Lacaune and Merino

breeds. The research results can be used to monitor changes in allele frequencies and genotypes in sheep during the selection process.

Оценка экстерьерных и интерьерных характеристик с использованием научных и селекционных программ является одной из наиболее важных целей генетического совершенствования овец [1–3]. Целью этих программ является выявление и сопоставление генотипов с интересующими признаками животных путем поиска полиморфизмов [4–8] и изучение филогенетических связей.

Определение полиморфизма генов имеет важное значение в сельском хозяйстве, в частности в программах разведения для определения генотипов животных и их связей с продуктивными, репродуктивными и другими хозяйственными признаками [9–11].

Плодовитость является одной из важнейших функциональных характеристик у сельскохозяйственных животных, и в настоящее время точно установлено, что улучшение показателей воспроизводства возможно за счет конкретных генов, которые, как было установлено, влияют на репродуктивные функции [12]. Это привело к разработке улучшенных подходов к разведению, включая использование отбора с помощью маркеров, при котором генотипирование выявляет вариации нуклеотидных последовательностей, которые связаны с желаемыми признаками, такими как количество ягнят, рожденных на одну овцу в год [13–15].

Некоторые породы овец имеют недостаточную генетическую изменчивость и разнообразие, что приводит к проблемам в адаптации к изменениям в окружающей среде и увеличению восприимчивости к болезням [16]. Сохранение генетического разнообразия аборигенных пород является основной задачей при разработке программ селекции для улучшения продуктивных качеств конкретной породы без разбавления или потери других полезных качеств [17–20]. Поскольку их сохранение зависит от глубокого и полного знания генома конкретной породы, важно генетически охарактеризовать местные породы и определить возможности применения методов молекулярной генетики [1, 12].

Целью настоящего исследования было обнаружение точечной мутации G1 экзона 1 гена дифференциального фактора роста 9 (FecG, GDF-9) у овец романовской породы. В ранее

выполненных исследованиях были изучены полиморфизмы в генах β -лактоглобулина (BLG) и костного морфогенетического белка 15 (BMP-15) на этой популяции овец [21–23]. Поэтому представляет интерес дальнейшее изучение популяции и установление совместного влияния данных генов на физиологические и биохимические показатели.

Фактор дифференциации роста 9 является членом суперсемейства трансформирующего фактора роста-бета (TGF- β) и играет важную роль в раннем фолликулогенезе и синтезе стероидов у млекопитающих. Биологические функции GDF-9 опосредуются взаимодействием с его рецепторами типа I (ALK-5) и II (BMPRII). Рецепторы BMPRII и ALK-5 экспрессируются во всех категориях фолликулов, и эта экспрессия увеличивается с ростом фолликулов [24]. GDF-9 ингибирует апоптоз гранулезных клеток и фолликулярную атрезию, которые необходимы на ранних стадиях нормального развития фолликулов у овец. Ген GDF-9 также участвует в клеточных процессах, которые регулируют половое размножение самок, генерацию гамет, развитие гонад и цикл овуляции, а также модулирует сигнальные пути рецептора трансмембранного фактора роста-бета и трансмембранного рецепторного белка серин/треонинкиназы [25].

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В качестве материала исследования использовали образцы венозной крови, полученные от 30 овец романовской породы. Венозную кровь отбирали из яремной вены в стерильные вакуумные пробирки с добавлением ЭДТА.

Выделения ДНК проводили с помощью коммерческого набора для выделения ДНК из крови, клеток и тканей на спин-колонках фирмы «Биолабмикс» (Россия). Праймеры для амплификации, эндонуклеазы рестрикции и условия постановки реакций (табл. 1) подбирали на основании данных литературы [26]. Детекцию результатов проводили с помощью 2%-го агарозного геля.

Условия проведения молекулярно-генетических исследований по GDF-9
Conditions for conducting molecular genetic studies on GDF-9

| Условия проведения реакции | Примечание |
|---|---|
| Аmplификация | |
| Праймеры: F: 5'-GAAGACTGGTATGGGGAAATG-3' R: 5'-CCAATCTGCTCCTACACACCT-3 | Длина фрагмента амплификации – 462 п.н. |
| Обработка эндонуклеазой рестрикции | |
| Эндонуклеаза – BstНН1 Время проведения реакции – 12 ч при 50 °С | |
| Детекция результатов | |
| Визуализация обработанных эндонуклеазой рестрикции фрагментов ДНК в 2%-м агарозном геле | Длина фрагментов – 410, 254 и 117 п.н. |

Для амплификации с последующей рестрикцией все образцы были проверены на количество и качество выделенной ДНК с помощью прибора NanoDrop 2000 (Thermo Fisher Scientific, США). Соотношение оптической плотности A260/280 для всех проб находилось в пределах 1,8–2,0, что является оптимальным для геномной ДНК.

Проведен расчёт частот аллелей и генотипов по локусу GDF-9, а также установлено генетическое равновесие по закону Харди–Вайнберга.

Дополнительно было установлено, что содержание тяжелых металлов в почве, воде, органах и тканях для романовских овец в усло-

виях Западной Сибири не превышали значения ПДК [27].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Ген GDF-9 у овец картируется на 5-й хромосоме, охватывает примерно 2,5 тыс. оснований и содержит два кодирующих экзона и один интрон из 1126 пар оснований [28]. Ген кодирует пре-пропептид из 453 аминокислотных остатков, который продуцирует активный зрелый пептид из 135 остатков [13, 29].

У овец в гене GDF-9 идентифицировано 8 однонуклеотидных полиморфизма – G1, G2, G3, G4, G5, G6, G7, G8 (табл. 2). Три из них G2, G3, G5 не приводят к изменению аминокислоты.

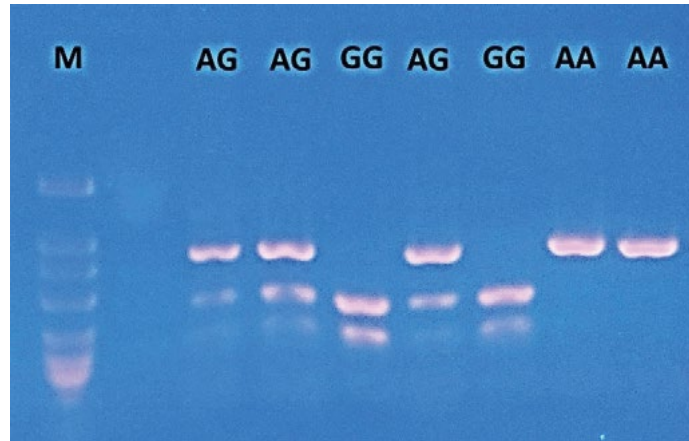
Таблица 2

Варианты полиморфных последовательностей в гене GDF-9 (по Hanrahan J.P. et al.) [30]
Variants of polymorphic sequences in the GDF-9 gene

| Вариант | Замена нуклеотида | Длина последовательности | Аминокислотная замена |
|---------|-------------------|--------------------------|--------------------------------------|
| G1 | GA | 260 | Арг→Гис |
| G2 | CT | 471 | Без изменений (Валин) |
| G3 | GA | 477 | Без изменений (Лейцин) |
| G4 | GA | 721 | Глу→Лиз |
| G5 | AG | 978 | Без изменений (Глутаминовая кислота) |
| G6 | GA | 994 | Вал→Иле |
| G7 | GA | 1111 | Вал→Мет |
| G8 | CT | 1184 | Сер→Иле |

По локусу G1 гена GDF-9 у овец романовской породы были выявлены два аллеля (G и A) и три генотипа – AA (410 п.н./410п.н.), AG (410п.н./254/117п.н.) и GG (254п.н./117п.н.).

Электрофоретическое разделение фрагментов рестрикции гена GDF-9 представлено на рисунке.



Электрофоретическое разделение фрагментов рестрикции гена GDF-9: 1 – маркер длин фрагментов ДНК (pBlueSK DNA/MspI, 13 фрагментов от 24 до 710 п.н., Диаэм); 3–9 – исследуемые образцы (AG – 410/254/117, GG – 254/117, AA – 410/410)

Electrophoretic separation of BMP-15 gene restriction fragments:

1 – DNA fragment length marker (pBlueSK DNA/MspI, 13 fragments from 24 to 710 bp, Diam); 3-9 – test samples (AG – 410/254/117, GG – 254/117, AA – 410/410)

Вариации нуклеотидных последовательностей GDF-9 описаны для многих пород овец. Например, Ханрахан и др. [30] исследовали восемь различных мутаций (с.260G>A, с.471C>T, с.477G>A, с.721G>A, с.978A>G, с.994G>A, с.1111G>A ис.1184C>T). Из обнаруженных вариаций нуклеотидной последовательности только с.1184C>T оказала аддитивное влияние на плодовитость кембриджских и белклерских пород овец. Маллен и Ханрахан обнаружили, что с.1111G>A также влияет на размер помета у

высокопроизводительных овец породы ландрас в финских стадах [31]. Вариант, о котором сообщили Николь и др. [32], известен как мутация Thoka (FecGT или с.1279C), которая приводит к аминокислотной замене серина на аргинин в положении 427 (р.Ser427Arg) и увеличивает частоту овуляции на 60 % у гетерозиготных овец, но вызывает бесплодие у гомозигот.

Аллельные и генотипические частоты локуса BMP-15 в общей выборке овец романовской породы представлены в табл. 3.

Таблица 3

Распределение частот аллелей и генотипов по GDF-9
Distribution of allele and genotype frequencies according to GDF-9

| Значение | Частота генотипов | | | Частоты аллелей | |
|------------------------|-------------------|-------|-------|-----------------|-------|
| | GG | GA | AA | G | A |
| Наблюд. | 0,660 | 0,270 | 0,070 | 0,800 | 0,200 |
| Ожид. | 0,540 | 0,390 | 0,070 | 0,735 | 0,265 |
| $\chi^2_{\text{набл}}$ | 0,064 | | | | |
| $\chi^2_{\text{ожид}}$ | 3,841 | | | | |

Примечание. χ^2 – критерий хи-квадрат ($\alpha = 0,05$).

Критерий χ^2 , наблюдаемый для общей выборки, был меньше χ^2 ожидаемого ($\chi^2_{\text{набл}} < \chi^2_{\text{ожид}}$, $\alpha = 0,05$). Следовательно, эмпирические и теоретические частоты значительно не различаются, отклонения от распределения по закону Харди–Вайнберга не отмечается. Наблюдаемая гетерозиготность (H_o) составила 0,27, следо-

вательно, в популяции отмечается недостаток гетерозигот и отклонение от панмиксии.

Наши данные подтверждают результаты, полученные для западно-сибирской породы [33], горно-алтайской породы овец [34] в России и для суданских пустынных пород дубасси и уотиш (табл. 4) [1].

Данные по локусу GDF-9 у различных пород овец
Data on the GDF-9 locus in various breeds of sheep

| Порода | Частота генотипов | | | Частота аллелей | | Источник |
|----------------------------|-------------------|------|------|-----------------|------|----------|
| | GG | GA | AA | G | A | |
| Дубасси | 0,61 | 0,31 | 0,08 | 0,77 | 0,23 | [1] |
| Уогиш | 0,59 | 0,35 | 0,06 | 0,76 | 0,24 | [1] |
| Сальская | 0,90 | 0,10 | 0,00 | 0,95 | 0,05 | [26] |
| Западно-сибирская | 0,66 | 0,29 | 0,05 | 0,81 | 0,19 | [33] |
| Кулундинская тонкорунная | 0,93 | 0,07 | 0,00 | 0,96 | 0,04 | [33] |
| Горно-алтайская | 0,55 | 0,35 | 0,10 | 0,73 | 0,27 | [34] |
| Дагестанская горная порода | 0,66 | 0,18 | 0,16 | 0,75 | 0,25 | [35] |
| Лакон | 0,85 | 0,06 | 0,09 | 0,88 | 0,12 | [36] |
| Меринос | 0,99 | 0,00 | 0,01 | 0,90 | 0,10 | [37] |

Как видно, различия в распределении частот аллелей и генотипов наблюдается между кулундинской тонкорунной породой (в популяции отсутствовали особи с генотипом AA, также значительно ниже было число особей с генотипом GA) [33], дагестанской горной породой (приблизительно равное распределение особей с генотипами GG и AA) [35], сальской (не наблюдалось генотипа AA) [26], лакон (преобладание животных с генотипом GG над GA и AA) [36] и меринос (не наблюдалось особей с генотипом AA) [37].

Таким образом, были установлены частоты аллелей и генотипов по локусу GDF-9 у овец романовской породы. Проанализированы межпородные различия по частоте аллелей в популяции овец романовской породы с представленными в табл. 4. Отличия наблюдались по частотам аллелей у романовских овец по сравнению с сальской и кулундинской породами (в 1,2 раза меньше по аллелю G, в 4 раза больше по аллелю A для сальской и в 5 раз больше по кулундинской) и в 2 раза выше для аллеля A по сравнению с породами лакон и меринос. По данному локусу установлена связь с воспроизводительной функцией [34], живой массой и настригом шерсти [33]. Поэтому представляет

интерес дальнейшее изучение полиморфизмов гена GDF-9 у овец романовской породы в условиях Западной Сибири.

ВЫВОДЫ

1. Выявлен полиморфизм в локусе гена GDF-9 у овец романовской породы в условиях Западной Сибири, что совпадает с результатами, полученными для российских и зарубежных пород.

2. Рассчитаны частоты аллелей и генотипов по локусу GDF-9 для популяции романовских овец. Частоты аллелей составили: G – 0,8, A – 0,2, генотипов: GG – 0,66, GA – 0,27 и AA – 0,07.

3. Данные по частотам аллелей и генотипов в популяции овец романовской породы отличаются от результатов для пород кулундинской тонкорунной, дагестанской горной, сальской, лакон и меринос. В условиях Западной Сибири обнаружены межпородные различия по частоте генотипов и аллелей. В популяции романовских овец частота генотипа GG и аллеля G ниже, чем у кулундинской тонкорунной породы.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 24-26-00136).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *G1 point mutation in growth differentiation factor 9 gene affects litter size in Sudanese desert sheep / A.Z. Abdelgadir, L.M.A. Musa, K.I. Jawasreh [et al.] // Vet. World. – 2021. – №. 14(1). – P. 104–112. – DOI: 10.14202/vetworld.2021.104-112.*

2. *Ерохин А.И., Карасев Е.А., Ерохин С.А.* Состояние, динамика и тенденции в развитии овцеводства в мире и в России // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2019. – № 3. – С. 3–6.
3. *Современные методы генетического контроля селекционных процессов и сертификация племенного материала в животноводстве / Н.А. Зиновьева, П.М. Кленовицкий, Е.А. Гладырь [и др.].* – М.: РУДН, 2008. – 329 с.
4. *Шевхужев А.Ф., Скорых Л.Н., Суховеева А.В.* Полиморфизмы гена GH и LEP, ассоциированные с признаками роста в популяции мясного скота калмыцкой породы // Вестник РГАУ им. П.А. Костычева. – 2023. – № 3. – С. 61–68. – DOI: 10.36508/RSATU.2023.60.53.009.
5. *Взаимосвязь полиморфизма генов липидного обмена (LEP, TG5) с молочной продуктивностью крупного рогатого скота / Ф.Ф. Зиннатов, А.Р. Шамсова, Ф.Ф. Зиннатова [и др.]* // Ученые записки КГАВМ им. Н.Э. Баумана. – 2017. – № 3. – С. 72–75.
6. *Бобрышова Г.Т., Суржикова Е.С., Чудновец А.И.* Полиморфизм гена гормона роста и (GH) его взаимосвязь с продуктивными качествами у коров ярославской породы // Главный зоотехник. – 2019. – № 12. – С. 31–77.
7. *Молочная продуктивность и качество молока коров с разными генотипами тиреоглобулина / С.В. Тюлькин, Х.Х. Гильманов, И.В. Ржанова [и др.]* // Ученые записки КГАВМ им. Н.Э. Баумана. – 2019. – № 4. – С. 187–190. – DOI: 10.31588/2413-4201-1883-240-4-187-191.
8. *Скорых Л.Н., Фоминова И.О., Коваленко Д.В.* Полиморфизм гена соматотропина и его взаимосвязь с показателями роста у мясо-шерстных овец // Зоотехния. – 2020. – № 10. – С. 6–8. – DOI: 10.25708/ZT.2020.33.80.002.
9. *Денискова Т.Е., Доцев А.В., Зиновьева Н.А.* Идентификация генов-кандидатов, ассоциированных с экономически значимыми признаками, на основе анализа островков гомозиготности в геноме пород овец, разводимых в России // Достижения науки и техники АПК. – 2023. – Т. 37. – № 9. – С. 80–86.
10. *PSXII-6 evaluation of the influence of BGN gene polymorphism on elemental composition of blood serum and beef productivity of black spotted bulls / M. Adamovich, R. Khabibullin, I.V. Mironova [et al.]* // Journal of animal science. – 2022. – №. 100. – P. 209–210. – DOI:10.1093/jas/skac247.381.
11. *Влияние мутаций в гене FGF-5 на показатели шерсти у овец / Е.А. Климанова, Д.А. Александрова, О.И. Себежко [и др.]* // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2023. – № 3. – С. 225–235. – DOI: 10.31677/2072-6724-2023-68-3-225-235.
12. *Биология, генетика и селекция овцы / А.В. Кушнир, В.И. Глазко, В.А. Петухов [и др.].* – Новосибирск: НГАУ, 2010. – 524 с.
13. *Identification of polymorphisms in the oocyte-derived growth differentiation growth factor 9 (GDF9) gene associated with litter size in New Zealand sheep (Ovisaries) breeds / Н.А. Najafabadi, М. Khansefid, G.G. Mahmoud [et al.]* // Reprod. Domest. Anim. – 2020. – № 55(11). – P. 1585–1591. – DOI: 10.1111/rda.13813.
14. *Отработка оптимального способа выделения ДНК из крови животных для проведения ПЦР-ПДРФ анализа аллельного полиморфизма гена VOLA-DRB3 / З.А. Латыпова, Ш.Т. Сарбаканова, Л.С. Аубекерова [и др.]* // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 1–4. – С. 555–557.
15. *Single nucleotide polymorphism in dairy cattle populations of West Siberia / O.S. Korotkevich, M.P. Lyukhanov, V.L. Petukhov [et al.]* // Conference: 10th world congress of genetics applied to livestock Production, 2014. – Vancouver, 2014. – DOI: 10.13140/2.1.1987.0084.
16. *Проблемы селекции сельскохозяйственных животных / Б.Л. Панов, В.Л. Петухов, Л.К. Эрнст [и др.].* – Новосибирск: Наука, 1997. – 283 с.
17. *Полиморфизм белков сыворотки крови свиней сибирской северной породы / Е.В. Камалдинов, О.С. Короткевич, В.Л. Петухов [и др.]* // Докл. Рос. акад. с.-х. наук. – 2010. – С. 49–51.
18. *Камалдинов Е.В., Короткевич О.С., Петухов В.Л.* Фонд эритроцитарных антигенов и хромосомная нестабильность у якутского скота // Сельскохозяйственная биология. – 2011. – № 2. – С. 51–56.
19. *Иммуногенетические системы сывороточных белков крови свиней / В.Л. Петухов, А.И. Желтиков, М.Л. Кочнева [и др.]* // Докл. Рос. акад. с.-х. наук. – 2003. – С. 38–40.
20. *Петухов В.Л., Желтиков А.И., Камалдинов Е.В.* Генетическая структура кемеровской и крупной белой пород свиней по системам групп крови // Сельскохозяйственная биология. – 2004. – С. 43–49.
21. *Ассоциация генотипов β-лактоглобулина с некоторыми биохимическими показателями крови овец романовской породы / Е.А. Климанова, Т.В. Коновалова, В.А. Андреева [и др.]* // Вестник НГАУ

- (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2020. – № 4(57). – С. 82–87. – DOI: 10.31677/2072-6724-2020-57-4-82-87.
22. Ассоциация генотипов β-лактоглобулина у овец романовской породы с гематологическими показателями крови / Е.А. Климанова, З.Т. Поповский, Т.В. Коновалова [и др.] // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2021. – № 4(61). – С. 126–136. – DOI: 10.31677/2072-6724-2021-61-4-126-136.
 23. Климанова Е.А., Коновалова Т.В. Полиморфизм локуса BMP-15 у овец романовской породы в условиях Западной Сибири // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2023. – № 2(67). – С. 197–204. – DOI: 10.31677/2072-6724-2023-67-2-197-204.
 24. Growth differentiation factor-9 improves development, mitochondrial activity and meiotic resumption of sheep oocytes after in vitro culture of secondary follicles / A.P.O. Monte, J.M. Santos, V.G. Menezes [et al.] // *Reprod. Domest. Anim.* – 2019. – № 54(9). – P. 1169–1176. – DOI: 10.1111/rda.13485.
 25. Involvement of phosphorylated Akt and FOXO3a in the effects of growth and differentiation factor-9 (GDF-9) on inhibition of follicular apoptosis and induction of granulosa cell proliferation after In vitro culture of sheep ovarian tissue / A.P.O. Monte, M.É.S. Bezerra, V.G. Menezes [et al.] // *Reproductive sciences.* – 2021. – Vol. 28. – P. 2174–2185. – DOI: 10.1007/s43032-020-00409-x.
 26. Колосов Ю.А., Гетманцева Л.В., Широкова Н.В. Полиморфизм гена (GDF9) у овец сальской породы // *Ветеринарная патология.* – 2014. – № 3–4. – С. 78–81.
 27. Ecological and biochemical evaluation of elements contents in soils and fodder grasses of the agricultural lands of Siberia / A.I. Syso, M.A. Lebedeva, A.S. Cherevko [et al.] // *J. Pharm. Sci. and Res.* – 2017. – Vol. 9 (4). – P. 368–374.
 28. Особенности полиморфизма генов GH/Нае III, GDF9/BstHH I у молодняка овец дагестанской горной породы / А.И. Суров, З.К. Гаджиев, Е.С. Суржикова [и др.] // *Аграрный научный журнал.* – 2022. – № 10. – С. 89–92. – DOI: 10.28983/asj.y2022i10pp89-92.
 29. Генетическая структура овец западно-сибирской мясной и кулундинской тонкорунной пород по генам CAST, GDF9 и KRT1.2 / О.Л. Халина, С.Н. Магер, Г.М. Гончаренко [и др.] // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии.* – 2022. – № 4. – С. 103–116.
 30. Mutations in the genes for oocyte derived growth factors GDF9 and BMP15 are associated with both increased ovulation rate and sterility in Cambridge and Belclare sheep (Ovisaries) / J.P. Hanrahan, S.M. Gregan, P. Mulsant [et al.] // *Biol. Reprod.* – 2004. – № 70(4). – P. 900–909. – DOI: 10.1095/biolreprod.103.023093.
 31. Mullen M.P., Hanrahan J.P. Direct evidence on the contribution of a missense mutation in GDF9 to variation in ovulation rate of Finn sheep // *PLoS One.* – 2014. – № 9. – P. 95251. – DOI: 10.1371/journal.pone.0095251.
 32. Heterozygosity for a single base-pair mutation in the oocyte-specific GDF9 gene results in sterility in Thoka sheep / L. Nicol, S.C. Bishop, R. Pong-Wong [et al.] // *Reproduction.* – 2009. – № 138. – P. 921–933. – DOI: 10.1530/REP-09-0193.
 33. Гончаренко Г.М., Халина О.Л. Полиморфизм гена дифференциального фактора роста (GDF 9) у овец западно-сибирской и кулундинской тонкорунной пород // *Аграрная наука – сельскому хозяйству: сб. мат-лов XVII Междунар. науч.-практ. конф.* – Барнаул, 2022. – С. 111–112.
 34. Полиморфизм генов CAST, GH, GDF9 овец горно-алтайской породы / М.И. Селионова, Л.Н. Чижова, Е.С. Суржикова [и др.] // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки.* – 2020. – Т. 50, № 1. – С. 92–100. – DOI: 10.26898/0370-8799-2020-1-11.
 35. Полиморфизм генов CAST, GH, GDF9 овец дагестанской горной породы / А.А. Оздемиров, Л.Н. Чижова, А.А. Хожоков [и др.] // *Юг России: экология, развитие.* – 2021. – Т. 16, № 2. – С. 39–44. – DOI: 10.18470/1992-1098-2021-2-39-44.
 36. Петухова Д.Д. Характеристика аллельного спектра генов GDF9, PRL, B-LG овец породы лакон // *Сельскохозяйственный журнал.* – 2020. – № 5 (13). – С. 73–79.
 37. Полиморфизм генов кальпастатина (CAST), соматотропина (GH), дифференциального фактора роста (GDF 9) у овец породы российский мясной меринос от межлинейного спаривания баранов линии ME-50 и овцематок линии AC-30 / Н.А. Резун, Е.Н. Чернобай, Д.Д. Евлагина [и др.] // *Аграрный вестник Северного Кавказа.* – 2023. – № 2(50). – С. 30–34. – DOI: 10.31279/222-9345-2023-13-50-30-34.

REFERENCES

1. Abdelgadir A.Z., Musa L.M.A., Jawasreh K.I., Saleem A.O., El-Hag F., Ahmed M.K., *G1* point mutation in growth differentiation factor 9 gene affects litter size in Sudanese desert sheep, *Veterinaryworld*, 2021, No. 14(1), pp. 104–112, DOI: 10.14202/vetworld.2021.104-112.
2. Erokhin A.I., Karasev E.A., Erokhin S.A., *Ovtsy, kozy, sherstyanoie delo*, 2019, No. 3, pp. 3–6. (In Russ.)
3. Zinov'eva N.A., Klenovitskii P.M., Gladyr' E.A., Nikishov A.A. *Sovremennye metody geneticheskogo kontrolya selektsionnykh protsessov i sertifikatsiya plemennogo materiala v zhivotnovodstve* (Modern methods of genetic control of breeding processes and certification of breeding material in animal husbandry), Moscow: RUDN, 2008, 329 p. (In Russ.)
4. Shevkhuzhev A.F., Skorykh L.N., Sukhoveeva A.V., *Vestnik RGAU im. P.A. Kostycheva*, 2023, No. 3, pp. 61–68, DOI: 10.36508/RSATU.2023.60.53.009. (In Russ.)
5. Zinnatov F.F., Shamsova A.R., Zinnatova F.F., Akhmetov T.M., Safiullina A.R., *Uchenyiezapiski KGAVM im. N.E. Baumana*, 2017, No. 3, pp. 72–75. (In Russ.)
6. Bobryshova G.T., Surzhikova E.S., Chudnovets A.I., *Glavnyi zootekhnik*, 2019, No. 12, pp. 31–77. (In Russ.)
7. Tyul'kin S.V., Gil'manov Kh.Kh., Rzhanova I.V., Vafin R.R., Shaidullin R.R., *Uchenye zapiski KGAVM im. N.E. Baumana*, 2019, No. 4, pp. 187–190, DOI: 10.31588/2413-4201-1883-240-4-187-191. (In Russ.)
8. Skorykh L.N., Fominova I.O., Kovalenko D.V., *Zootekhnika*, 2020, No. 10, pp. 6–8, DOI: 10.25708/ZT.2020.33.80.002. (In Russ.)
9. Deniskova T.E., Dotsev A.V., Zinov'eva N.A., *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2023, Vol. 37, No. 9, pp. 80–86. (In Russ.)
10. Adamovich M., Khabibullin R., Mironova I.V., Yarmukhamedova E., Galiyeva Z., Chernyshenko Y., Vasilev V., PSXII-6 evaluation of the influence of bgh gene polymorphism on elemental composition of blood serum and beef productivity of black spotted bulls, *Journal of animal science*, 2022, No. 100, pp. 209–210, DOI:10.1093/jas/skac247.381.
11. Klimanova E.A., Aleksandrova D.A., Sebezhko O.I., Kulikova S.G., Gart V.V., *Vestnik NGAU*, 2023, No. 3, pp. 225–235, DOI: 10.31677/2072-6724-2023-68-3-225-235. (In Russ.)
12. Kushnir A.V., Glazko V.I., Petukhov V.A., Dimov G., Storozhok S.I., *Biologiya, genetika i selekciyaovcy* (Biology, genetics and sheep breeding), Novosibirsk: NGAU, 2010, 524 p. (In Russ.)
13. Najafabadi H.A., Khansefid M., Mahmoud G.G., Zhou H., Hickford J.G.H., Identification of polymorphisms in the oocyte-derived growth differentiation growth factor 9 (GDF9) gene associated with litter size in New Zealand sheep (*Ovis aries*) breeds, *Reproduction in domestic animals*, 2020, No. 55(11), pp. 1585–1591, DOI: 10.1111/rda.13813.
14. Latypova Z.A., Sarbakanova Sh.T., Aubekerova L.S., Kasymova K.T., *Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy*, 2016, No. 1–4, pp. 555–557. (In Russ.)
15. Korotkevich O.S., Lyukhanov M.P., Petukhov V.L., Yudin N.C., Sebezhko O.I., Konovalova T.V., Kamaldinov E.V., *Conference: 10th World Congress of Genetics Applied to Livestock Production*, Vancouver, 2014, DOI: 10.13140/2.1.1987.0084.
16. Panov B.L., Petukhov V.L., Ernst L.K., Gudilin I.I., Kulikova S.G., Korotkevich O.S., Dement'ev V.N., Kochnev N.N., Marenkov V.G., Kochneva M.L., Nezavitin A.G., Smirnov P.N., Kondratov A.F., Zheltikov A.I., Bekenev V.A., Nozdrin G.A., *Problemy selektsiisel'skokhozyaistvennykh zhivotnykh* (Problems of breeding farm animals), Novosibirsk: Nauka, 1997, 283 p. (In Russ)
17. Kamaldinov E.V., Korotkevich O.S., Petukhov V.L., Zheltikov A.I., Fridcher A.A., *Dokl. Ros. akad. s.-kh. nauk*, 2010, pp. 49–51. (In Russ)
18. Kamaldinov E.V., Korotkevich O.S., Petukhov V.L., *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya*, 2011, No. 2, pp. 51–56. (In Russ)
19. Petukhov V.L., Zheltikov A.I., Kochneva M.L., Sebezhko O.I., Gart V.V., Korotkevich O.S., Kamaldinov E.V., *Dokl. Ros. Akad. S.-kh. Nauk*, 2003, pp. 38–40. (In Russ)
20. Petukhov V.L., Zheltikov A.I., Kamaldinov E.V., *S.-kh. Biologiya*, 2004, pp. 43–49. (In Russ)
21. Klimanova E.A., Konovalova T.V., Andreeva V.A., Korotkevich O.S., Petukhov V.L., Nazarenko Yu.S., *Vestnik NGAU*, 2020, No. 4 (57), pp. 82–87. (In Russ)
22. Klimanova E.A., Popovski Z.T., Konovalova T.V., Tarasenko E.I., Korotkevich O.S., Sebezhko O.I., *Vestnik NGAU*, 2021, No. 4 (61), pp. 126–136. (In Russ)

23. Klimanova E.A., Konovalova T.V., *Vestnik NGAU*, 2023, No. 2(67), pp. 197–204. (In Russ)
24. Monte A.P.O., Santos J.M., Menezes V.G., Gouveia B.B., Lins T.L.B.G., Barberino R.S., Jr J.L.O., Donfack N.J., Matos M.H.T., Growth differentiation factor-9 improves development, mitochondrial activity and meiotic resumption of sheep oocytes after in vitro culture of secondary follicles, *Reproduction in domestic animals*, 2019, No. 54(9), pp. 1169–1176.
25. Monte A.P.O., Bezerra M.É.S., Menezes V.G., Gouveia B.B., Barberino R.S., Lins T.L.B.G., Barros V.R.P., Santos J.M., Donfack N.J., Matos M.H.T., Involvement of phosphorylated Akt and FOXO3a in the effects of growth and differentiation factor-9 (GDF-9) on inhibition of follicular apoptosis and induction of granulosa cell proliferation after in vitro culture of sheep ovarian tissue, *Reproductive sciences*, 2021, Vol. 28, pp. 2174–2185.
26. Kolosov Yu.A., Getmantseva L.V., Shirokova N.V., *Veterinarnaya patologiya*, 2014, No. 3–4, pp. 78–81. (In Russ)
27. Syso A.I., Lebedeva M.A., Cherevko A.S., Petukhov V.L., Sebezshko O.I., Konovalova T.V., Korotkevich O.S., Narozhnykh K.N., Kamaldinov E.V., Sokolov V.A., Ecological and biochemical evaluation of elements contents in soils and fodder grasses of the agricultural lands of Siberia, *Journal of pharmaceutical sciences and research*, 2017, Vol. 9 (4), pp. 368–374.
28. Surov A.I., Gadzhiev Z.K., Surzhikova E.S., Shumaenko S.N., Evlagina D.D., *Agrarnyi nauchnyi zhurnal*, 2022, No. 10, pp. 89–92. (In Russ)
29. Khalina O.L., Mager S.N., Goncharenko G.M., Khoroshilova T.S., Grishina N.B., *Izvestiya Timiryazevskoi sel'skokhozyaistvennoi akademii*, 2022, No. 4, pp. 103–116. (In Russ)
30. Hanrahan J.P., Gregan S.M., Mulsant P., Mullen M., Davis G.H., Powell R., Galloway S.M., Mutations in the genes for oocyte derived growth factors GDF9 and BMP15 are associated with both increased ovulation rate and sterility in Cambridge and Belclare sheep (*Ovis aries*), *Biology of reproduction*, 2004, No. 70(4), pp. 900–909.
31. Mullen M.P., Hanrahan J.P., Direct evidence on the contribution of a missense mutation in GDF9 to variation in ovulation rate of Finn sheep, *PLoS One*, 2014, No. 9, pp. 95251, DOI: 10.1371/journal.pone.0095251.
32. Nicol L., Bishop S.C., Pong-Wong R., Bendixen C., Holm L.E., Rhind S.M., McNeilly A.S., Homozygosity for a single base-pair mutation in the oocyte-specific GDF9 gene results in sterility in Thoka sheep, *Reproduction*, 2009, No. 138, pp. 921–933.
33. Goncharenko G.M., Khalina O.L., *Agrarnaya nauka – sel'skomu khozyaistvu*, Proceedings of the Conference, Barnaul, 2022, pp. 111–112. (In Russ)
34. Selionova M.I., Chizhova L.N., Surzhikova E.S., Podkorytov N.A., Podkorytov A.T., *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki*, 2020, Vol. 50, No. 1, pp. 92–100, DOI: 10.26898/0370-8799-2020-1-11. (In Russ)
35. Ozdemirov A.A., Chizhova L.N., Khozhokov A.A., Surzhikova E.S., Dogeev G.D., Abdulmagomedov S.Sh., *Yug Rossii: ekologiya, razvitie*, 2021, Vol. 16, No. 2, pp. 39–44, DOI: 10.18470/1992-1098-2021-2-39-44. (In Russ)
36. Petukhova D.D., *Sel'skokhozyaistvennyi zhurnal*, 2020, No. 5(13), pp. 73–79. (In Russ)
37. Rezun N.A., Chernobai E.N., Evlagina D.D., Surzhikova E.S., Ismailov I.S., *Agrarnyivestnik Severnogo Kavkaza*, 2023, No. 2(50), pp. 30–34, DOI: 10.31279/222-9345-2023-13-50-30-34. (In Russ)

РОЛЬ ФУЛЬВОКИСЛОТЫ В КОРМЛЕНИИ ТЕЛОК РЕПРОДУКТИВНОГО ВОЗРАСТА В УСЛОВИЯХ НОВГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

¹Т.Б. Лашкова, кандидат сельскохозяйственных наук

¹Г.В. Петрова, старший научный сотрудник

¹М.Ю. Жукова, кандидат сельскохозяйственных наук

²А.С. Митюков, доктор сельскохозяйственных наук

¹Новгородский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал Санкт-Петербургского Федерального исследовательского центра Российской академии наук, Великий Новгород, Борки, Россия

²Институт озераведения Санкт-Петербургского Федерального исследовательского центра Российской академии наук, Санкт-Петербург, Россия

E-mail: laschkowa@mail.ru

Ключевые слова: ремонтные телки, рацион, фульвокислота, переваримость питательных веществ, биохимические показатели крови, репродуктивные функции.

Реферат. Многие отечественные и зарубежные исследователи обратили внимание на гуминовые и фульвокислоты, которые успешно используются в животноводстве, птицеводстве и аквакультуре. В поисках новых путей повышения продуктивности скота, а также качества продукции животноводства значительно увеличилось количество научных исследований по использованию гумусовых веществ различного происхождения в животноводстве, что подчеркивает роль кормовых добавок, полученных из местных ресурсов. В статье представлена эффективность применения фульвокислоты в рационах молодняка крупного рогатого скота. Экспериментальные исследования проводились в сельскохозяйственном кооперативе им. Ильича Старорусского района Новгородской области на телках голштинской породы голландской селекции старше года (ремонтные телки репродуктивного возраста). Животные контрольной группы потребляли сбалансированный по питательности основной рацион (ОР). В первой опытной – ОР + фульвокислота (10 мл/гол./сутки), во второй опытной – ОР + фульвокислота (15 мл/гол./сутки). В каждой группе по 10 голов. В результате проведенных исследований был определен положительный эффект от использования в рационах молодняка фульвокислоты, изучено ее влияние на переваримость питательных веществ рационов, биохимические показатели крови, репродуктивную функцию, определена оптимальная доза скармливания фульвокислоты в данный возрастной период. Использование фульвокислоты в рационе молодняка позволило повысить усвоение питательных веществ из рациона, улучшить биохимические показатели крови, улучшить воспроизводительные качества телок на 15,5–20,2 %. Полученные результаты позволяют рекомендовать фульвокислоту для применения в рационах ремонтных телок репродуктивного возраста на фермах Северо-Западного региона в количестве 10 мл на голову в сутки.

THE ROLE OF FULVIC ACID IN FEEDING HEIFERS OF REPRODUCTIVE AGE IN THE CONDITIONS OF THE NOVGOROD REGION

¹T.B. Lashkova, Candidate of Agricultural Sciences

¹G.V. Petrova, Senior Research Fellow

¹M.Yu. Zhukova, Candidate of Agricultural Sciences

²A.S. Mityukov, Doctor of Agricultural Sciences

¹Novgorod Scientific Research Institute of Agriculture – branch of the St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Veliky Novgorod, Borki, Russia

²Institute of Lake Science of the St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia

E-mail: laschkowa@mail.ru

Keywords: repair heifers; diet; fulvic acid; digestibility of nutrients; biochemical parameters of blood; reproductive functions.

Abstract. *Many domestic and foreign researchers have drawn attention to humic and fulvic acids, which are successfully used in animal husbandry, poultry farming and aquaculture. In search of new ways to increase livestock productivity, as well as the quality of livestock products, the number of scientific studies on the use of humic substances of various origins in animal husbandry has increased significantly, which emphasizes the role of feed additives obtained from local resources. In the article the effectiveness of the use of fulvic acid in the diets of young cattle is presented. Experimental studies were conducted in the Ilyich Agricultural Cooperative of the Starorussky district of the Novgorod region on heifers of the Holstein breed of Dutch breeding older than a year (repair heifers of reproductive age). The animals of the control group consumed a nutritionally balanced basic diet (HR), the first experimental group – HR + fulvic acid (10 ml/head / day), the second experimental group - HR + fulvic acid (15 ml/head /day), 10 heads in each group. As a result of the conducted studies, the positive effect of the use of fulvic acid in the diets of young animals was determined, its effect on the digestibility of nutrients in diets, biochemical parameters of blood, reproductive function was studied, the optimal dose of fulvic acid feeding in this age period was determined. The use of fulvic acid in the diet of young animals allowed to increase the absorption of nutrients from the diet, improve blood biochemical parameters, and improve the reproductive qualities of heifers by 15.5–20.2 %. The results obtained allow us to recommend fulvic acid for use in the diets of repair heifers of reproductive age on farms in the Northwestern region in the amount of 10 ml per head per day.*

В настоящее время растет спрос и цена на качественную, экологически безопасную мясо-молочную продукцию, что подталкивает ученых к изучению и использованию в рационах доступных, недорогих, но эффективных биологически активных веществ природного происхождения, не обладающих токсичностью и не вызывающих побочных эффектов.

Одним из способов решения этой задачи является использование гуминовых препаратов, произведенных на основе гумусовых веществ – гуминовых и фульвокислот. Гуминовые препараты способны усиливать обменные процессы не только в растительных клетках, но и проявлять себя не менее эффективно на живых организмах.

Механизм влияния гумусовых веществ на организм животных изучали в лабораторных и производственных условиях. Так, С.А. Виссер [1] при исследовании возможности поступления гумусовых веществ в ткани животных организмов исследовал распределение в организме крыс тотально меченой гуминовой кислоты, которую вводили внутривентриально или с питьевой водой. Независимо от способа поступления метку обнаруживали практически во всех органах, метаболитах и выделениях животных, что свидетельствует о поступлении гуминовой кислоты в ткани животного организма и ее метаболизации. Этот же автор в модельных опытах с изолированными кусочками тонкого кишечника продемонстрировал, что гуминовые кислоты улучшают прохождение через стенку кишечника неорганических ионов. Все эти факты позволили Виссеру сделать вывод о

возможности прохождения гуминовой кислоты через клеточные мембраны и их метаболизации в животном организме.

Авторы из Республики Беларусь [2] и России [3–5] на основании исследований морфобioхимических показателей крови коров установили, что введение в рацион коров гуминового препарата сопровождалось повышением содержания гемоглобина, эритроцитов, щелочного резерва, что также позволило им сделать вывод об активизации обменных процессов в организме. Содержание общего белка в сыворотке крови, которое отражает обеспеченность организма питательными и пластическими веществами, увеличилось в крови коров, получавших с кормами гуминовый препарат. При этом количество альбуминов и гамма-глобулинов также возросло, что способствовало повышению защитных реакций у животных опытных групп. Как следствие, в экспериментах наблюдали рост среднесуточных удоев опытных групп. Одновременно увеличилось содержание молочного жира в молоке коров опытных групп, а также улучшилось качество продукции по содержанию сухого вещества, лактозы и белка, что отмечают не только российские, но и зарубежные авторы [6–10].

Одна из главных задач в современном животноводстве – исключение стресса при выращивании и содержании животных, так как он негативно влияет на продуктивные и воспроизводительные качества.

В литературе отмечается, что гумусовые вещества снижают выработку гормонов, вызы-

вающих стресс. Это было выявлено в результате 42 наблюдений за поведением животных, в частности, телят, впервые вышедших на выгульные площадки. Этот эффект также был отмечен на овцах, лошадях, крупном рогатом скоте и свиньях. В молочных производствах с выгульной системой содержания те животные, которые употребляют гумат, с меньшим проявлением стресса пасутся на пастбищных участках [11].

Гумусовые вещества широко используются в качестве альтернативного стимулятора роста, в некоторых случаях заменяя собой антибиотики для улучшения продуктивности и здоровья сельскохозяйственных животных и птицы [2–6,12].

Чушань Дай и другие исследователи из китайского сельскохозяйственного университета провели эксперименты на мышах, доказывающие токсикологическую безопасность гуминовых препаратов [13].

Таким образом, обобщив все достоинства гумусовых веществ, мы могли утверждать, что использование их в рационах сельскохозяйственных животных позволит в значительной мере увеличить продуктивность и качество продукции.

Цель исследований – изучение влияния органической кормовой добавки на усвоение питательных веществ рациона, состояние здоровья и воспроизводительные функции молодняка крупного рогатого скота в условиях Новгородской области.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Экспериментальная часть работы была выполнена в сельскохозяйственном кооперативе им. Ильича Новгородской области на поголовье ремонтных телок репродуктивного возраста согласно методике А.И. Овсянникова (1976). Продолжительность эксперимента составила 30 дней.

Препарат фульвокислоты (действующее вещество 19,2 %) получен в лаборатории Института озероведения РАН ведущим научным сотрудником А.С. Митюковым и предоставлен для исследований согласно договору о сотрудничестве.

Содержание молодняка привязное. По принципу аналогов были сформированы три группы животных – контрольная и две опытные ($n = 10$).

Таблица 1

Схема опыта
Experimental scheme

| Группа животных | Кол-во голов | Условия кормления |
|-----------------|--------------|----------------------------|
| Контрольная | 10 | Основной рацион (ОР) |
| Опытная I | 10 | ОР + фульвокислота (10 мл) |
| Опытная II | 10 | ОР + фульвокислота (15 мл) |

Перед началом опытного периода были отобраны пробы сена и силоса, заготовленные в хозяйстве, для определения их питательной ценности и химического анализа с целью составления и корректировки рациона животных. Отбор проб кормов, использованных в рационах, проводился в соответствии с ГОСТ ISO 6497–2014. Исследования кормов проведены в ФГБУ «САС «Новгородская» следующими методами: массовая доля сухого вещества по ГОСТ 3160–2012 п. 7; массовая доля азота и сырого протеина по ГОСТ 13496.4–2019 п. 8; массовая доля сырой клетчатки по ГОСТ 31675–2012 п. 6; массовая доля кальция по ГОСТ 26570–95 п. 2.2.

По окончании опытного периода в течение двух смежных суток были отобраны пробы кала с целью определения в них выведенных остатков питательных веществ рациона. Взвешивали продукты выделения и отбирали их средние пробы по методике проведения балансового опыта. Исследования проб проведены в ФГБУ «САС «Новгородская», расчет коэффициентов переваримости проводился прямым опытом согласно методике А.И. Овсянникова.

Забор крови у животных проводился перед утренним кормлением из подхвостовой вены. Анализ морфологических и биохимических показателей крови проведен в Новгородской областной ветеринарной лаборатории с ис-

пользованием автоматического биохимического анализатора крови.

Учет кормов, потребляемых животными на опыте, проводился еженедельно посредством сбора несъеденных остатков и их контрольного взвешивания.

Воспроизводительные способности определяли изучением следующих показателей: кратность осеменений на одно плодотворное (индекс осеменения), процент оплодотворения после первого осеменения.

Данные по осеменению телок, пришедших в охоту, и результаты ректального исследования получены из журнала случаев и отелов, представленного специалистами хозяйства.

Статистическая обработка данных проведена с использованием методических руководств по биометрии Н.А. Плохинского и программы Microsoft Excel 10.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ химического состава и питательности кормов показал, что потребность ремонтного молодняка практически полностью обеспечивается кормами собственного производства

(за исключением концентратов и минеральных добавок).

Структура рациона выглядит следующим образом: грубые корма – 9,6 %, сочные корма – 72,1 %, концентрированные корма промышленного производства – 18,3 %. Общая питательность рациона составила 12,48 кормовых единиц, что соответствует нормам кормления ремонтных телок данного возраста (Калашников А.П., 1985). Содержание обменной энергии в 1 кг сухого вещества – 9,10 мДж, кормовых единиц – 1,12, клетчатки – 31,6 %.

С точки зрения активизации метаболических процессов наиболее актуальными представляются исследования, направленные на повышение трансформации питательных веществ. Достижение результата возможно лишь при оптимизации качественно-количественных соотношений между компонентами корма, а также при включении в рационы биологически активных веществ, при которых активизируются пищеварительные и обменные процессы в организме животного. Одним из таких «стимуляторов» является фульвокислота и препараты на ее основе (табл. 2).

Таблица 2

Коэффициенты переваримости питательных веществ рациона, %
Digestibility coefficients of dietary nutrients, %

| Показатель | Группа | | |
|-------------------------------------|-------------|-------------|-------------|
| | Контрольная | I опытная | II опытная |
| Сухое вещество | 60,56±1,81 | 66,44±3,88 | 63,73±1,79 |
| Сырой протеин | 56,19±1,02 | 55,27±2,77 | 63,04±2,18* |
| Сырая клетчатка | 64,68±1,54 | 67,48±1,47 | 67,95±2,01 |
| Сырой жир | 62,54±0,47 | 64,67±0,66 | 67,56±1,70* |
| Безазотистые экстрактивные вещества | 70,42±0,38 | 72,98±0,82* | 71,17±1,93 |
| Органическое вещество | 71,48±0,14 | 75,04±0,32 | 73,3±0,99 |

Примечание.*P < 0,05.

Наибольший коэффициент переваримости сухого вещества рациона зафиксирован в первой опытной группе – 66,44 %, что на 5,88 процентных пункта выше контрольных значений и на 2,71 выше значений второй опытной группы. Сырой протеин наиболее активно усваивался у животных, получавших по 15 мл

фульвокислоты на голову в сутки, коэффициент переваримости этого показателя на 7,77 % превысил значения первой опытной группы и на 6,85 % контроля. Необходимо отметить, что введение в рационы животных опытных групп фульвокислоты послужило катализатором переваримости сырой клетчатки в этих группах,

повысив значения коэффициента на 2,8 и 3,27 процентных пункта относительно контрольного. Коэффициент переваримости сырого протеина в контрольной группе телок равнялся 62,54 %. Введение в рацион 10 мл фульвокислоты повысило значение коэффициента на 2,13 %, увеличение массовой доли фульвокислоты до 15 мл повлияло на еще более значительный рост показателя (до 5,02 % относительно контроля). Безазотистые экстрактивные вещества рациона активнее всего усваивались животными опытных групп – на 2,56 и 0,75 % соответственно. Однако в этом случае при росте массовой доли добавки дальнейшего увеличения коэффициента переваримости не произошло. Ассимиляция органического вещества происходила аналогично предыдущему показателю: в первой

опытной группе усвоение активизировалось на 3,56 % в сравнении с контрольным значением, во второй – на 1,82 %.

Все процессы, происходящие в организме, в той или иной степени отражаются на морфологическом и биохимическом составе крови и ее физико-химических свойствах, которые можно использовать для оценки степени интенсивности окислительных процессов, уровня обмена веществ, отражающихся впоследствии на состоянии здоровья и воспроизводительных качествах животных. На основании проведенных исследований биохимических показателей крови установлено, что все они находились в пределах физиологической нормы, однако следует отметить некоторые межгрупповые различия в конце опыта (табл. 3).

Таблица 3

Показатели крови телок после проведения эксперимента
Blood parameters of heifers after the experiment

| Показатель | Контрольная группа | | I опытная группа | | II опытная группа | |
|--------------------------|--------------------|-------|------------------|-------|-------------------|-------|
| | Значения | Cv,% | Значения | Cv,% | Значения | Cv,% |
| Общий белок, г/л | 72,42±3,46 | 12,64 | 70,60±1,63 | 6,13 | 67,72±1,18 | 4,60 |
| Альбумин, г/л | 35,71±1,06 | 7,87 | 39,94±1,26* | 8,41 | 37,12±0,89 | 6,33 |
| Глобулин, г/л | 36,71±3,11 | 22,44 | 30,65±1,07 | 9,31 | 30,60±2,00 | 17,30 |
| Мочевина, ммоль/л | 1,21±0,23 | 52,34 | 0,97±0,01 | 4,79 | 1,08±0,07 | 19,36 |
| Креатинин, мкмоль/л | 101,42±4,59 | 11,97 | 103,08±3,11 | 7,98 | 94,2±2,73 | 7,69 |
| Глюкоза, ммоль/л | 3,35±0,05 | 4,51 | 3,49±0,12 | 9,14 | 3,00±0,08** | 7,88 |
| Билирубин общ., мкмоль/л | 0,75±0,21 | 76,05 | 1,08±0,28 | 69,01 | 1,29±0,37 | 76,30 |
| АСТ, МЕ/л | 71,57±2,24 | 8,29 | 79,25±5,75 | 19,22 | 81,38±4,77 | 15,50 |
| АЛТ, МЕ/л | 29,57±2,10 | 18,81 | 33,01±2,57 | 20,6 | 32,84±0,95 | 7,67 |
| Щелочная фосфатаза, МЕ/л | 201,00±17,13 | 22,55 | 203,54±20,32 | 26,42 | 180,38±15,44 | 22,66 |
| Калий, ммоль/л | 4,85±0,10 | 5,69 | 5,16±0,05* | 2,61 | 5,09±0,08 | 4,55 |
| Кальций, ммоль/л | 2,92±0,06 | 6,16 | 2,78±0,17 | 16,2 | 2,82±0,05 | 4,90 |
| Фосфор, моль/л | 1,88±0,13 | 17,93 | 2,69±0,10*** | 10,09 | 2,34±0,24 | 27,38 |
| Гамма – ГТ, МЕ/л | 13,08±2,36 | 47,78 | 15,19±1,52 | 26,54 | 12,96±1,83 | 37,47 |

Примечание. *P < 0,05; ** P < 0,01; *** P < 0,001.

Анализ полученных результатов показал, что концентрация общего белка в сыворотке крови животных опытных групп несколько снизилась (на 1,82 и 4,7 г/л) относительно контрольных значений. Однако соотношение альбуминов к глобулинам – белковый индекс,

показывающий интенсивность белкового обмена, – в опытных группах вырос от 0,97 в контрольной до 1,3 и 1,21 в первой и второй опытных группах соответственно. Соотношение белковых фракций изменяется при многих заболеваниях, но в наших исследованиях оно

находилось в пределах нормальных значений и диагностического значения не имеет.

У животных всех групп отмечается пониженный уровень мочевины в сыворотке крови, значение показателя контрольной группы составляет 1,21 ммоль/л, первой опытной – 0,97 ммоль/л, второй опытной – 1,08 ммоль/л (при норме 3,0–5,6). Это возможно при ослаблении синтетической функции печени у животных. Такое ослабление ведет к снижению синтеза мочевины и связано с тем, что поступающий в организм животного белок не усваивается.

Концентрация креатинина во всех группах находится в рамках нормальных значений, но межгрупповые различия все же имеются. Так, при введении в рацион животных 10 мл фульвокислоты содержание креатинина в крови повысилось относительно контроля на 1,66 мкмоль/л, при увеличении массовой доли фульвокислоты до 15 мл значение показателя уровня креатинина снизилось по сравнению с первой опытной группой на 8,88 мкмоль/л и 7,22 мкмоль/л с контрольной.

Содержание глюкозы в сыворотке крови животных второй опытной группы снизилось достоверно ($P < 0,01$) на 0,35 и 0,49 ммоль/л соответственно в контрольной и первой опытной, при этом все значения находятся в пределах нормы.

Значения содержания билирубина в опытных группах стабильно увеличились с ростом массовой доли добавки. Если в контрольной группе этот показатель равнялся 0,75 мкмоль/л, то в первой опытной – 1,08, во второй – 1,29 мкмоль/л.

Аналогичным образом наблюдается рост концентрации трансаминаз в сыворотке крови при использовании в рационах животных опытных групп фульвокислоты, но все значения

не превышают норму. Коэффициент де Ритиса (соотношение АСТ/АЛТ) во всех группах превышал границы нормальных показателей и находился в пределах значений от 2,4 до 2,47, что косвенно указывает на возможные патологические процессы в печени.

В контрольной группе телок отмечается повышение активности щелочной фосфатазы на 31 МЕ/л относительно верхней границы нормальных значений, использование в рационе 10 мл фульвокислоты способствовало, хотя и незначительному, но дальнейшему росту активности показателя. Массовая доля добавки в 15 мл наоборот привела к снижению содержания щелочной фосфатазы до 180,38 МЕ/л, приблизив его к нормальным значениям.

Важнейшими участниками обмена веществ являются минеральные вещества организма животного: калий, кальций и фосфор. У животных на эксперименте содержание калия и кальция в сыворотке крови при незначительном повышении или понижении показателей между группами находилось в пределах нормы. Концентрация фосфора у животных первой опытной группы достоверно ($P < 0,001$) увеличилась на 0,81 ммоль/л, во второй опытной группе – на 0,46 ммоль/л по сравнению с контрольной, что предположительно указывает на лучшее усвоение витамина D животными опытными групп.

Репродуктивная функция относится к сложным биологическим процессам, обеспечивающим воспроизведение животных. Применение полноценных рационов с использованием биологически активных добавок является общепризнанным путем воздействия на течение половых процессов у сельскохозяйственных животных (табл. 4).

Таблица 4

Воспроизводительные качества ремонтных телок после снятия с опыта
Reproductive qualities of replacement heifers after removal from the experiment

| Показатель | Группа | | |
|---|-------------|-----------|------------|
| | Контрольная | I опытная | II опытная |
| Пришло в охоту, гол. | 4 | 10 | 8 |
| Оплодотворяемость после первого осеменения, % | 51,6 | 76,7 | 71,7 |
| Индекс осеменения | 2,08±0,05 | 1,73±0,04 | 1,80±0,03 |

За период проведения опыта в контрольной группе пришли в охоту только четыре из десяти голов, в то время как в первой и второй опытных группах при введении в рацион фульвокислоты уже через неделю животные начали активно приходить в состояние эструса.

Самая высокая оплодотворяемость от первого осеменения на уровне 76,7 % установлена в первой опытной группе, что на 25,1 пункта выше соответствующего показателя животных контрольной группы и лишь на 5 пунктов выше соответствующего показателя животных второй опытной группы.

Индекс осеменения (число осеменений, которые потребовались для плодотворного осеменения), в первой опытной группе также имел более высокие показатели по сравнению с контролем на 20,2 %. Во второй опытной группе индекс осеменения в сравнении с контрольным значением был выше на 15,5 %.

ВЫВОДЫ

1. Фульвокислота в рационе телок репродуктивного возраста вне зависимости от мас-

совой доли применяемой добавки обеспечивает активизацию пищеварительных и обменных процессов в организме животных. Достоверно увеличился коэффициент переваримости сырого протеина во второй опытной группе (на 6,85 % относительно контроля) и сырого жира (на 5,02 %), на 2,56 % активизировалось усвоение безазотистых экстрактивных веществ в первой опытной группе ($P < 0,05$).

2. Применение фульвокислоты как биологически активной добавки не привело к негативным изменениям в биохимическом составе крови, а в отдельных показателях способствовало его улучшению. Выросла концентрация альбуминов в сыворотке крови животных первой опытной группы: 39,94 г/л, против 35,71 г/л в контрольной ($P < 0,05$). В первой опытной группе повысилось присутствие калия на 0,31 ммоль/л ($P < 0,05$) и фосфора – на 0,81 ммоль/л ($P < 0,001$).

3. При использовании фульвокислоты выявлено улучшение репродуктивных функций у подопытных телок на 15,5–20,2 %.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Performance, Fermentation Characteristics and Composition of the Microbiome in the Digest of Piglets Kept on a Feed With Humic Acid-Rich Peat* / C. Visscher, J. Hankel, A. Nies [et al.] // *Front. Vet. Sci.* – 2019. – Vol. 6. – P. 29. – DOI: 10.3389/fvets.2019.00029.
2. *Степченко Л.М.* Роль гуминовых препаратов в управлении обменными процессами при формировании биологической продукции сельскохозяйственных животных // *Достижения и перспективы использования гуминовых веществ в сельском хозяйстве: сб. науч. тр.* – Днепропетровск, 2008. – С. 70–74.
3. *Валитов Х.З., Фролкин А.И.* Гуминовые кислоты в рационе кормления молодняка крупного рогатого скота // *Современная ветеринарная наука: теория и практика: мат-лы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 20-летию факультета ветеринарной медицины Ижевской ГСХА, Ижевск, 28–30 октября 2020 г.* – Ижевск, 2020. – С. 269–273.
4. *Применение в рационе молочного скота кормовой добавки на основе гуминовых кислот* / Х.З. Валитов, А.И. Фролкин, М.В. Забелина, В.А. Корнилова // *Аграрный научный журнал.* – 2021. – № 7. – С. 58–61.
5. *Значение, теория и практика использования гуминовых кислот в животноводстве* / А.А. Васильев [и др.] // *Аграрный научный журнал.* – 2016. – № 3. – С. 13–16.
6. *Безуглова О.С., Зинченко В.Е.* Применение гуминовых препаратов в животноводстве (обзор) // *Достижения науки и техники АПК.* – 2016. – Т. 30, № 2. – С. 89–93.
7. *Кормовые добавки с биологически активными свойствами в кормлении скота* / Ф.А. Мусаев [и др.] // *Фундаментальные исследования.* – 2015. – № 2–23. – С. 5133–5138.
8. *Москаленко С.П.* Мировой опыт использования гуминовых кислот в скотоводстве и свиноводстве // *Основы и перспективы органических биотехнологий.* – 2018. – № 4. – С. 11–15.
9. *Islam K.M.S., Schumacher A., Gropp J.M.* Humic Acid Substances in Animal Agriculture // *Pakistan Journal of Nutrition.* – 2005. – N 4 (3). – DOI: 10.3923/pjn.2005.126.134.

10. Thomassen B.P., Faust R.H. The use of a processed humic acid product as a feed supplement in dairy production in the Netherlands // Conference Paper IFOAM. IFOAM. – 2000. – 339 p.
11. Эффективное применение гуминовых препаратов (на основе гуматов) в животноводстве и ветеринарии / Б.Т. Ермагамбет, Е.В. Кухар, Н.У. Нургалиев, Ж.М. Касенова [и др.] // Достижения науки и образования. – 2016. – № 10. – С. 16–19.
12. Humic substances isolated from clay soil may improve the ruminal fermentation, milk yield, and fatty acid profile: A novel approach in dairy cows / A.A. Hassan, A.Z.M. Salem, M.M.Y. Elghandour [et al.] // Animal Feed Science and Technology. – 2020. – Vol. 268. – P. 114601. – DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2020.114601.
13. A Comprehensive Toxicological Assessment of Fulvic Acid / C. Dai, X. Xiao, Y. Yuan [et al.] // Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine. – 2020. – Vol. 2020. – DOI: 10.1155/2020/8899244.
14. Овсянников А.И. Основы опытного дела в животноводстве: учеб. пособие. – М.: Колос, 1976. – 185 с.
15. Калашников А.П., Клейменов Н.И. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных: справ. пособие. – М.: Агропромиздат, 1985. – 352 с.

REFERENCES

1. Visscher C., Hankel J., Nies A. et al., Performance, Fermentation Characteristics and Composition of the Microbiome in the Digest of Piglets Kept on a Feed With Humic Acid-Rich Peat., *Front. Vet. Sci.*, 2019, No. 6, pp. 29, DOI: 10.3389/fvets.2019.00029.
2. Stepchenko L.M., *Achievements and prospects of the use of humic substances in agriculture*, Collection of scientific papers. – Dnepropetrovsk, 2008, pp. 70–74. (In Russ.)
3. Valitov H.Z., *Sovremennaya veterinarnaya nauka: teoriya i praktika* (Modern veterinary science: theory and practice), Materials of the International scientific and practical conference dedicated to the 20th anniversary of the Faculty of Veterinary Medicine of Izhevsk State Agricultural Academy, Izhevsk, October 28–30, 2020, Izhevsk, 2020, pp. 269–273. (In Russ.)
4. Valitov H.Z., Frolkin A.I., Zabelina M.V., Kornilova V.A., *Agrarian Scientific Journal*, 2021, No. 7, pp. 58–61. (In Russ.)
5. Vasiliev A.A. [et al.], *Agrarian Scientific journal*, 2016, No. 3, pp. 13–16. (In Russ.)
6. Bezuglova O.S., Zinchenko V.E., *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2016, Vol. 30, No. 2, pp. 89–93. (In Russ.)
7. Musaev F.A. [et al.], *Fundamental'nye issledovaniya*, 2015, No. 2–23, pp. 5133–5138. (In Russ.)
8. Moskalenko S.P., *Osnovy i perspektivy organicheskikh biotekhnologiy*, 2018, No. 4, pp. 11–15. (In Russ.)
9. Islam K.M.S., Schumacher A., Jürgen Gropp, Humic Acid Substances in Animal Agriculture, *Pakistan Journal of Nutrition*, 2005, No. 4, DOI: 10.3923/pjn.2005.126.134.
10. Thomassen B.P., Faust R.H., The use of a processed humic acid product as a feed supplement in dairy production in the Netherlands, *Conference Paper IFOAM. IFOAM*, 2000, 339 p.
11. Ermagambet B.T., Kukhar E.V., Nurgaliev N.U., Kasenova Zh.M. et al., *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2016, No. 10, pp. 16–19. (In Russ.)
12. Hassan A.A., Salem A.Z.M., Elghandour M.M.Y., Hafsa S.A. et al., Humic substances isolated from clay soil may improve the ruminal fermentation, milk yield, and fatty acid profile: A novel approach in dairy cows, *Animal Feed Science and Technology*, 2020, Vol. 268, pp. 114601, DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2020.114601.
13. Dai C., Xiao X., Yuan Y., Sharma G. et al., A Comprehensive Toxicological Assessment of Fulvic Acid, *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2020, Vol. 2020, DOI: 10.1155/2020/8899244.
14. Ovsyannikov A.I., *Osnovy opytnogo dela v zhivotnovodstve* (Fundamentals of experimental business in animal husbandry), Moscow: Kolos, 1976, 185 p.
15. Kalashnikov A.P., Kleimenov N.I., *Normy i ratsiony kormleniya sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh* (Norms and rations of feeding farm animals), Moscow: Agropromizdat, 1985, 352 p.

АНТИОКСИДАНТНАЯ АКТИВНОСТЬ ЭКСТРАКТОВ ДУШИЦЫ ОБЫКНОВЕННОЙ И САБЕЛЬНИКА БОЛОТНОГО, ПРОИЗРАСТАЮЩИХ В АЛТАЙСКОМ КРАЕ, В СВЯЗИ С СОДЕРЖАНИЕМ В НИХ ФЛАВОНОИДОВ

П.Н. Мирошников, заведующий лабораторией

К.В. Жучаев, доктор биологических наук, профессор

Ю.И. Коваль, кандидат биологических наук, доцент

Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия

E-mail: petmir95@mail.ru

Ключевые слова: антиоксиданты, лекарственные растения, флавонолы, проантоцианидины, спектрофотометрия, катодная вольтамперометрия.

Реферат. Препараты на основе лекарственных растений обладают перед синтетическими аналогами такими преимуществами, как малая токсичность, лучшая переносимость и снижение рисков выработки зависимости. К антиоксидантным агентам в составе лекарственных растений относят вещества группы флавоноидов в связи с их способностью к инактивации свободнорадикальных процессов благодаря механизму передачи электронов между компонентами реакции для нейтрализации свободных радикалов. Среди лекарственных растений Западной Сибири и Алтайского края высоким содержанием флавоноидов обладают такие растения, как душица обыкновенная и сабельник болотный. Целью исследования было оценить антиоксидантную активность бесспиртовых экстрактов произрастающих в алтайском регионе душицы обыкновенной и сабельника болотного в связи с содержанием флавоноидов (флавонолов и проантоцианидинов). Для проведения исследования по запатентованной технологии были изготовлены бесспиртовые экстракты исследуемых растений. Содержание флавонолов и проантоцианидинов было исследовано арбитражными методиками с использованием спектрофотометрии. Антиоксидантная активность экстрактов была измерена при помощи метода катодной вольтамперометрии. Результаты показали, что среднее содержание флавонолов в экстракте душицы обыкновенной составило 866,5 мкг/мл, в экстракте сабельника болотного были обнаружены только их следы (60,0 мкг/мл). Средний показатель содержания проантоцианидинов в экстракте сабельника болотного составил 4,05 %, в экстракте душицы обыкновенной – 0,43 %. Средний коэффициент антиоксидантной активности для экстракта сабельника составил 11,63 ммоль/л × мин и 3,81 ммоль/л × мин для экстракта душицы. Из полученных результатов можно сделать вывод о целесообразности использования экстрактов сабельника болотного и душицы обыкновенной, произрастающих на территории Алтайского края, в составах биологически активных добавок антиоксидантной направленности.

ANTIOXIDANT ACTIVITY OF EXTRACTS OF OREGANO AND MARSH CINQUEFOIL, GROWING IN THE ALTAI REGION, IN CONNECTION WITH THEIR CONTENT OF FLAVONOIDS

P.N. Miroshnikov, head of laboratory

K.V. Zhuchaev, Doctor of Biological Sciences, Professor

YU.I. Koval, Candidate of Biological Sciences, Associate professor

Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

E-mail: petmir95@mail.ru

Keywords: antioxidants, medicinal plants, flavonols, proanthocyanidins, spectrophotometry, cathodic voltammetry.

Abstract. Drugs based on medicinal plants have such advantages over synthetic analogues as low toxicity, better tolerability and reduced risk of addiction. Antioxidant agents in medicinal plants include substances from the flavonoid group, due to their ability to inactivate free radical processes, due to the mechanism of electron transfer between reaction components to neutralize free radicals. Among the medicinal plants of Western Siberia and the Altai Territory, oregano and marsh cinquefoil have a high content of flavonoids. The purpose of the study was to evaluate the antioxidant activity of alcohol-free extracts of oregano and marsh cinquefoil growing in the Altai region in connection with the content of flavonoids (flavonols and proanthocyanidins). To conduct the study,

alcohol-free extracts of the studied plants were prepared using patented technology. The content of flavonols and proanthocyanidins was studied by arbitration techniques using spectrophotometry. The antioxidant activity of the extracts was measured using cathodic voltammetry method. The results showed that the average flavonol content in oregano extract was 866.5 µg/ml, while only traces were found in the extract of cinquefoil (60.0 µg/ml). The average content of proanthocyanidins in the extract of cinquefoil was 4.05%, in the extract of oregano content of proanthocyanidins was 0.43%. The average coefficient of antioxidant activity for cinquefoil extract was 11.63 mmol/l×min and 3.81 mmol/l×min for oregano extract. From the results obtained, we can conclude that it is advisable to use extracts of marsh cinquefoil and oregano, growing in the Altai Territory, in the composition of biologically active antioxidant additives.

Препараты на основе сырья лекарственных растений активно используются в традиционной медицине и обладают такими преимуществами перед синтетическими аналогами, как малая токсичность, лучшая переносимость и снижение рисков выработки зависимости при их применении в течение продолжительного времени. Такие препараты могут обладать широким спектром терапевтических свойств, проявляя, например, противомикробную, противоопухолевую, анксиолитическую, иммуностимулирующую или антиоксидантную активность [1]. Антиоксидантные свойства имеют особое значение, так как способствуют укреплению системы естественной антиоксидантной защиты живого организма и снижают вероятность развития окислительного стресса [2]. К антиоксидантным агентам в составе лекарственных растений в первую очередь относят вещества группы флавоноидов в связи с их способностью к инактивации свободно-радикальных процессов благодаря механизму передачи электронов между компонентами реакции для нейтрализации свободных радикалов [3]. Согласно литературным данным, самыми значительными антиоксидантными и противовоспалительными свойствами обладают растения с высоким содержанием конкретного класса флавоноидов – проантоцианидинов [4]. Среди природных источников проантоцианидинов в мировой практике наиболее широко используется экстракт виноградной косточки [5]. Важно отметить, что на территории Российской Федерации значительные объемы винограда произрастают только в южных регионах, поэтому актуальным остается поиск альтернативных природных источников проантоцианидинов, доступных в других регионах.

Природа Западной Сибири и Алтайского края насчитывает более 3000 видов дикорастущих лекарственных растений [6]. Высоким содержанием флавоноидов и полифенольных соединений обладает душица обыкновенная

(лат. *Origanum vulgare* L.), травянистое растение из семейства яснотковых (лат. *Lamiaceae*), широко применяемое как в народной медицине, так и в составе биологически активных добавок [7]. Как перспективный природный источник проантоцианидинов можно выделить сабельник болотный (лат. *Comarum palustre* L.) из семейства розановых (лат. *Rosoideae*). Исследования, проведенные с сырьем сабельника болотного, собранного на территории Республики Беларусь, экспериментально доказали у него наличие противовоспалительных свойств и их прямую взаимосвязь с наличием в составе проантоцианидинов [8].

Цель настоящего исследования – оценить антиоксидантную активность бесспиртовых экстрактов произрастающих в алтайском регионе душицы обыкновенной и сабельника болотного в связи с содержанием флавоноидов (флавонолов и проантоцианидинов).

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Изготовление бесспиртовых экстрактов (БЭ) сабельника болотного (СБ) и душицы обыкновенной (ДО), а также исследование в них содержания флавоноидов выполнено на базе аналитической лаборатории ООО «Сибирский Центр Биотехнологии» в наукограде Кольцово. В качестве сырья использовали корневища СБ и наземные части растения ДО, так как согласно литературным данным [9, 10], именно в данных частях растений сконцентрировано наибольшее количество флавоноидов. Растения были собраны на территории Алтайского края в фазу цветения и предварительно высушены. БЭ ДО и СБ были изготовлены по собственной технологии, описанной в патенте «Способ получения экстрактов из лекарственного сырья». Суть технологии заключается в том, что высушенное растительное сырье

измельчают на лабораторной мельнице до размера частиц 1 мм, затем проводят спиртовую экстракцию 60%-м водно-спиртовым раствором этанола в соотношении 1 : 10 в течение 24 ч. Полученный спиртовой экстракт фильтруют методом вакуумного фильтрования. На финальном этапе проводят вакуумную отгонку спирта при помощи ротационного испарителя при 40 °С, ста оборотах в минуту и при давлении 100 мБар до полной отгонки этанола [11]. Преимущество данной технологии заключается в отсутствии применения высоких температурных режимов, способных разрушить часть биологически активных веществ исходного сырья, также она дает возможность получить экстракты без содержания спирта, что позволяет в процессе исследований получить более «чистые» результаты (так как этанол обладает собственными химическими и биологически активными свойствами) и упрощает дальнейшее прикладное применение данных экстрактов.

Для сравнения антиоксидантной эффективности разных групп флавоноидов их содержание было измерено двумя разными методиками: классическим колориметрическим методом с пересчетом на рутин, ориентированным на определение содержания флавонолов (рутин – рутинозид кверцетина, гиперозид – галактозид кверцетина, морин, кверцетин, мирицетин, кемпферол, кверцитрин, галангин), и методом, специально разработанным для определения содержания проантоцианидинов (димерных, олигомерных и полимерных форм флаван-3-олов и флаван-3,4-диолов). Перед анализом БЭ центрифугировались на настольной микроцентрифуге Microspin 12 (Biosan) в течение 10 мин при 14 тыс. об/мин. Измерение оптического поглощения проводилось на спектрофотометре Helios Omega UV/vis.

Классический метод описан в Руководстве по методам контроля качества и безопасности биологически активных добавок к пище [12]. Суть метода заключается в том, что в стеклянную пробирку последовательно при помощи пипеток-дозаторов вносят 0,5 мл испытуемых экстрактов с добавлением 1,5 мл 95%-го этанола, 0,1 мл хлорида алюминия, 0,1 мл 1М ацетата натрия и 2,8 мл дистиллированной воды. Смесь перемешивают и оставляют при комнатной температуре на 30 мин. В зависимости от наличия флавоноидов в процессе выдержки цвет

смеси приобретает желтоватый оттенок. После истечения 30 мин измеряют оптическое поглощение в кварцевой кювете с длиной светового пути 10 мм при длине волны $\lambda = 415$ нм. В качестве раствора сравнения (нулевого раствора) используют реакцию смесь, в которую вместо 0,5 мл образца вносят 80%-й этанол. После измерения оптического поглощения по калибровочному графику, построенному по рутину, определяют концентрацию флавоноидов в мкг/мл.

Для определения содержания проантоцианидинов в опытных экстрактах была использована методика, описанная в ГОСТ 34623–2019 [13]. Суть методики заключается в том, что в коническую колбу на 100 мл последовательно при помощи пипеток-дозаторов вносят 0,1 мл опытных экстрактов + 0,9 мл 70%-го этанола + 0,2 мл железосодержащего реактива + 6 мл кислого раствора n-бутанола (суммарный объем реакционной смеси 7,2 мл). Смесь перемешивают, присоединяют к обратному холодильнику и кипятят на водяной бане в течение 1 ч. В процессе кипячения цвет смеси меняется со слабо-желтого до ярко-красного, в зависимости от концентрации проантоцианидинов. После 1 ч кипячения смесь охлаждают до комнатной температуры, далее измеряют оптическое поглощение в кварцевой кювете с длиной светового пути 10 мм при длине волны $\lambda = 550$ нм. В качестве раствора сравнения (нулевой раствор) используют реакционную смесь (0,9 мл 70%-го этанола + 0,2 мл железосодержащего реактива + 6 мл кислого раствора n-бутанола). Используя формулу (1), рассчитывают количественное содержание проантоцианидинов. Полученный результат выражают в процентах. Определения выполняются в 3-кратной повторности.

$$X = \frac{A * V_1 * V_2 * 100}{V_3 * m * (100 - W) * E_{1cm}^{1\%}} \quad (1)$$

– где А – оптическое поглощение; V_1 – объем экстракта, мл; V_2 – объем реакционной смеси, л; V_3 – объем образца на анализ, мл; m – исходная навеска растительного сырья, г; W – потеря массы при высушивании, %; E – удельный показатель поглощения суммы проантоцианидинов, равен 136.

Определение антиоксидантной активности проводили в лаборатории кафедры химии

Новосибирского государственного аграрного университета на анализаторе АОА «Антиоксидант» (ООО «НПП Полиант» г. Томск) с использованием метода катодной вольтамперометрии, разработанного Е.И. Коротковой [14]. Перед началом анализа опытные экстракты растворяли в 40%-м растворе этанола в массовом соотношении 1 : 20. Суть определения заключалась в регистрации зависимости тока, протекающего в цепи электрохимической ячейки, от приложенного к ее электродам напряжения. В его основе лежит модельная реакция электровосстановления (ЭВ) O_2 , протекающая на электроде по механизму, аналогичному восстановлению кислорода в тканях и клетках организма. Принцип определения заключается в регистрации вольтамперограмм катодного восстановления кислорода, показывающих зависимость тока, протекающего в цепи электрохимической ячейки, от приложенного к ее электродам напряжения. После регистрации вольтамперограмм строят графики зависимости относительного изменения силы тока при электровосстановлении кислорода в присутствии образца от времени протекания процесса взаимодействия антиоксидантов с активными кислородными радикалами.

Используя формулу (2), определяют значения кинетического критерия антиоксидантной активности образцов K (мкмоль / л × мин):

$$K = CO_2 / t \times (1 - I_i / I_0), \quad (2)$$

– где I_i – ток ЭВ O_2 в присутствии АО в растворе, мкА; I_0 – ток ЭВ O_2 в отсутствие АО в растворе, мкА; CO_2 – исходная концентрация O_2 в растворе, мкмоль/л; t – время протекания реакции взаимодействия АО с активными кислородными радикалами, мин.

Все проводимые анализы выполнялись в 3-кратной повторности для расчета среднего арифметического и стандартной ошибки среднего. Для сравнения значимости различий коэффициентов суммарной антиоксидантной активности опытных экстрактов был рассчитан t -критерий Стьюдента. Все вычисления выполнены с использованием пакета статистического анализа данных STATISTICA 12 и Microsoft Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В процессе проведения анализа на содержание флавонолов еще на стадии качественной реакции было обнаружено их значительное присутствие в БЭ ДО, поэтому для получения более точных результатов данный экстракт был разбавлен дистиллированной водой в соотношении 1 : 4. На рис. 1 видно, что после полчасового настаивания даже четырехкратно разбавленная реакционная смесь с экстрактом ДО обладает более насыщенным желтым цветом, чем с экстрактом СБ.

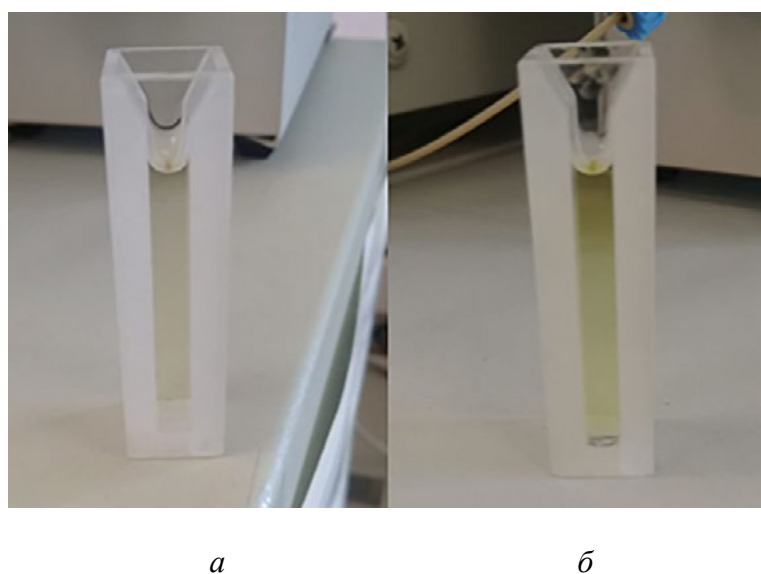


Рис. 1. Реакционная смесь с экстрактом сабельника болотного – а и душицы обыкновенной – б
Reaction mixture with extract of marsh cinquefoil – a and common oregano – b

Результаты спектрофотометрического анализа БЭ на содержание флавонолов представлены в табл. 1. Согласно полученному анализу,

в составе БЭ СБ содержание флавонолов оказалось незначительным, особенно в сравнении с их высокой концентрацией в БЭ ДО.

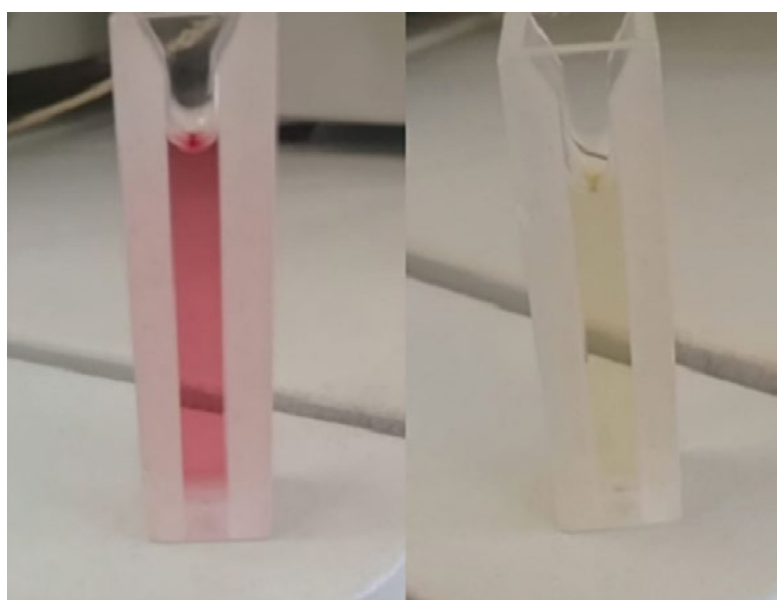
Таблица 1

Содержание флавонолов в опытных экстрактах, мкг/мл
Flavonol content in experimental extracts, µg/ml

| Образец | X_1 | X_2 | X_3 | \bar{x} | $S_{\bar{x}}$ |
|---------|-------|-------|-------|-----------|---------------|
| БЭ СБ | 60,1 | 59,8 | 60,2 | 60,0 | 0,15 |
| БЭ ДО | 866,8 | 866,8 | 865,8 | 866,5 | 0,41 |

При определении проантоцианидинов в процессе кипячения реакционная смесь с экстрактом СБ приобрела яркий розовый цвет, что

является качественным показателем их высокой концентрации, в то время как цвет смеси с БЭ ДО почти не изменился (рис. 2).



a

б

Рис. 2. Реакционная смесь: с экстрактом сабельника болотного после кипячения – *a*, с экстрактом душицы обыкновенной после кипячения – *б*

Reaction mixture: with marsh cinquefoil extract after boiling – *a*, with oregano extract after boiling – *b*.

Спектрофотометрический анализ показал, что средний показатель содержания проантоцианидинов в исследуемом экстракте СБ составил 4,05 %, в экстракте ДО были обнаружены следы их присутствия (0,43 %) (табл. 2). Согласно исследованию, проведенному О.А. Ёршик и Г.Н. Бузук, содержание суммы проантоцианидинов СБ, произрастающего на территории Республики Беларусь, колеблется в пределах от 2,9±0,1 до 5,6±0,1 % и в среднем составляет около 3,8±0,1 % [15]. Таким образом, можно сделать вывод, что содержание проантоцианидинов в СБ, произрастающем на территории Алтайского края, соотносится со средними значениями.

В исследовании, представленном Т.С. Полухиной и соавторами [10], количественное содержание флавоноидов для ДО, произрастающей на территории Астраханской области, составило 1,28 %. Так как общая сумма флавонолов и проантоцианидинов в исследуемом экстракте ДО составляет примерно 1,30 %, то можно сделать вывод, что содержание флавоноидов в ДО, произрастающей на территории Алтайского края, также относится к средним показателям.

Таблица 2

Содержание проантоцианидинов в опытных экстрактах, %
Content of proanthocyanidins in experimental extracts, %

| Образец | X_1 | X_2 | X_3 | \bar{x} | $S_{\bar{x}}$ |
|---------|-------|-------|-------|-----------|---------------|
| БЭ СБ | 3,84 | 4,07 | 4,23 | 4,05 | 0,14 |
| БЭ ДО | 0,35 | 0,56 | 0,39 | 0,43 | 0,08 |

Таким образом, из полученных результатов можно сделать вывод, что флавоноиды в составе экстракта ДО представлены в основном группой флавонолов, в то время как проантоцианидины были обнаружены только в виде следов. И наоборот, в составе экстракта СБ обнаружено значительное присутствие проантоцианидинов и незначительное содержание флавонолов.

Суммарное содержание флавоноидов групп флавонолы и проантоцианидины для БЭ СБ составило 4,11 %, для БЭ ДО – 1,30 %.

Исследование суммарной антиоксидантной активности образцов показало, что оба исследуемых экстракта обладают значительными антиоксидантными свойствами (табл. 3).

Таблица 3

Коэффициенты суммарной антиоксидантной активности опытных экстрактов К, ммоль/л×мин
Coefficients of total antioxidant activity of experimental extracts, K mmol/l×min

| Образец | K_1 | K_2 | K_3 | \bar{x} | $S_{\bar{x}}$ |
|---------|-------|-------|-------|-----------|---------------|
| БЭ СБ | 13,44 | 10,18 | 11,27 | 11,63* | 1,17 |
| БЭ ДО | 3,56 | 4,09 | 3,80 | 3,81 | 0,19 |

* $p < 0,001$.

Среднее значение коэффициента для БЭ СБ составило 11,63 ммоль/л×мин, а для БЭ ДО – 3,81 ммоль/л×мин. Коэффициент суммарной активности БЭ СБ достоверно ($p < 0,001$) в три раза превосходил аналогичный у БЭ ДО. Для сравнения были взяты коэффициенты суммарной антиоксидантной активности распространенных в природе антиоксидантов, измеренные в тех же условиях: коэффициент для галловой кислоты ($C = 0,00005$ г/мл) составляет $2,992 \pm 0,008$ ммоль/л×мин, а для дигидрокверцетина ($C = 0,00005$ г/мл) – $1,46 \pm 0,001$ ммоль/л×мин. М.В. Мисин и соавторы проводили сравнительный анализ активности антиоксидантов в соках некоторых лекарственных растений методом катодной вольтамперометрии [16]. Наиболее значимые коэффициенты были получены у следующих растений: рео покрывальчатое ($K = 2,45$), каланхоэ перистое ($K = 1,99$) и каланхоэ Дегремона ($K = 4,12$). В исследовании И.В. Васильцовой и Т.И. Боковой при помощи катодной вольтамперометрии была исследована антиоксидантная активность почек сосны и березы Новосибирской области. Результаты показали, что средний коэффициент суммарной

антиоксидантной активности для почек сосны составил $4,11 \pm 0,12$ ммоль/л×мин, а для почек березы – $2,67 \pm 0,16$ ммоль/л×мин [17].

Таким образом, согласно результатам оценки методом катодной вольтамперометрии, суммарная антиоксидантная активность обоих исследуемых экстрактов значительно выше, чем у таких природных антиоксидантов, как галловая кислота и дигидрокверцетин. В сравнении с результатами ранее проведенных исследований, представленных в литературе, коэффициенты БЭ СБ и ДО соотносятся с аналогичными у других эффективных природных источников антиоксидантов.

ВЫВОДЫ

1. Сабельник болотный и душица обыкновенная, произрастающие в Алтайском крае, обладают средними показателями по содержанию действующих веществ группы флавоноидов и могут являться их перспективными природными источниками. Преобладающее число флавоноидов в составе сабельника болотного относится к группе проантоцианидинов,

а в составе душицы обыкновенной – к группе флавонолов.

2. При оценке методом катодной вольтамперометрии оба экстракта проявили значительные антиоксидантные свойства, при этом существенно больший коэффициент суммарной антиоксидантной активности был получен у экстракта сабельника болотного. Это соотносится с результатами анализов, показавших

более высокую концентрацию флавоноидов в экстракте сабельника болотного.

3. Изготовленные по представленной в работе технологии экстракты сабельника болотного и душицы обыкновенной, произрастающих на территории Алтайского края, обладают достаточным содержанием флавоноидов и антиоксидантной активностью для их прикладного использования в составах биологически активных добавок антиоксидантной направленности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Advancing herbal medicine: enhancing product quality and safety through robust quality control practices.* Front Pharmacol / Н. Wang, Y. Chen, L. Wang [et al.]. – 2023. – Sep 25; № 14. – P. 1265178.
2. Коваль, Ю.И., Бокова Т.И. Влияние антиоксиданта Тиофан на рост цыплят-бройлеров в условиях антропогенной нагрузки // Пища. Экология. Качество: Тр. XIII Междунар. науч.-практ. конф., Красноярск, 18–19 марта 2016 г. Т. II. – Красноярск: Красноярский гос. агр. ун-т, 2016. – С. 62–66.
3. Уранова В.В., Ломтева Н.А., Близняк О.В. Обзор антиоксидантной активности флавоноидов растительного сырья рода шлемник (*Scutellaria*) // Естественные науки. – 2021. – № 4 (5). – С. 27–35.
4. *Proanthocyanidin-Rich Grape Seed Extract Reduces Inflammation and Oxidative Stress and Restores Tight Junction Barrier Function in Caco-2 Colon Cells* / R. Nallathambi, A. Poulev, J.B. Zuk, I. Raskin // *Nutrients*. – 2020, Jun 1. – № 12 (6). – P. 1623.
5. Кудлошева Ф.С., Жабборов Р. Лечебные свойства масла виноградных косточек // Инновационные решения в промышленной инженерии: Сб. мат-в междунар. науч.-практ. конф. – Курск: Бухарский инженерно-технологический институт, 2023. – С. 181.
6. *Лекарственные растения Сибири* / И.И. Гуреева, А.М. Дыгай, Г.А. Копанева [и др.]. – Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1995. – 325 с.
7. *Mishnev A.V., Myagkikh E.F., Belova I.V. Quantitative content of flavonoids in plant samples from the Crimean population of oregano (*Origanum vulgare*)* // International Scientific and Practical Conference “Modern Trends in Science, Innovative Technologies in Vineyards and Wine Making” (MTSITVW2021): International Scientific and Practical Conference, Yalta, Republic of Crimea, Russian Federation, 6–10 сент. 2021 г. – Yalta, Republic of Crimea, Russian Federation: EDP Sciences, 2021. – Vol. 39. – P. 02006.
8. Противовоспалительная активность проантоцианидинов корневищ с корнями сабельника болотного *Comarum palustre* L / О.А. Ершик, М.Я. Ловкова, Г.Н. Бузук, С.М. Соколова // Доклады Академии наук. – 2009. – Т. 429, № 4. – С. 565–567.
9. Тумович Л.В., Толкач Н.Г. Определение проантоцианидинов в сабельнике болотном *Comarum palustre* L. // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. – 2018. – № 21–2. – С. 87–94.
10. Полухина Т.С., Бурилова В.А., Шайхаттарова Г.К. Идентификация и количественное определение флавоноидов в траве Душицы обыкновенной (*Origanum vulgare* L.) // World science: problems and innovations: сб. ст. победителей X Междунар. науч.-практ. конф.: в 3 ч., Пенза, 30 мая 2017 г. Ч. 1. – Пенза, 2017. – С. 263–265.
11. Способ получения экстрактов из лекарственного сырья: патент № 2791450 С1 Российская Федерация, МПК А61К 36/00, В01D 11/02 № 2022112703 / П.Н. Мирошников, О.Н. Сороколетов, К.В. Жучаев; заявл. 05.05.2022; опубл. 07.03.2023; заявитель Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный аграрный университет».
12. *Руководство по методам контроля качества и безопасности биологически активных добавок к пище*: Р 4.1.1672-03: утв. гл. сан. врачом РФ 30.06.03: ввод в действие с 30.06.03. – М.: Минздрав России, 2004. – 240 с.
13. *ГОСТ 34623–2019. Продукция пищевая специализированная, биологически активные добавки к пище. Метод определения проантоцианидинов (с поправками): национальный стандарт Российской Федерации: введен впервые.* – М.: Стандартинформ, 2019. – 18 с.

14. Короткова Е.И. Вольтамперометрический способ определения активности антиоксидантов // Журнал физической химии. – 2000. – Т. 74, № 9. – С. 1704–1706.
15. Ершик О.А., Бузук Г.Н. Корневища с корнями сабельника болотного как новый источник проантоцианидинов // Вестник фармации. – 2008. – № 2 (40). – С. 28–30.
16. Сравнительный анализ содержания антиоксидантов и их активности в соках некоторых лекарственных растений / В.М. Мисин, Н.Н. Сажина, Е.И. Короткова [и др.] // Известия высших учебных заведений. Сер.: Химия и химическая технология. – 2012. – Т. 55, № 1. – С. 28–32.
17. Васильцова И.В., Бокова Т.И. Возможность использования экстрактов растительного сырья в качестве биологически активных добавок // Инновации и продовольственная безопасность. – 2015. – № 3 (9). – С. 5–10.

REFERENCES

1. Wang H., Chen Y., Wang L., Liu Q., Yang S., Wang C., Advancing herbal medicine: enhancing product quality and safety through robust quality control practices, *Front Pharmacol*, 2023, Sep 25, No. 14, pp. 1265178.
2. Koval' YU.I., Bokova T.I., *Pishcha. Ekologiya. Kachestvo* (Food. Ecology. Quality), Proceedings of the Conference Title, Krasnoyarsk: Krasnoyarskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2016, pp. 62–66. (In Russ.)
3. Uranova V.V., Lomteva N.A., Bliznyak O.V., *Estestvennye nauki*, 2021, No. 4(5), pp. 27–35. (In Russ.)
4. Nallathambi R., Poulev A., Zuk J.B., Raskin I., Proanthocyanidin-Rich Grape Seed Extract Reduces Inflammation and Oxidative Stress and Restores Tight Junction Barrier Function in Caco-2 Colon Cells, *Nutrients*, 2020 Jun 1, No. 12(6), pp. 1623.
5. Kuldosheva F.S., ZHaborov R., *Innovacionnye resheniya v promyshlennoj inzhenerii* (Innovative solutions in industrial engineering), Proceedings of the Conference Title, Kursk: Buharskij inzhenerno-tekhnologicheskij institut, 2023, pp. 181. (In Russ.)
6. Gureeva I.I., Dygaj A.M., Kopaneva G.A. [i dr.], *Lekarstvennye rasteniya Sibiri* (Medicinal plants of Siberia), Tomsk: Izdatel'stvo Tomskogo universiteta, 1995, 325 p.
7. Mishnev A.V., Myagkikh E.F., Belova I.V., Quantitative content of flavonoids in plant samples from the Crimean population of oregano (*Origanum vulgare*), *International Scientific and Practical Conference "Modern Trends in Science, Innovative Technologies in Vineyards and Wine Making"*, Yalta, Republic of Crimea, Russian Federation, 06–10 sentyabrya 2021 goda, Vol. 39, Yalta, Republic of Crimea, Russian Federation: EDP Sciences, 2021, pp. 02006.
8. Ershik O.A., Lovkova M.YA., Buzuk G.N., Sokolova S.M., *Doklady Akademii nauk*, 2009, T. 429, No. 4, pp. 565–567. (In Russ.)
9. Titovich L.V., Tolkach N.G., *Aktual'nye problemy intensivnogo razvitiya zhivotnovodstva*, 2018, No. 21–2, pp. 87–94. (In Russ.)
10. Poluhina T.S., Burilova V.A., SHajhatarova G.K., World science: problems and innovations, *Proceedings of the Conference Title*, Penza, 2017, pp. 263–265. (In Russ.)
11. Miroshnikov P.N., Sorokoletov O.N., ZHuchaev K.V., *Patent № 2791450 C1*. Rossijskaya Federaciya, MPK A61K 36/00, B01D 11/02, Sposob polucheniya ekstraktov iz lekarstvennogo syr'ya: № 2022112703, zayavl. 05.05.2022, opubl. 07.03.2023.
12. *Rukovodstvo po metodam kontrolya kachestva i bezopasnosti biologicheskii aktivnyh dobavok k pishche* (Guide to quality control and safety methods for biologically active food supplements), Moscow: Minzdrav Rossii, 2004, 240 p. (In Russ.)
13. *Produkcija pishchevaya specializirovannaya, biologicheskii aktivnye dobavki k pishche. Metod opredele-niya proantocianidinov (s Popravkami): nacional'nyj standart Rossijskoj Federacii GOST 34623-2019*, Moscow: Standartinform, 2019, 18 p. (In Russ.)
14. Kороткова Е.И., *ZHurnal fizicheskoy himii*, 2000, T. 74, No. 9, pp. 1704–1706. (In Russ.)
15. Ershik O.A., Buzuk G.N., *Vestnik farmacii*, 2008, No. 2(40), pp. 28–30. (In Russ.)
16. Misin V.M., Sazhina N.N., Kороткова Е.И. [i dr.], *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Seriya: Himiya i himicheskaya tekhnologiya*, 2012, T. 55, No. 1, pp. 28–32. (In Russ.)
17. Vasil'cova I.V., Bokova T.I., *Innovacii i prodovol'stvennaya bezopasnost'*, 2015, No. 3(9), pp. 5–10. (In Russ.)

ВЛИЯНИЕ ФИТОМЕТАБИОТИКА «ФИТОЛИЗАТ ГАСТРО» НА ПОКАЗАТЕЛИ ГОМЕОСТАЗА И ИЗМЕНЕНИЕ ПОПУЛЯЦИЙ МИКРОФЛОРЫ ТОЛСТОГО ОТДЕЛА КИШЕЧНИКА ТЕЛЯТ С СИНДРОМОМ ЖЕЛУДОЧНО-КИШЕЧНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

¹Д.С. Михайлова, аспирант

^{1,2}С.Н. Магер, доктор биологических наук, профессор

¹Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия

²Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН, р.п. Краснообск, Новосибирской обл., Россия

E-mail: mikhailova.3@icloud.com

Ключевые слова: крупный рогатый скот, телята, диарея, фитометабиотик, микрофлора.

Реферат. Среди заболеваний молодняка крупного рогатого скота наиболее распространенными являются поражения желудочно-кишечного тракта. Чаще всего они проявляются диареей, что приводит к обезвоживанию организма и тяжелым нарушениям обмена веществ. Часто переболевшие телята сильно теряют в весе, а затем отстают в росте по сравнению со здоровыми животными, не редки случаи падежа. При подобных заболеваниях большим изменениям подвержена микрофлора, населяющая пищеварительный тракт. При этом он заселяется патогенными видами, жизнедеятельность которых осложняет течение болезни. Нами был изучен терапевтический эффект применения фитометабиотического препарата «Фитолизат Гастро» при желудочно-кишечных заболеваниях у телят. Для исследования были сформированы опытная и контрольная группы телят черно-пестрой породы в возрасте 10–14 дней методом аналогов. Все исследуемые телята имели клинический признак поражения желудочно-кишечного тракта: диарею. По результатам исследования было установлено воздействие препарата на физиологические, гематологические, биохимические показатели и на изменения микробиоценоза кишечника телят. Показатели крови варьируют в интервалах, приближенных к средним показателям нормы. При этом была установлена нормализация физиологических показателей в более короткие сроки у телят опытной группы, сохранение живой массы тела в период болезни и повышение на 85 г среднесуточного прироста живой массы у телят опытной группы по сравнению с телятами контрольной группы. Исследования микробиоты показали, что количество *Lactobacillus spp.* у телят опытной группы уменьшилось на 8,5 % в сравнении с контрольной группой, а количество *Bifidobacterium spp.* у телят опытной группы увеличилось на 48 %. При этом суммарное число лакто- и бифидобактерий преобладает у телят опытной группы, что свидетельствует о положительном воздействии исследуемого препарата на микрофлору желудочно-кишечного тракта телят.

THE EFFECT OF PHYTOMETABITIC “PHYTOLYSATGASTRO” ON PARAMETERS GOMEOSTAZA AND CHANGES IN THE POPULATIONS OF THE MICROFLORA OF THE LARGE INTESTINE OF CALVES WITH GASTROINTESTINAL DISEASE SYNDROME

¹D.S. Mikhailova, Postgraduate Student

^{1,2}S.N. Mager, Doctor of Biological Sciences, Professor

¹Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

²Siberian Federal Scientific Center of Agrobiotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, Russia

E-mail: mikhailova.3@icloud.com

Keywords: cattle, calves, diarrhea, phytometabiotic, microflora.

Abstract. Among the diseases of young cattle, the most common are lesions of the gastrointestinal tract. Most often they are manifested by diarrhea, which leads to dehydration of the body and severe metabolic disorders. Often sick calves lose a lot of weight, and then lag behind in growth compared to healthy animals, cases of death are not uncommon. With such diseases, the microflora inhabiting the digestive tract is subject to great changes. At the same time, it is populated by pathogenic species whose vital activity complicates the course of the disease.

We have studied the therapeutic effect of the use of phytometabiotic drug "Phytolizat Gastro" in gastrointestinal diseases in calves. For the study, experimental and control groups of black-and-white calves aged 10-14 days were formed by the method of analogues. All the calves studied had a clinical sign of gastrointestinal tract damage - diarrhea. According to the results of the study, the effect of the drug on the body was established. Blood counts vary in intervals close to the average values of norms. According to the results of the study, the recovery of calves of the experimental group in a shorter time, greater preservation of body weight during recovery and further increase in calves of the experimental group (by 85 g) compared to calves of the control group was established. Microbiota studies have shown that the amount of Lactobacillus spp. the calves of the experimental group decreased by 8.5% less compared to the control group, and the amount of Bifidobacterium spp. the calves of the experimental group increased by 48%. At the same time, the total number of lacto- and bifidobacteria prevails in calves of the experimental group, which indicates a positive effect of the studied drug on the microflora of the gastrointestinal tract of calves.

Микрофлора пищеварительного тракта для крупного рогатого скота является незаменимым симбионтом, необходимым для нормальной жизнедеятельности организма. У взрослых животных в рубце можно обнаружить большое качественное и количественное разнообразие микроорганизмов. Обитая в желудочно-кишечном тракте, они расщепляют растительные полисахариды, белки, липиды. По современным оценкам, в 1 мл рубцовой жидкости содержится около 10^{11} бактерий, 10^3 – 10^7 грибов, 10^9 архей и 10^6 простейших. Их взаимодействие и совместное обитание в этой многокомпонентной системе связано с многообразием источников растительной клетчатки и разнообразием спектра продуцируемых микроорганизмами целлюлаз и других ферментов. Основными обитателями рубца крупного рогатого скота оказались микроорганизмы, прямо или опосредованно связанные с процессами ферментации растительных кормов. Прежде всего, это грибы хитридиомикеты, которые являются основными инициаторами колонизации лигноцеллюлозных материалов, метаногенные археи, бактерии амилolitikи и целлюлозолитики (лахноспиры, руминококки и др.), а также лактатутилизирующие бактерии, ферментирующие ряд кислот, включая молочную. Протеолитической активностью обладают все компоненты микрофлоры рубца (крупные и мелкие бактерии, простейшие). Среди протеолитических бактерий обнаруживаются представители *Butyrivibriosp.*, *Succinivibrio sp.*, *S.ruminantium var. lactilytica*, *Borrelia sp.*, *Bacteroides sp.* и *Str. bovis*. Вместе с превращением основных компонентов корма в доступные для организма животных соединения в рубце протекают синтетические процессы образования белка и витаминов. Синтетиче-

ский бактериальный белок обладает высокой биологической ценностью, а синтез витаминов группы В и К полностью освобождает жвачных от их экзогенного введения [1–3].

Уже к 2–3 мес. в рубце телят концентрация микроорганизмов, расщепляющих растительные корма, достигает уровня, характерного для взрослого животного. Было установлено, что содержание многих микроорганизмов в рубце крупного рогатого скота колеблется в течение суток. Это связано с процессами рубцовой ферментации, в том числе с образованием летучих жирных кислот (ЛЖК), аммиака и других веществ [4].

Формирование микрофлоры начинается с момента рождения теленка при проходе детеныша через родовые пути. После рождения состав кишечных микроорганизмов определяется микробной флорой окружающей среды. На нее влияют слюна, молочная железа и кожа матери, а также непосредственное окружение новорожденного. Последующее кормление также влияет на состав бактериальной флоры кишечника. Первый период жизни в возрасте 6–8 недель является для теленка периодом огромных структурных и метаболических изменений. На первом этапе после рождения поглощенное молоко сначала поступает непосредственно в сычуг через пищеводный желоб, минуя рубец. Таким образом, функционально молочный теленок мало чем отличается от моногастричного животного. К концу первого месяца жизни у теленка начинают развиваться преджелудки, а желудочно-кишечный тракт должен адаптироваться к твердой пище, которую начинает пробовать теленок. Для этого жизненно важную роль играет колонизация стабильной популяции микроорганизмов в желудочно-кишечном

тракте телят. Рост и созревание эпителия передней части желудка и кишечника стимулируются только путем микробной ферментации продуктов, богатых сырой клетчаткой, в короткоцепочечные жирные кислоты, что позволяет эффективно получать энергию из растительной пищи [5, 6].

Уже со второй недели жизни животных рубец начинают заселять полезные целлюлозолитические микроорганизмы. В это время стенки рубца еще достаточно тонкие и гладкие, ворсинки не сформированы. Развитие рубца и время завершения молочного вскармливания тесно связаны между собой. При потреблении сухих кормов на стенках рубца начинают появляться ворсинки, которые поглощают питательные вещества. Чем быстрее сформируется рубец, тем раньше можно прекратить выпойку молока телят. Из-за возможной недоразвитости рубца снижаются среднесуточные привесы после снятия телят с выпойки молока или молочных продуктов. По данной причине необходимо переводить телят на сухой тип кормления как можно раньше. Рекомендуется скармливать телят корма с низким содержанием клетчатки и высоким содержанием крахмала и сахара, т.е. зерновые корма. Так как полисахариды клетчатки грубых кормов (сено, сенаж) труднопереваримы, то микрофлора рубца улучшается при потреблении телят зерновых кормов [7–9].

При стабильном развитии микрофлоры происходит полноценное развитие и макроорганизма. Нормальные пищеварительные процессы способствуют большей всасываемости поступающих в организм веществ, что влияет на полноценное формирование телят, на большие показатели привеса. Помимо пищеварительных процессов микрофлора пищеварительного тракта является барьером для патогенных микроорганизмов, занимая нишу и не давая возможности им размножиться.

Но в условиях животноводства не всегда удается сохранить данный баланс. Микрофлора телят может изменяться, уменьшаться, доминирующими колониями могут становиться патогенные бактерии. К таким состояниям приводит множество факторов. Одним из первых факторов является нарушение гигиены рождения телят, нарушения в схемах вакцинации матери против инфекционных заболеваний,

позднее выпаивание первого молозива. Много зависит от метода содержания телят. Очень часто молодняк подвержен желудочно-кишечным заболеваниям [10].

На их долю приходится в среднем 40–50 % всех незаразных болезней. Особенно подвержены патологии желудочно-кишечного тракта новорожденный молодняк и животные периода выращивания и откорма. Среди болезней незаразной этиологии чаще всего регистрируется диспепсия и гастроэнтерит, которые вызываются неправильным кормлением, употреблением плесневых, порченных, бродящих кормов, поением илстой, непроточной или очень соленой водой [11, 12]. При этом вирусы и бактерии, размножаясь в слизистой оболочке желудочно-кишечного тракта, вызывают дистрофию, некроз и десквамацию эпителия, что способствует колонизации и проникновению в кровь патогенных бактерий или их метаболитов и развитию тяжелых метаболических процессов [13, 14].

В большинстве случаев заболевания желудочно-кишечного тракта характеризуются диарейным синдромом. Вследствие этого у телят возникает дегидратация, часто ведущая к гибели животного [15–17].

Одним из способов лечения патологий желудочно-кишечного тракта является использование фитометабиотиков.

Метабиотики содержат продукты метаболизма или структурные компоненты пробиотических микроорганизмов. Активные метаболиты представляют собой набор естественных биологически активных компонентов: лизоцим, бактериоцины, каталазы, ферменты, аминокислоты, полипептиды и др. [18]. «Фитолизат Гастро» – это фитометабиотик, содержащий в своем составе смесь ферментативных лизатов бифидобактерий видов: *B.longum*, *B.bifidum*, *B.adolescentis*, лактобактерий видов: *L.acidophilus*, *L.casei*, *L.plantarum*, а также стандартизированных растительных экстрактов (фенхель, имбирь, куркума, бадан, алоэ, ромашка, облепиха, подорожник).

Цель нашего исследования: изучение показателей гомеостаза и динамики популяций микрофлоры толстого отдела кишечника у телят с желудочно-кишечными заболеваниями

при применении фитометабиотика «Фитолизат Гастро».

Задачи исследования:

1. Оценить воздействие препарата на физиологические показатели телят.
2. Определить гематологические и биохимические показатели крови телят.
3. Установить состав микрофлоры толстого отдела кишечника у телят во время болезни и после выздоровления.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследовательская работа была проведена в хозяйстве ОАО «Преображенское» Новосибирской области. Объектом исследования служили телята черно-пестрой породы в возрасте 10–14 дней с клиническими признаками патологических процессов желудочно-кишечного тракта.

В ходе исследования оценивалась скорость восстановления телят, показатели крови, показатели привеса, заболеваемость, количественный и качественный состав микробиоты толстого кишечника. Исследования крови проводились на базе лаборатории болезней молодняка СФНЦА РАН. Исследования микробиоты проводились на базе ООО «СКР-ТЕСТ». Перед началом исследования были отобраны опытная и контрольная группа в количестве по 10 голов в каждой методом аналогов. Телята отбирались по клиническому признаку – диарейному синдрому.

При лечении патологии для контрольной группы применялась схема лечения, принятая в хозяйстве, опытная группа наряду с принятой схемой лечения получала препарат «Фитолизат Гастро» (табл. 1).

Таблица 1

Схема лечения телят с патологией желудочно-кишечного тракта
Treatment regimen for calves with gastrointestinal pathology

| Группа | Препарат | Способ применения | Дозировка | Кратность |
|----------------------|--------------------|-------------------|--------------|-----------|
| Контрольная (n = 10) | «Энрофлокс» | Подкожно | 0,5 мл/10 кг | 3 дня |
| | «Веткетал» | Внутримышечно | 3 мл/100 кг | |
| | «Афлуксид» | Перорально | 50 г/гол. | |
| Опытная (n = 10) | «Энрофлокс» | Подкожно | 0,5 мл/10 кг | 3 дня |
| | «Веткетал» | Внутримышечно | 3 мл/100 кг | |
| | «Афлуксид» | Перорально | 50 г/гол. | |
| | «Фитолизат Гастро» | Перорально | 5 мл | 21 день |

В качестве антибактериальной терапии применялся препарат «Энрофлокс» в дозировке 0,5 мл/10 кг массы тела один раз в сутки в первые три дня заболевания для подавления развития условно-патогенной микрофлоры на фоне снижения иммунитета. Для ликвидации воспалительных процессов и болевых ощущений, возможного повышения температуры у телят применялся нестероидный противовоспалительный препарат «Веткетал» в дозировке 3 мл/100 кг массы тела один раз в сутки три дня. В качестве антидиарейного средства в первые три дня применялся препарат «Афлуксид» для предотвращения обезвоживания.

Исследуемый препарат «Фитолизат Гастро» выпаивался в объеме 5 мл, разведенном в кипя-

ченой воде до 20 мл за 20 мин до выпойки два раза в день в течение трех недель.

Для контроля показателей гомеостаза телят было проведено исследование крови (общий анализ, биохимическое исследование крови) до применения схемы лечения и через месяц после первого исследования. Также оценивались показатели веса с интервалом в месяц. Заболеваемость оценивалась методом наблюдения за животными.

Взятие крови проводилось до кормления. В крови определяли содержание эритроцитов, лейкоцитов, тромбоцитов, моноцитов, лимфоцитов, гранулоцитов, гемоглобина и гематокрита.

В сыворотке крови определяли биохимические показатели: содержание общего белка, альбумины, глобулины и их фракции, уровень глюкозы, холестерина, триглицеридов, щелочной фосфатазы (ЩФ), АЛТ, АСТ.

Отбор материала для определения микробиоты толстого отдела кишечника проводился методом взятия смыва со слизистой оболочки толстого отдела кишечника с помощью системы для санитарных смывов. Исследование было выполнено методом полимеразной цепной реакции в реальном времени с флуоресцентной детекцией на такие показатели, как: общая бактериальная масса, *Lactobacillus* spp., *Bifidobacterium* spp., *Escherichia coli*, *Bacteroides* spp., *Faecalibacterium prausnitzii*, *Clostridium difficile*, *Klebsiella* spp., *Candida* spp., *Staphylococcus aureus*.

Статистическая обработка полученных цифровых данных проводилась с использованием Microsoft Excel 2010.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Клиническая картина поражения желудочно-кишечного тракта у телят характеризовалась угнетенным состоянием, что выражалось заторможенностью реакций на раздражители, частыми залеживаниями. Помимо этого телята неохотно пили молоко либо полностью отка-

зывались от него. У телят была сухая, взъерошенная шерсть, хорошо просматривался костяк. Видимые слизистые оболочки бледно-розового цвета. Шерсть вокруг анального отверстия и хвост загрязнены фекальными массами. Дефекация учащенная, каловые массы жидкой консистенции серо-желтого цвета с примесью слизи.

На основании клинических признаков был установлен диагноз – простая диспепсия.

На третьи сутки лечения телята опытной группы стали более активны, проявляли больший интерес к приему пищи. Акт дефекации стал реже, консистенция фекалий стала гуще, коричневатого цвета. При этом телята опытной группы быстрее подходили к ведрам с молоком при выпойке, а при поедании кормов дольше оставались возле кормушки и более длительно поедали корма по сравнению с телятами контрольной группы. Средняя продолжительность выздоровления у телят контрольной группы – 5 дней.

При гематологическом исследовании крови установлено увеличение эритроцитов и снижение показателей гемоглобина и гематокрита в обеих группах, увеличение в опытной группе показателей гранулоцитов, тромбоцитов, моноцитов и уменьшение показателей лейкоцитов, лимфоцитов, что свидетельствует о стабилизации показателей гомеостаза (табл. 2).

Таблица 2

Гематологические показатели крови телят опытной и контрольной групп
Hematological blood parameters of calves of experimental and control groups

| Показатель | Результаты | | | |
|------------------------------|----------------|--------------|--------------------|--------------|
| | Опытная группа | | Контрольная группа | |
| | до опыта | после опыта | до опыта | после опыта |
| Эритроциты, 10^{12} /л | 9,001±0,35 | 9,59±0,27 | 8,382±0,4 | 9,35±0,5 |
| Лейкоциты, 10^9 /л | 26,52±6,22 | 23,29±6,6 | 21,83±3,42 | 22,13±4,57 |
| Гранулоциты, % | 51,0±7,78 | 53,4±5,7 | 50,7±6,37 | 47,3±6,7 |
| Тромбоциты, $\times 10^9$ /л | 919,3±98,12 | 1011,3±88,34 | 875,4±125,99 | 833,5±130,52 |
| Моноциты, % | 5,8±1,01 | 7,5±0,94 | 5,9±1,14 | 6,9±1 |
| Лимфоциты, % | 43,2±8,6 | 39,1±6,08 | 43,4±7,18 | 45,8±7,31 |
| Гемоглобин, г/л | 104,3±4,41 | 97,8±2,94 | 97,3±5,14 | 93,2±6,42 |
| Гематокрит, % | 33,98±1,66 | 32,09±1,1 | 31,87±1,78 | 30,8±2,38 |

Биохимические исследования крови телят опытной группы показали, что значения белковых фракций крови не отличались от показателей крови телят контрольной группы (табл. 3). При этом установлено, что показатели триглицеридов, щелочной фосфатазы (ЩФ),

АЛТ, АСТ достоверно снижались под воздействием препарата «Фитолизат Гастро». Это свидетельствует о гепатопротекторных свойствах компонентов препарата и благоприятном воздействии его на кальций-фосфорный обмен растущего молодняка.

Таблица 3

**Биохимические показатели крови телят опытной и контрольной групп
Biochemical blood parameters of calves of experimental and control groups**

| Показатель | Результаты | | | |
|-----------------------|----------------|---------------|--------------------|--------------|
| | Опытная группа | | Контрольная группа | |
| | до опыта | после опыта | до опыта | после опыта |
| Общий белок, г/л | 60,58±3,58 | 57,095±2,21 | 60,576±3,09 | 57,305±2,05 |
| Альбумин, г/л | 25,145±0,78 | 28,295±1,09 | 24,872±1,05 | 30,218±1,02 |
| Глобулины, г/л | 35,435±3 | 26,841±2,59 | 35,703±2,52 | 25,735±3,28 |
| α-глобулины, г/л | 7,117±0,93 | 4,681±0,6 | 7,148±0,81 | 3,9±0,81 |
| β-глобулины, г/л | 5,346±0,9 | 4,566±0,61 | 5,163±0,74 | 3,762±0,59 |
| γ-глобулины, г/л | 23,172±1,58 | 19,556±2,6 | 23,464±1,69 | 19,424±3,28 |
| Глюкоза, ммоль/л | 3,244±0,14 | 3,107±0,25 | 3,284±0,26 | 3,87±0,41 |
| Холестерин, ммоль/л | 2,405±0,32 | 2,308±0,26 | 2,46±0,31 | 1,874±0,12 |
| Триглицериды, ммоль/л | 1,291±0,11 | 0,922±0,05** | 1,236±0,02 | 1,01±0,05 |
| ЩФ, ед/л | 538,91±42,68 | 463,5±55,58** | 537,8±64,6 | 460,65±45,22 |
| АСТ, ед/л | 59,035±2,61 | 49,69±2,82** | 61,385±3,61 | 61,576±10,09 |
| АЛТ, ед/л | 17,147±1,42 | 11,04±1,12** | 14,901±2,56 | 13,333±1,26 |

Примечание. *p < 0,05; **p < 0,001.

При исследовании микробиоты показатели *Bifidobacterium* spp. преимущественно увеличились в опытной группе.

Показатели общей бактериальной массы, *Lactobacillus* spp., *Escherichia coli*, *Bacteroides* spp., *Faecalibacterium prausnitzii* уменьшились в обеих группах (табл. 4).

Таблица 4

**Количественные показатели микробиоты толстого кишечника телят с диспепсией, КОЕ/мл
Quantitative indicators of the microbiota of the large intestine of calves with dyspepsia, CFU/ml**

| Показатель | Опытная группа | | Контрольная группа | |
|-------------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|
| | до опыта | после опыта | до опыта | после опыта |
| Общая бактериальная масса | 784 × 10 ¹⁰ | 733 × 10 ⁸ | 680 × 10 ¹⁰ | 1384 × 10 ⁸ |
| <i>Lactobacillus</i> spp. | 11546 × 10 ⁴ | 1002 × 10 ⁴ | 51233 × 10 ⁴ | 254 × 10 ⁴ |
| <i>Bifidobacterium</i> spp. | 872 × 10 ⁶ | 4885 × 10 ⁶ | 1354 × 10 ⁶ | 2075 × 10 ⁶ |
| <i>Escherichia coli</i> | 5647 × 10 ⁶ | 23707 × 10 ⁴ | 12576 × 10 ⁶ | 59 × 10 ^{6*} |
| <i>Bacteroides</i> spp. | 7725 × 10 ⁹ | 663 × 10 ⁸ | 67 × 10 ¹¹ | 1384 × 10 ⁸ |
| <i>Faecalibacterium prausnitzii</i> | 2408 × 10 ⁷ | 682 × 10 ⁶ | 2923 × 10 ⁷ | 459 × 10 ⁶ |

Примечание. *p < 0,05.

Бактерии *Clostridium difficile*, *Klebsiella* spp., *Candida* spp., *Staphylococcus aureus* не были

обнаружены у телят опытной и контрольной группы как до опыта, так и после него.

В результате взвешивания телят было установлено, что телята опытной группы имели среднесуточный привес 577 г, тогда как телята контрольной группы имели привес 492 г (меньше на 85 г в сравнении с опытной группой).

В течение 21 дня телята находились под ежедневным наблюдением. В ходе наблюдения было выявлено два случая поражения дыхательной системы у телят контрольной группы и один случай у телят опытной группы.

ВЫВОДЫ

1. Установлено, что применение препарата «Фитолизат Гастро» способствует активизации физиологических процессов в организме телят, у которых по сравнению с контрольной группой отмечался более высокий аппетит и хорошая поедаемость кормов, вследствие чего у них наблюдался достоверный рост живой массы тела.

2. При гематологическом исследовании крови установлено увеличение эритроцитов и снижение показателей гемоглобина и гематокрита в обеих группах, увеличение в опытной группе показателей гранулоцитов, тромбоцитов, моноцитов и уменьшение показателей лейко-

цитов и лимфоцитов, что свидетельствует о стабилизации показателей гомеостаза.

3. При биохимическом исследовании было установлено, что у телят опытной группы значения белковых фракций крови не отличались от показателей крови телят контрольной группы. При этом у телят опытной группы установлено достоверное снижение триглицеридов (с 1,21 до 0,922), щелочной фосфатазы (с 538,91 до 463,5), АЛТ (с 59,035 до 49,69), АСТ (с 17,147 до 11,04) под воздействием препарата «Фитолизат Гастро». Это свидетельствует о гепатопротекторных свойствах компонентов препарата и благоприятном воздействии его на минеральный обмен растущего молодняка.

4. Исследования микробиоты показали, что количество *Lactobacillus* spp. у телят опытной группы уменьшилось на 8,5 % в сравнении с контрольной группой, а количество *Bifidobacterium* spp. у телят опытной группы увеличилось на 48 %. При этом суммарное число лакто- и бифидобактерий преобладает у телят опытной группы, что свидетельствует о положительном воздействии исследуемого препарата на микрофлору желудочно-кишечного тракта телят.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Саханчук Е.Г., Кот М.Г., Каллаур А.И. Влияние разработанного рациона на качественный и количественный состав микрофлоры рубца // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. – 2020. – № 1. – С. 145–153.
2. Влияние способа подготовки зерна к скармливанию на физиологическое состояние и продуктивность бычков / А.Н. Кот, В.П. Цай, Г.В. Бесараб [и др.] // Ученые записки учреждения образования «Витебская ордена «Знак почета» государственная академия ветеринарной медицины». – 2019. – № 3. – С. 128–133.
3. Физиологическое состояние и продуктивность бычков при скармливании экструдированного зерна бобовых / В.П. Цай, Г.В. Бесараб, А.М. Антонович [и др.] // Ученые записки учреждения образования «Витебская ордена «Знак почета» государственная академия ветеринарной медицины». – 2020. – Т 56, вып. 4. – С. 145–149.
4. Лаптев Г., Ильина Л., Солдатова В. Микробиом жвачных: современные представления // Молочное скотоводство. – 2018. – № 10. – С. 38–41.
5. Huber R. Nicht-infektiöse Risikofaktoren für Kälberdurchfall in bayerischen Milchviehbetrieben. – München, 2021.
6. Томаев А.Х. Роль пробиотиков в кормлении телят // Научные труды студентов Горского государственного аграрного университета «Студенческая наука-агропромышленному комплексу». – 2020. – Т. 57, ч. 1. – С. 188–190.
7. Яшин А.В., Прусаков А.В. Особенности состояния микроциркуляторного русла и мембранного пищеварения у новорожденных телят при диспепсии // Международный вестник ветеринарии. – 2021. – № 2. – С. 155–160.

8. Смоленцев С.Ю. Методы лечения расстройства пищеварения телят (обзор) // Вестник Марийского государственного университета. Сер. Сельскохозяйственные науки. Экономические науки. – 2022. – Т. 8, № 3 (31). – С. 280–287.
9. Бабкина Т.Н., Ленкова Н.В. Диагностика и лечение гастроэнтерита у телят // Актуальные проблемы и методические подходы к диагностике, лечению и профилактике болезней животных: материалы междунар. науч.-практ. конф., пос. Персиановский, 8 февраля 2019 г. – пос. Персиановский: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Донской государственной аграрный университет, 2019. – С. 6–9.
10. Попов Ю.Г., Магер С.Н. Определение оценочных критериев состояния здоровья крупного рогатого скота // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2016. – № 2 (39). – С. 116–120.
11. Вахрушева Т.И. Патоморфологическая оценка и диагностика диспепсии телят // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2020. – № 10 (163). – С. 150–161.
12. Современные методы лечения диспепсии телят / О.В. Ларичев, В.С. Ларичев, К.С. Масловский [и др.] // Эффективное животноводство. – 2023. – № 2 (184). – С. 56–58.
13. Тяпкина Е.Ю., Шушарин А.Д. Диспепсия у телят // Молодежь и наука. – 2019. – № 7–8. – С. 81–81.
14. Гематология: учеб. / Ю.Г. Васильев, Е.И. Трошин, А.И. Любимов, Д.С. Берестов. – СПб.: Лань, 2020. – 464 с.
15. Иванюк В.П., Бобкова Г.Н., Мальцева М.А. Этиология, клиника и комплексная терапия телят, больных гастроэнтеритом // Вестник Брянской ГСХА. – 2019. – № 6 (76). – С. 45–50.
16. Straub C., Mansfeld R. Leitfaden für eine optimierte Einstellungsuntersuchung von Mastkälbern. Klinik für Wiederkäuer mit Ambulanz und Bestandsbetreuung. – LMU München, 2019. – 20 p.
17. Дежаткина С.В., Ахметова В.В. Возрастная физиология животных: учеб. пособие. – Ульяновск: УлГАУ им. П.А. Столыпина, 2020. – 141 с.
18. Михалюк А.Н., Овсец В.Ю. Перспективы применения метабитотиков в животноводстве. – Гродно, 2023.

REFERENCES

1. Sakhanchuk E.G., Kot M.G., Kallaur A.I., *Aktual'nye problemy intensivnogo razvitiya zhivotnovodstva*, 2020, No. 1, pp. 145–153. (In Russ.)
2. Kot A.N., Tsai V.P., Besarab G.V. i dr., *Uchenye zapiski uchrezhdeniya obrazovaniya "Vitebskaya ordena "Znak pocheta" gosudarstvennaya akademiya veterinarnoy meditsiny"*, 2019, No. 3, pp. 128–133. (In Russ.)
3. Tsai V.P., Besarab G.V., Antonovich A.M. i dr., *Uchenye zapiski uchrezhdeniya obrazovaniya "Vitebskaya ordena "Znak pocheta" gosudarstvennaya akademiya veterinarnoy meditsiny"*, 2020, No. 4, pp. 145–149. (In Russ.)
4. Laptev G., Ilyina L., Soldatova V., *Molochnoe skotovodstvo*, 2018, pp. 38–41. (In Russ.)
5. Huber R., Nicht-infektiöse Risikofaktoren für Kälberdurchfall in bayerischen Milchviehbetrieben, München, 2021.
6. Tomaev A.Kh., *Nauchnye trudy studentov Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta «Studentcheskaya nauka-agropromyshlennomu kompleksu»*, 2020, pp. 188–190. (In Russ.)
7. Yashin A.V., Prusakov A.V., *Mezhdunarodnyy vestnik veterinarii*, 2021, No. 2, pp. 155–160. (In Russ.)
8. Smolentsev S.Yu., *Vestnik Mariyskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. Sel'skokhozyaystvennyye nauki. Ekonomicheskie nauki*, 2022, T. 8, No. 3 (31), pp. 280–287. (In Russ.)
9. Babkina T.N., Lenkova N.V., *Aktual'nye problemy i metodicheskie podkhody k diagnostike, lecheniyu i profilaktike bolezney zhivotnykh* (Actual problems and methodological approaches to the diagnosis, treatment and prevention of animal diseases): Proceedings of the Conference Title, 2019, pp. 6–9.
10. Popov Yu.G., Mager S.N., *Vestnik NGAU (Novosibirsk State Agrarian University)*, 2016, No. 2 (39), pp. 116–120. (In Russ.)
11. Vakhrusheva T.I., *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2020, No. 10 (163), pp. 150–161. (In Russ.)
12. Larichev O.V. et al., *Effektivnoe zhivotnovodstvo*, 2023, No. 2 (184), pp. 56–58. (In Russ.)
13. Тяпкина Е.Ю., Шушарин А.Д., *Molodezh' i nauka*, 2019, No. 7–8, pp. 81–81.

14. Vasiliev Yu.G., Troshin E.I., Lyubimov A.I., Berestov D.S., *Gematologiya* (Hematology), Sankt-Peterburg: Lan, 2020, 464 p.
15. Ivanyuk V.P., Bobkova G.N., Maltseva M.A., *Vestnik Bryanskoy GSKhA*, 2019, No. 6 (76), pp. 45-50. (In Russ.)
16. Straub C., Mansfeld R., “Leitfaden für eine optimierte Einstellungsuntersuchung von Mastkälbern”. Klinik für Wiederkäuer mit Ambulanz und Bestandsbetreuung, LMU München, 2019, pp. 20.
17. Dezhatkina S.V., Akhmetova V.V., *Vozrastnaya fiziologiya zhivotnykh* (Age-related physiology of animals), Ulyanovsk: Ulgau named after P.A. Stolypin, 2020, 141 p. (In Russ.)
18. Mikhalyuk A.N., Ovseets V.Yu., *Perspektivy primeneniya metabiotikov v zhivotnovodstve* (Prospects for the use of metabiotics in animal breeding), Grodno, 2023.

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА СКОТА СИБИРСКОГО ОТРОДЬЯ ПО МИКРОСАТЕЛЛИТНЫМ ЛОКУСАМ

А.Ф. Петров, заведующий лабораторией

Е.В. Камалдинов, доктор биологических наук

Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия

E-mail: alex@nsau.edu.ru

Ключевые слова: крупный рогатый скот, микросателлиты, локусы, аллели, число эффективных аллелей, гетерозиготность.

Реферат. Молекулярно-генетические методы исследования популяций сельскохозяйственных животных являются важным элементом в системе использования и сохранения биологических ресурсов и позволяют более эффективно вести и контролировать селекционный процесс в рамках реального производства. При этом для изучения генетического разнообразия популяции актуально использование STR-маркеров, что связано с высокой вариабельностью повторов. В работе представлена генетическая характеристика по 12 микросателлитным локусам (BM1818, BM1824, BM2113, ETH10, ETH225, ETH3, INRA023, SPS115, TGLA126, TGLA122, TGLA227, TGLA53) популяции крупного рогатого скота голштинской и черно-пестрой пород ($n = 10233$ гол.) Западной Сибири. В результате проведенного анализа выявлено 145 аллелей, частота встречаемости которых варьировала от 0,00005 до 0,68961. Наибольший уровень генетического разнообразия был установлен по локусу TGLA122 (25 аллелей) при среднем числе эффективных аллелей 4,5. Наименее полиморфным оказался локус BM1824 (7 аллелей) при среднем числе эффективных аллелей 3,27. По всем изученным локусам средний уровень наблюдаемой и ожидаемой гетерозиготности составил 0,6. При этом наибольшая изменчивость выявлена в локусе TGLA53, индекс фиксации Райта по которому равен 0,161. Дефицит гетерозигот выявлен также в BM1818. Для всех остальных локусов прослеживалась положительная тенденция количества гетерозигот с максимальным значением индекса в локусе ETH3 (-0,074). В среднем по всем локусам индекс фиксации составил -0,02, что указывает на достаточное количество гетерозиготных особей в исследуемой популяции. Результаты исследований можно использовать в популяционных исследованиях и в практической селекционной работе.

GENETIC STRUCTURE OF CATTLE OF THE SIBERIAN BRANCH BY MICROSATELLITE LOCI

A.F. Petrov, Head of Laboratory

E.V. Kamalidinov, PhD in Biological Sciences

Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

E-mail: alex@nsau.edu.ru

Keywords: cattle, microsatellites, loci, alleles, number of effective alleles, heterozygosity.

Abstract. Molecular-genetic methods are essential tools for the utilization and conservation of animal genetic resources. These methods facilitate more efficient management and control of breeding programs within livestock production systems. For studying the genetic diversity of a population, the use of STR markers is relevant due to the high variability of repeats. This study presents a genetic characterization of a Holstein and Black Pied cattle population ($n = 10233$) in Western Siberia using 12 microsatellite loci (BM1818, BM1824, BM2113, ETH10, ETH225, ETH3, INRA023, SPS115, TGLA126, TGLA122, TGLA227, TGLA53). A total of 145 alleles were identified across all loci, with frequencies ranging from 0.00005 to 0.68961. The highest level of genetic diversity was observed at the TGLA122 locus (25 alleles) with an average number of effective alleles (N_e) of 4.5. The least polymorphic locus was BM1824 (7 alleles) with an average N_e of 3.27. The average observed (H_o) and expected (H_e) heterozygosity across all loci was 0.6. The highest variability was observed at the TGLA53 locus, with a Wright's fixation index (F_{is}) of 0.161, indicating a heterozygote deficiency. A similar deficiency was observed at the BM1818 locus. All other loci exhibited a positive F_{is} , with the highest value observed at the ETH3 locus (-0.074), indicating an excess of heterozygotes. The average F_{is} across all loci was -0.02, suggesting a sufficient level of heterozygosity within the studied population. These findings provide valuable information for population studies and practical breeding programs aiming to manage genetic diversity and improve selection efficiency in this cattle population.

Исследования структуры популяций сельскохозяйственных животных и оценка их генетического разнообразия играют важную роль в программах сохранения и селекции. Одними из методов, позволяющих оценить генетическое разнообразие популяций, являются молекулярно-генетические методы, основанные на использовании микросателлитов (STR-маркеры, короткие tandemные повторы). Благодаря аллельному разнообразию и высокому уровню изменчивости, микросателлиты широко используются в анализе генетической дифференциации, молекулярно-генетического определения и сравнения линий/семейств, однородности популяции и ее генетического разнообразия [2], определении уровня инбридинга и достоверности происхождения, изучении межпородных различий. Микросателлиты могут также сочетаться с маркерами полиморфизма структурных или митохондриальных генов [1]. Высокая полиморфность и менделеевский тип наследования делают микросателлиты идеальными ДНК-маркерами у сельскохозяйственных животных [3, 4], в том числе и для крупного рогатого скота. Высокая достоверность и специфичность анализа ДНК на основе микросателлитов может быть достигнута при использовании любых видов биологического материала: крови, слюны, волос, образцов мягких тканей. Таким образом, технология ДНК-анализа микросателлитов становится незаменимым инструментом для решения задач селекции и целенаправленного повышения продуктивных качеств разводимых животных и является одним из стандартов в современной молекулярно-генетической идентификации животных, рекомендованной Международным обществом генетики животных (ISAG).

В настоящее время стандартным методом анализа микросателлитов ДНК с известными фланкирующими последовательностями является мультиплексная ПЦР с последующим разделением продуктов амплификации с помощью капиллярного электрофореза и их одновременной лазерной детекцией. Метод отвечает современным требованиям к молекулярно-генетическому анализу: высокая информативность анализа, минимальное время исследования, простота проведения и низкая стоимость обследования. Благодаря этому накоплены обширные базы данных по микроса-

теллитным профилям животных, в том числе по популяциям голштинизированного скота. Но фрагментированность данных (1 предприятие = 1 база данных) не позволяла ранее провести анализ по генетическим данным многих популяций, рассматривая их как одно целое, и не давала в полной мере оценить генофонд исследуемого скота во всем регионе. В этой связи целью исследования является изучение и анализ генетического разнообразия популяции голштинского и черно-пестрого скота Западной Сибири по микросателлитным локусам, с рассмотрением популяции не отдельно взятых хозяйств, а в рамках всего региона.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследования является крупный рогатый скот голштинской и черно-пестрой пород сибирского отродья. В настоящем исследовании использованы локализованные данные по генотипам и фенотипам скота голштинской и черно-пестрой пород, разводимых в предприятиях Новосибирской и Кемеровской областей ($n = 47\ 302$ гол.). Среди выбранного массива с данными о животных отобраны те особи, у которых есть микросателлитный профиль. Следует отметить, что выборка формировалась из всех доступных данных за последние пять лет ведения электронного зоотехнического учета вне зависимости от статуса животных. При анализе исходного массива в выборке были обнаружены некорректные записи по микросателлитным профилям (2_103/22, 2_157/20 и т.д.), которые исключались из входных данных. Также из выборки были убраны записи о дубликатах, которые появляются вследствие большого разнообразия вариантов написания кличек одного и того же животного в пределах одного хозяйства. Особенно это касается кличек быков зарубежной селекции. Чтобы идентифицировать уникальность записи о животном, был создан ключ для идентификации животного без привязки к хозяйству и к кличке вида «индивидуальный номер – дата рождения». После идентификации уникальной записи о животном на основе созданного ключа был проведен анализ на возможные ошибки при внесении даты рождения животного. Для этого по каждому животному создан второй ключ, но с условием замены месяца и дня в

дате рождения с привязкой к отцу и матери животного. Это позволило выявить еще ряд дублирующих записей, в которых была допущена ошибка при внесении даты рождения в локальные базы данных предприятий. Третьим этапом идентификации уникальности записи о животном послужило сравнение созданных ключей на основе пар «номер – дата рождения» с аналогичными записями из созданной в рамках лаборатории прикладной биоинформатики ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ базы данных по крупному рогатому скоту молочного направления продуктивности при условии, что животное уже было идентифицировано ранее и верифицированные данные о нем [5] внесены в базу данных разрабатываемой в рамках лаборатории цифровой платформы. После нескольких итераций удаления дубликатов в исследуемом массиве остались только уникальные записи. В результате доля исследуемых животных с имеющимся микросателлитным профилем составила 9512 гол. и 721 гол. по Новосибирской и Кемеровской областям соответственно ($n = 10233$ гол.).

После предварительной подготовки по выявлению уникальных записей о животных,

данные о микросателлитном профиле которых известны, установлена частота встречаемости локусов в исследуемых популяциях скота Западной Сибири. Так как информация по микросателлитным профилям получена из разных лабораторий генетической экспертизы достоверности происхождения, то и перечень выявленных локусов в общем массиве был неодинаков. Для исследования взяты только те STR-маркеры (микросателлиты), которые рекомендованы решением Коллегии Евразийской экономической комиссии от 2 июня 2020 г. № 74 «Об утверждении Положения о проведении молекулярной генетической экспертизы племенной продукции государств – членов Евразийского экономического союза» [2] для крупного рогатого скота (BM1818, BM1824, BM2113, ETH3, ETH10, ETH225, INRA023, SPS115, TGLA53, TGLA122, TGLA126, TGLA227). Вследствии значительного варьирования размеров амплифицируемых фрагментов STR-локусов в исходных данных было принято решение ограничить их набор согласно описанным в литературе и используемым Международным обществом генетики животных (ISAG) (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика микросателлитных локусов
Characteristics of microsatellite loci

| Локус | Хромосома | Структура последовательности | Источник | Референтный интервал |
|---------|-----------|---|---|----------------------|
| BM1818 | D23S21 | (TG) _n | Bishop et al. (1994) [6] | 253–277 |
| BM1824 | D1S34 | (GT) _n | Barendse et al. (1994) [7] | 176–188 |
| BM2113 | D2S26 | (CA) _n | Sunden et al. (1993) [8] | 124–146 |
| ETH3 | D19S2 | (GT) _n AC(GT) ₆ | Solinas-Toldo et al. (1993) [9] | 100–128 |
| ETH10 | D10S5 | (AC) _n | Solinas-Toldo et al. (1993) [9] | 206–222 |
| ETH225 | D9S2 | (TG) ₄ CG(TG)(CA) _n | Steffen et al. (1993) [10] | 139–157 |
| INRA023 | D3S10 | (AC) _n | Vaiman et al. (1994) [11] | 201–225 |
| SPS115 | D15 | (CA) _n TA(CA) ₆ | Baylor College of Medicine Human Genome Sequencing Center (2006) [12] | 247–261 |
| TGLA53 | D16S3 | (TG) ₆ CG(TG) ₄ (TA) _n | Georges & Massey (1992) [13] | 151–187 |
| TGLA122 | D21S6 | (AC) _n (AT) _n | Georges & Massey (1992) [13] | 136–182 |
| TGLA126 | D20S1 | (TG) _n | Georges & Massey (1992) [13] | 111–127 |
| TGLA227 | D18S1 | (TG) _n | Georges & Massey (1992) [13] | 76–104 |

Для анализа генетической структуры были рассчитаны следующие показатели: число аллелей на локус N_a , частота встречаемости аллелей p , число эффективных аллелей (уровень полиморфности) N_e , наблюдаемая H_o и ожидаемая

H_e гетерозиготность, индекс фиксации Райта F и индекс Шеннона–Винера I согласно описанным в литературе методикам [14–20]. Все расчеты проводились на языке R в среде разработки RStudio без использования специализированных

сторонних библиотек. С целью исследования на этом языке была написана программа, которая позволила объединить дефрагментированные базы данных в одно целое, верифицировать данные и рассчитать все показатели генетической изменчивости.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Генетическая структура скота голштинской и черно-пестрой пород, разводимых на территориях предприятий Западной Сибири, животные которых взяты для исследования, включает 46 локусов (табл. 2).

Таблица 2

Микросателлитные профили молочного скота Западной Сибири
Microsatellite profiles of Western Siberian dairy cattle

| Локус | Количество | Локус | Количество | Локус | Количество |
|---------|------------|---------|------------|---------|------------|
| BM2113 | 10233 | TGLA53 | 1966 | ILST005 | 46 |
| ETH10 | 10225 | ILST006 | 365 | RM067 | 34 |
| TGLA122 | 10216 | CSSM66 | 331 | BL42 | 7 |
| ETH225 | 10209 | CSRM60 | 330 | BM203 | 7 |
| SPS115 | 10198 | HAUT27 | 230 | BM4107 | 7 |
| BM1818 | 10176 | HEL1 | 73 | BM4208 | 7 |
| BM1824 | 10173 | CSSM36 | 72 | BM5004 | 7 |
| TGLA227 | 10132 | SPS113 | 63 | ETH152 | 7 |
| INRA023 | 10114 | MGTG4B | 62 | INRA032 | 2 |
| TGLA126 | 10111 | CYP21 | 50 | | |
| ETH3 | 8429 | ETH185 | 46 | | |

Примечание. * Выделены локусы, рекомендованные ISAG.

Среди наиболее встречающихся локусов следует выделить BM2113, ETH10, TGLA122, ETH225, SPS115, BM1824, TGLA227, INRA023, BM1818, TGLA126, ETH3, TGLA53. Частота их встречаемости варьирует от 1 000 до 10233. Весь набор входит в группу из анализируемых STR-локусов, составляющих стандартную панель маркеров для крупного рогатого скота, рекомендованную ISAG, и согласуется с решением № 74 коллегии ЕАЭС от 2 июня 2020 г. [2].

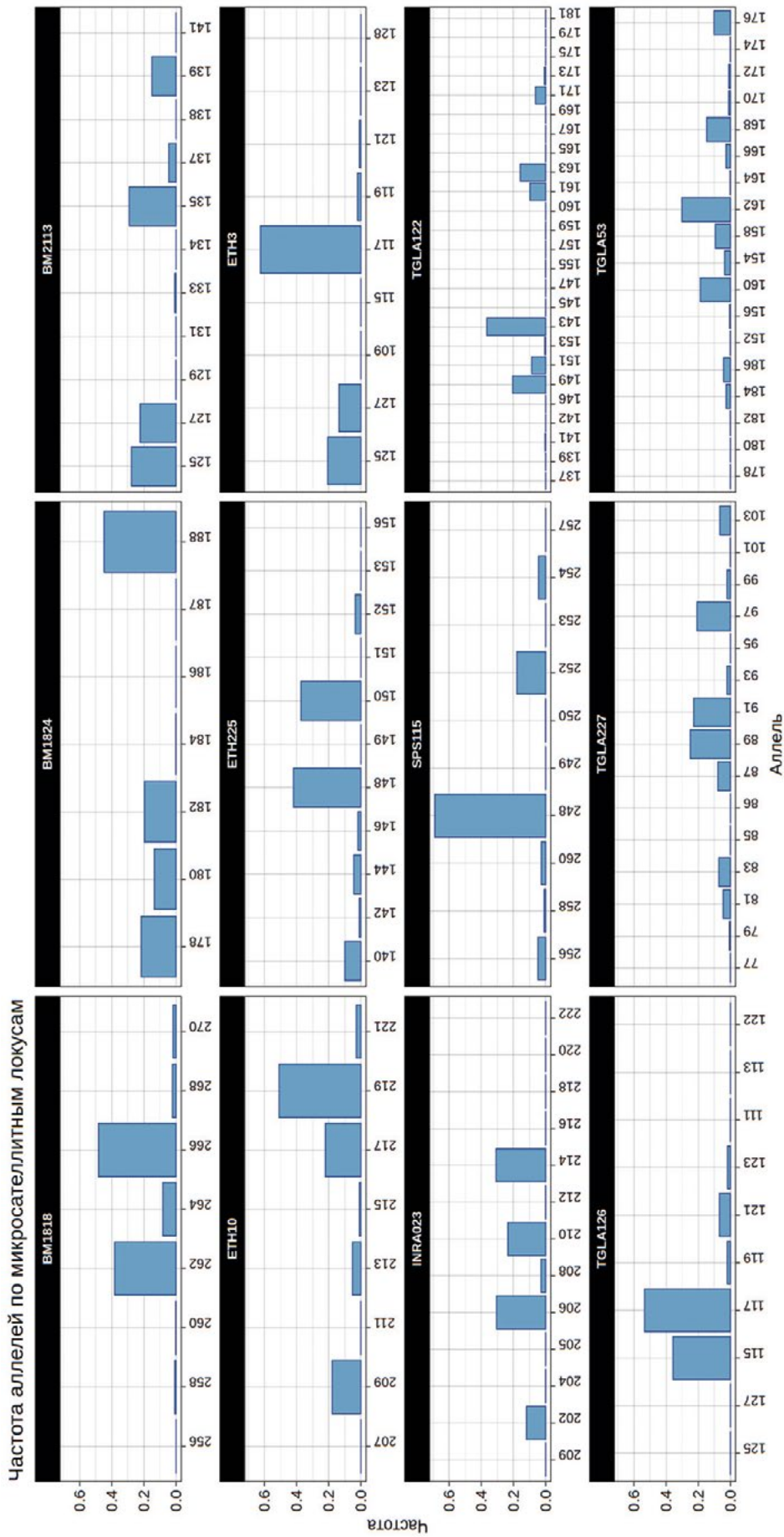
Анализ 12 выбранных микросателлитных локусов по заданным референтным интервалам аллелей исследуемой популяции скота голштинской и черно-пестрой пород позволил выявить 145 вариантов аллелей. Наиболее полиморфными оказались локусы TGLA122 ($N_a = 25$) и TGLA53 ($N_a = 18$), а наименьшее количество аллелей обнаружено в локусе BM1824 ($N_a = 7$).

Частота встречаемости аллелей по изученным микросателлитным локусам популяции скота голштинской и черно-пестрой пород Западной Сибири представлена на рисунке.

Встречаемость аллелей в исследуемой популяции животных варьировала от 0,00005 до 0,68961. Наименьшая частота была выяв-

лена по аллелям: 256 (локус BM1818), 187 (локус BM1824), 134 (локус BM2113), 151 (локус ETH225), 153 (локус ETH225), 156 (локус ETH225), 205 (локус INRA023), 218 (локус INRA023), 222 (локус INRA023), 249 (локус SPS115), 253 (локус SPS115), 257 (локус SPS115), 122 (локус TGLA126), 127 (локус TGLA126), 86 (локус TGLA227). Наивысшая частота обнаружена по аллелю 248 (локус SPS115).

Вариабельность генетического потенциала популяции возрастает с увеличением числа аллелей, представленных в популяции, и выравнивается их распределения. Следует отметить, что чем большим числом аллелей представлены STR-локусы, тем более информативными они являются для характеристики популяции [21–23]. Мерой оценки генетического разнообразия популяции (уровня полиморфности) может служить число эффективных аллелей, так как оно и зависит от числа аллелей на локус, выравнивания их частот и доли полиморфных локусов. Поэтому для оценки генетического разнообразия расчет числа эффективных аллелей является крайне важным (табл. 3).



Частота встречаемости аллелей по изученным микросателлитным локусам
 Frequency of occurrence of alleles at the studied microsatellite loci

Среднее значение числа эффективных аллелей на locus N_e составило $3,54 \pm 0,37$. В зависимости от полученного среднего показателя числа эффективных аллелей все локусы были разбиты на две группы: первая с уровнем числа эффективных аллелей меньше среднего значения и вторая с показателем больше среднего. В первую группу вошли локусы BM1818, BM1824, ETH10, ETH225, ETH3, SPS115, TGLA126. Во вторую – BM2113, INRA023, TGLA122, TGLA227, TGLA53. Наибольшее значение N_e выявлено в локусе TGLA53, наименьшее – в локусе SPS115. Чем меньше число эффективных аллелей, тем ниже генетическое разнообразие в популяции.

В популяционно-генетических исследованиях принято рассчитывать гетерозиготность, которая является важным показателем генетического состава популяций. Возникающая в результате слияния генетически разнородных гамет гетерозиготность широко распространена

на в природных популяциях и лежит в основе гетерозиса. Играя существенную роль в адаптации популяций к изменяющимся условиям среды и в микроэволюционном процессе, гетерозиготность является необходимым объектом исследования в популяционной генетике.

Наблюдаемая гетерозиготность отражает уровень генетической изменчивости в популяции. Частота гетерозигот демонстрирует наличие разных аллелей в генофонде и служит индикатором генетического разнообразия. Для более точной оценки изменчивости популяции используют показатель ожидаемой гетерозиготности, позволяющий рассмотреть уровень аллельного разнообразия.

В результате проведенного исследования были определены уровни ожидаемой и наблюдаемой гетерозиготности, рассчитанные по 12 локусам, средние показатели которых составили соответственно $0,68 \pm 0,03$ и $0,69 \pm 0,03$.

Таблица 3

Генетическая изменчивость молочного скота ($n = 10233$ гол.) голштинской породы в Западной Сибири
Genetic variability of Holstein dairy cattle ($n = 10,233$ heads) in Western Siberia

| Локус | N_a | H_o | H_e | F | N_e | I |
|------------------------|-------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|---------------|
| BM1818 | 8 | 0,626 | 0,613 | -0,0208 | 2,586 | 1,142 |
| BM1824 | 7 | 0,724 | 0,694 | -0,0425 | 3,275 | 1,296 |
| BM2113 | 11 | 0,793 | 0,762 | -0,0403 | 4,215 | 1,532 |
| ETH10 | 8 | 0,690 | 0,656 | -0,0513 | 2,914 | 1,294 |
| ETH225 | 11 | 0,6697 | 0,671 | 0,0025 | 3,044 | 1,340 |
| ETH3 | 9 | 0,589 | 0,548 | -0,0746 | 2,214 | 1,036 |
| INRA023 | 13 | 0,759 | 0,741 | -0,0244 | 3,862 | 1,442 |
| SPS115 | 10 | 0,496 | 0,487 | -0,0187 | 1,949 | 1,003 |
| TGLA122 | 25 | 0,809 | 0,777 | -0,0411 | 4,501 | 1,727 |
| TGLA126 | 10 | 0,595 | 0,581 | -0,0244 | 2,387 | 1,048 |
| TGLA227 | 15 | 0,860 | 0,823 | -0,0446 | 5,664 | 1,938 |
| TGLA53 | 18 | 0,694 | 0,827 | 0,1612 | 5,807 | 2,037 |
| $\bar{x} \pm s\bar{x}$ | – | $0,69 \pm 0,03$ | $0,68 \pm 0,03$ | $-0,02 \pm 0,02$ | $3,54 \pm 0,37$ | $1,4 \pm 0,1$ |

Примечание. * \bar{x} – среднее арифметическое; $s\bar{x}$ – стандартная ошибка; N_a – число аллелей на locus; H_o – наблюдаемая гетерозиготность; H_e – ожидаемая гетерозиготность; F – индекс фиксации Райта; N_e – число эффективных аллелей на locus; I – индекс Шеннона–Винера.

Уровень наблюдаемой гетерозиготности в исследованной популяции был сопоставим с теоретически ожидаемой в девяти локусах: BM1818, BM2113, ETH10, ETH225, ETH3, INRA023, SPS115, TGLA126, TGLA227. Наименьший уровень наблюдаемой гетерозиготности H_o выявлен в локусе SPS115, а наибольший – в TGLA227. Наименьшим уровнем ожидаемой гетерозиготности H_e также обладает locus SPS115, а наибольшим – TGLA53. Сильно вы-

меньший уровень наблюдаемой гетерозиготности H_o выявлен в локусе SPS115, а наибольший – в TGLA227. Наименьшим уровнем ожидаемой гетерозиготности H_e также обладает locus SPS115, а наибольшим – TGLA53. Сильно вы-

раженное различие между H_o и H_e наблюдается по локусу TGLA53 и составляет 0,1334741.

Связь между отдельными особями популяции и популяции в целом позволяет установить индекс фиксации Райта F . Этот показатель позволяет количественно отразить отклонение частот встречаемости гетерозиготных генотипов от теоретически ожидаемой по Харди–Вайнбергу доли гетерозигот. Другими словами, индекс фиксации Райта позволяет отразить состояние исследуемой группы по отношению к гетерозиготным генотипам и может рассматриваться в качестве одного из критериев для оценки инбредности популяции. При этом принято считать, что положительные значения индекса обозначают нехватку гетерозигот, а отрицательные – их переизбыток. Полученные результаты в целом свидетельствовали о грамотной работе зоотехников-селекционеров, не допускающих инбридинга разводимых популяций. Тем не менее по локусу TGLA53 наблюдается некоторый дефицит гетерозигот, что объясняется использованием быков-природителей голштинской породы с высокой степенью инбридинга. Продолжение такой тенденции может со временем привести к увеличению значений индекса фиксации Райта в положительном диапазоне и нарастанию эффектов инбредной депрессии. Вместе с тем высокое значение индекса Шеннона–Винера указывало на достаточно высокий уровень генетического разнообразия по всем аллелям локусов TGLA53 и TGLA227 при контрастных значениях N_e и F . Решить данную проблему возможно путём внедрения автоматизированных систем подбора родительских пар, основанных на использовании коэффициентов инбридинга Райта вместо коэффициентов инбридинга Пуша–Шапоружа, широко используемых практиками в настоящее время.

О видовом разнообразии позволяет говорить значение индекса Шеннона–Винера H . Чем больше его значение, тем выше видовое разнообразие изучаемой популяции. По результатам исследования индекс Шеннона–Винера варьи-

ровал в пределах от 1,003 в локусе SPS115 до 2,037 в локусе TGLA53.

ВЫВОДЫ

1. Исследование выявило достаточно высокий уровень генетического разнообразия в популяции скота сибирского отродья. Это позитивный фактор, который свидетельствует о хорошем адаптивном потенциале и возможностях для дальнейшего генетического улучшения породы. Обнаружение 145 аллелей по 12 локусам и среднее значение числа эффективных аллелей на локус N_e , равное 3,54, подтверждают этот вывод.

2. Локусы TGLA122 и TGLA53 проявили наибольший полиморфизм среди изученных маркеров, что делает их особенно ценными для дальнейших исследований генетической структуры популяций скота сибирского отродья. Высокая информативность этих локусов открывает возможности для более детального анализа генетического родства, изучения истории происхождения и оценки генетической дифференциации внутри породы.

3. Низкий уровень гетерозиготности, обнаруженный в локусе SPS115, может указывать на проводимую селекцию по признакам, связанным с данным локусом, или же свидетельствовать о генетическом дрейфе, особенно если популяция прошла через «бутылочное горлышко» в прошлом. Для подтверждения этих предположений необходимы дополнительные исследования с учетом истории породы и данных о селекции.

4. Полученные результаты имеют практическое значение для развития программ по сохранению генетического разнообразия и эффективной селекции скота сибирского отродья. Идентификация наиболее информативных генетических маркеров позволит более точно оценивать генетическую ценность животных, контролировать уровень инбридинга и оптимизировать подбор пар для сохранения генетического потенциала породы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *A proposal for standardization in forensic bovine DNA typing: allele nomenclature of 16 cattle-specific short tandem repeat loci* / L.H.P. Van de Goor, H. Panneman, W.A. Van Haeringen // *Genetics, selection,*

- evolution : GSE. – 2018. – Vol. 50 (1). – P. 37. – URL: <https://doi.org/10.1186/s12711-018-0408-8> (дата обращения: 12.04.2024).
2. *Положение* о проведении молекулярной генетической экспертизы племенной продукции государств – членов Евразийского экономического союза // Решение коллегии евразийской экономической комиссии от 2 июня 2020 г. № 74 Об утверждении Положения о проведении молекулярной генетической экспертизы племенной продукции государств – членов Евразийского экономического союза. – 2020. – № 74.
 3. *Peculiarities of analytical characteristics of pectins extracted from sunflower hearts* / I.V. Sobol, L.V. Donchenko, L.Y. Rodionova [et al.] // *Asian Journal of Pharmaceutics*. – 2017. – № 11 (1). – P. 97–100.
 4. *Selective mechanisms of antiviral effect of triazole derivatives in a transplantable virus-producing cell culture of hamadryas baboon* / P.D. Onischuk, M.P. Semenenko, E.V. Kuzminova [et al.] // *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. – 2016. – № 7 (6). – P. 1778–1782.
 5. *Достоверность* данных первичного зоотехнического учёта в молочном скотоводстве / Е.В. Камалдинов, А.Ф. Петров, К.С. Шагохин [и др.] // *Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет)*. – 2022. – № 2. – С. 76–83. – DOI: 10.31677/2072-6724-2022-63-2-76-83.
 6. *A genetic-linkage map for cattle* / M.D. Bishop, S.M. Kappes, J. Keele [et al.] // *Genetics*. – 1994. – № 136 (2). – P. 619–639.
 7. *A genetic linkage map of the bovine genome* / W. Barendse, S.M. Armitage, L.M. Kossarek [et al.] // *Nature Genetics*. – 1994. – № 6 – P. 227–235.
 8. *A highly polymorphic bovine microsatellite locus: BM2113* / S.L. Sunden, R.T. Stone, M.D. Bishop [et al.] // *Animal Genetics*. – 1993. – № 24 (1). – P. 69.
 9. *Physically mapped, cosmid-derived microsatellite markers as anchor loci on bovine chromosomes* / S.S. Toldo, R. Fries, P. Steffen [et al.] // *Mammalian Genome*. – 1993. – № 4 (12) – P. 720–727. – DOI: 10.1007/BF00357796.
 10. *Isolation and mapping of polymorphic microsatellites in cattle* / P. Steffen, A. Eggen, A.B. Dietz [et al.] // *Animal Genetics*. – 1993. – № 24 (2) – P. 121–124. – DOI: 10.1111/j.1365-2052.1993.tb00252.x.
 11. *A set of 99 cattle microsatellites: characterization, synteny mapping, and polymorphism* / D. Vaiman, D. Mercier, K. Moazami-Goudarzi [et al.] // *Mammalian Genome*. – 1994. – № 5 (5) – P. 288–297. – DOI: 10.1007/BF00389543.
 12. *Baylor College of Medicine Human Genome Sequencing Center. (2006) Bovine Whole Genome Assembly release Btau_3.1.* – URL: <https://www.hgsc.bcm.edu/other-mammals/bovine-genome-project> (дата обращения: 10.04.2024).
 13. *Georges M., Massey J.M. Polymorphic DNA Markers in Bovidae.* World Intellectual Property Organization, Geneva (Patent application WO PUBL № 92/13102). – 1992.
 14. *Меркурьева Е.К. Генетические основы селекции в скотоводстве: учеб. пособие.* – М.: Колос, 1977. – 240 с.
 15. *African pastoralism: genetic imprints of origins and migrations* / O. Hanotte [et al.] // *Science*. – 2002. – Vol. 296, № 5566. – P. 336–339. – DOI: 10.1126/science.1069878.
 16. *Genetic diversity analysis of five cattle breeds native to China using microsatellites* / G. Zhou [et al.] // *Journal of Genetics*. – 2005. – Vol. 84, № 1. – P. 77–80.
 17. *Genetic diversity and population structure of 20 north European cattle breeds* / J. Kantanen [et al.] // *Journal of Genetics*. – 2000. – Vol. 91, № 6. – P. 446–457.
 18. *Yu G.X., Wise R.P. An anchored AFLP- and retrotransposon-based map of diploid Avena* // *Genome*. – 2000. – Vol. 43, № 5. – P. 736–749.
 19. *Guo S.W., Thomson E.A. Performing the exact test of Hardy-Weinberg proportion for multiple alleles* // *Biometrics*. – 1992. – Vol. 48, № 2. – P. 361–372.
 20. *Triplex-induced recombination and repair in the pyrimidine motif* / J.M. Kalish [et al.] // *Nucleic Acids Research*. – 2005. – Vol. 33, № 11. – P. 3492–3502.
 21. *Особенности* SSR-полиморфизма лошадей / Н.А. Глинская, Е.И. Приловская, Д.А. Каспирович [и др.] // *Вестник Полесского государственного университета. Сер. природоведческих наук*. – 2017. – № 1. – С. 8–13. – DOI: 10.31677/2072-6724-2022-63-2-76-83.

22. Николаев С.В., Ялуга В.Л. Сравнительная генетическая характеристика микросателлитного профиля голштинизированных и чистопородных холмогорских быков // *Аграрная наука*. – 2023. – № 7. – С. 58–62.
23. Генетическое разнообразие популяции аборигенного якутского скота по микросателлитным локусам / Л.Н. Владимиров, В.А. Мачахтырова, Г.Н. Мачахтыров [и др.] // *Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет)*. – 2024. – № 2. – С. 199–208. – DOI: 10.31677/2072-6724-2024-71-2-199-208.

REFERENCES

1. Van de Goor L.H.P., Panneman H., Van Haeringen W.A., A proposal for standardization in forensic bovine DNA typing: allele nomenclature of 16 cattlespecific short tandem repeat loci, *Genetics, selection, evolution : GSE*, 2018, Vol. 50 (1), pp. 37, <https://doi.org/10.1186/s12711-018-0408-8>.
2. *Polozhenie o provedenii molekulyarnoi geneticheskoi ekspertizy plemennoi produktsii gosudarstv - chlenov Evraziiskogo ekonomicheskogo soyuza* (Regulations on conducting molecular genetic examination of breeding products of the member states of the Eurasian Economic Union), Reshenie Kollegii Evraziiskoi ekonomicheskoi komissii ot 2 iyunya 2020 g. N 74 “Ob utverzhdenii Polozheniya o provedenii molekulyarnoi geneticheskoi ekspertizy plemennoi produktsii gosudarstv - chlenov Evraziiskogo ekonomicheskogo soyuza”, 2020, No. 74. (In Russ.)
3. Sobol I.V., Donchenko L.V., Rodionova [et al.], Peculiarities of analytical characteristics of pectins extracted from sunflower hearts, *Asian Journal of Pharmaceutics*, 2017, No. 11(1), pp. 97–100.
4. Onischuk P.D., Semenenko M.P., Kuzminova E.V. [et al.], Selective mechanisms of antiviral effect of triazole derivatives in a transplantable virus-producing cell culture of hamadryas baboon, *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 2016, No. 7(6), pp. 1778–1782.
5. Kamaldinov E.V., Petrov A.F., Shatokhin K.S. i dr., *Vestnik NGAU (Novosibirskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet)*, 2022, No. 2, pp. 76–83, <https://doi.org/10.31677/2072-6724-2022-63-2-76-83>. (In Russ.)
6. Bishop M.D., Kappes S.M., Keele J. [et al.], A genetic-linkage map for cattle, *Genetics*, 1994, No. 136(2), pp. 619–639.
7. Barendse W., Armitage S.M., Kossarek L.M. [et al.], A genetic linkage map of the bovine genome, *Nature Genetics*, 1994, No. 6, pp. 227–235.
8. Sunden S.L., Stone R.T., Bishop M.D. [et al.], A highly polymorphic bovine microsatellite locus: BM2113, *Animal Genetics*, 1993, No. 24(1), pp. 69.
9. Toldo S.S., Fries R., Steffen P. [et al.], Physically mapped, cosmid-derived microsatellite markers as anchor loci on bovine chromosomes, *Mammalian Genome*, 1993, No. 4(12), pp. 720–727, DOI: 10.1007/BF00357796.
10. Steffen P., Eggen A., Dietz A.B. [et al.], Isolation and mapping of polymorphic microsatellites in cattle, *Animal Genetics*, 1993, No. 24(2), pp. 121–124, DOI: 10.1111/j.1365-2052.1993.tb00252.x.
11. Vaiman D., Mercier D., Moazami-Goudarzi K. [et al.], A set of 99 cattle microsatellites: characterization, synteny mapping, and polymorphism, *Mammalian Genome*, 1994, No. 5(5), pp. 288–297, DOI: 10.1007/BF00389543.
12. Baylor College of Medicine Human Genome Sequencing Center, 2006, *Bovine Whole Genome Assembly release Btau_3.1*, URL: <https://www.hgsc.bcm.edu/other-mammals/bovine-genome-project>.
13. Georges M., Massey J.M., Polymorphic DNA Markers in Bovidae. World Intellectual Property Organization, Geneva (Patent application WO PUBL, No. 92/13102). – 1992.
14. Merkur'eva E.K., *Geneticheskie osnovy selektsii v skotovodstve* (Genetic bases of selection in cattle breeding), Moscow: Kolos, 1977, pp. 174. (In Russ.)
15. Hanotte O. [et al.], African pastoralism: genetic imprints of origins and migrations, *Science*, 2002, Vol. 296, No. 5566, pp. 336–339, DOI: 10.1126/science.1069878.
16. Zhou G. [et al.], Genetic diversity analysis of five cattle breeds native to China using microsatellites, *Journal of Genetics*, 2005, Vol. 84, No. 1, pp. 77–80.
17. Kantanen J. [et al.], Genetic diversity and population structure of 20 north European cattle breeds, *Journal of Genetics*, 2000, Vol. 91, No. 6, P. 446–457.
18. Yu G.X., Wise R.P., An anchored AFLP- and retrotransposon-based map of diploid Avena, *Genome*, 2000, Vol. 43, No. 5, pp. 736–749.

19. Guo S.W., Thomson E.A., Performing the exact test of Hardy-Weinberg proportion for multiple alleles, *Biometrics*, 1992, Vol. 48, No. 2, pp. 361–372.
20. Kalish J.M. [et al.], Triplex-induced recombination and repair in the pyrimidine motif, *Nucleic Acids Research*, 2005, Vol. 33, No. 11, pp. 3492–3502.
21. Glinskaya N.A., Prilovskaya E.I., Kaspirovich D.A. i dr., *Vestnik polesskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya prirodovedcheskikh nauk*, 2017, 1, pp. 8–13, <https://doi.org/10.31677/2072-6724-2022-63-2-76-83>. (In Russ.)
22. Nikolaev S.V., Yaluga V.L., *Agrarnaya nauka*, 2023, No. 7, pp. 58–62. (In Russ.)
23. Vladimirov L.N., Machakhtyrova V.A., Machakhtyrov G.N., Shadrina Ya.L., Zarovnyaev S.I., Lukin V.N., Sleptsova M.G., *Vestnik NGAU (Novosibirskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet)*, 2024, No. 2, pp. 199–208, <https://doi.org/10.31677/2072-6724-2024-71-2-199-208>. (In Russ.)

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМ МОДУЛЕ ВЫРАЩИВАНИЯ ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ

И.Е. Плаксин, кандидат технических наук

А.В. Трифанов, кандидат технических наук, доцент

Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, Санкт-Петербург, Россия

E-mail: trifanovav@mail.ru

Ключевые слова: сельское хозяйство, птицеводство, мелкотоварное производство, технологический модуль.

Реферат. Россия занимает пятое место в мире по производству мяса птицы. В период с 2010 по 2021 г. объем производства данного вида продукции вырос в 1,77 раза, что в натуральном выражении составляет 2190 тыс. т. Наибольший объем производства мяса птицы (89,7 %) приходится на мясо цыплят-бройлеров. Данный показатель обоснован потребительскими предпочтениями розничного рынка, низким коэффициентом конверсии корма, высоким уровнем автоматизации производственных процессов, а также возможностью проведения до восьми производственных циклов в год. Основная доля, составляющая 93 %, производства мяса цыплят-бройлеров приходится на крупные сельскохозяйственные предприятия. На хозяйства населения и крестьянско-фермерские хозяйства приходится 7 % производства. Данный результат наблюдается вследствие отсутствия технико-технологических решений для мелкотоварного производства, предусматривающих применение автоматизации производственных процессов, что приводит к снижению продуктивности и увеличению падежа птицы. Совокупность приведенных факторов увеличивает себестоимость готовой продукции, делая мелкотоварное производство неконкурентными. Для решения данной проблемы разработан проект и изготовлен опытный образец технологического модуля для откорма цыплят-бройлеров. Производственная мощность модуля составляет 2800 цыплят-бройлеров в год. В модуле применяется клеточный способ содержания птицы на сетчатом настиле. В результате проведенных исследований коэффициент конверсии корма составил 1,66, затраты воды 3,4 л, электроэнергии 3,22 кВт·ч и труда 0,051 чел·ч на килограмм живого веса. Полученные показатели сопоставимы с показателями крупных птицефабрик, что позволяет сделать вывод о целесообразности использования технологических модулей на малых птицеводческих предприятиях.

THE RESULTS OF RESEARCH ON TECHNOLOGICAL INDICATORS IN THE EXPERIMENTAL MODULE FOR GROWING BROILER CHICKENS

I.E. Plaksin, Candidate of Technical Sciences

A.V. Trifanov, Candidate of Technical Sciences

Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production – branch of FSAC VIM, Saint Petersburg, Russia

E-mail: trifanovav@mail.ru

Keywords: agriculture, poultry farming, small-scale production, technological module.

Abstract. Russia ranks fifth in the world in poultry meat production. In the period from 2010 to 2021, the volume of production of this type of product increased by 1.77 times, which in physical terms is 2,190 thousand tons. The largest volume of poultry meat production, 89.7%, falls on the meat of broiler chickens. This indicator is justified by consumer preferences of the retail market, a low feed conversion rate, a high level of automation of production processes, as well as the possibility of up to 8 production cycles per year. The main share, amounting to 93%, of broiler chicken meat production is accounted for by large agricultural enterprises. Households of the population and peasant farms account for 7% of production. This result is observed due to the lack of technical and technological solutions for small-scale production, providing for the use of automation of production processes, which leads to a decrease in productivity and an increase in poultry mortality. The combination of these factors increases the cost of finished products, making small-scale production uncompetitive. To solve this problem, a project has been developed and a prototype of a technological module for fattening broiler chickens has been

manufactured. The production capacity of the module is 2,800 broiler chickens per year. The module uses a cellular method of keeping poultry on a mesh flooring. As a result of the conducted studies, the feed conversion rate was 1.66, the cost of water was 3.4 liters, electricity was 3.22 kWh and labor was 0.051 people per kilogram of live weight. The obtained indicators are comparable with those of large poultry farms, which allows us to conclude that it is advisable to use technological modules at small poultry enterprises.

Птицеводство – отрасль животноводства, занимающаяся разведением и использованием различных видов сельскохозяйственной птицы для производства яиц, мяса, пера, пуха [1].

Данная отрасль поставляет на потребительский рынок широкий ассортимент диетических продуктов питания и играет одну из главных ролей в обеспечении продовольственной безопасности страны [2–6].

По результатам 2022 г. Россия заняла пятое место среди лидирующих стран – производителей мяса птицы, что в объемном выражении

составляет 4,7 % от общемирового производства [7].

Птицеводство в России является ведущей отраслью мясного производства. Реализация приоритетного национального проекта «Развитие АПК» и государственной программы развития сельского хозяйства позволила в период с 2010 по 2022 г., увеличить объем производимой продукции в хозяйствах всех категорий в 1,78 раза, что в убойном весе составляет 2230 тыс. т [8]. Динамика изменения производства мяса птицы в России по всем категориям хозяйств приведена на рис. 1.

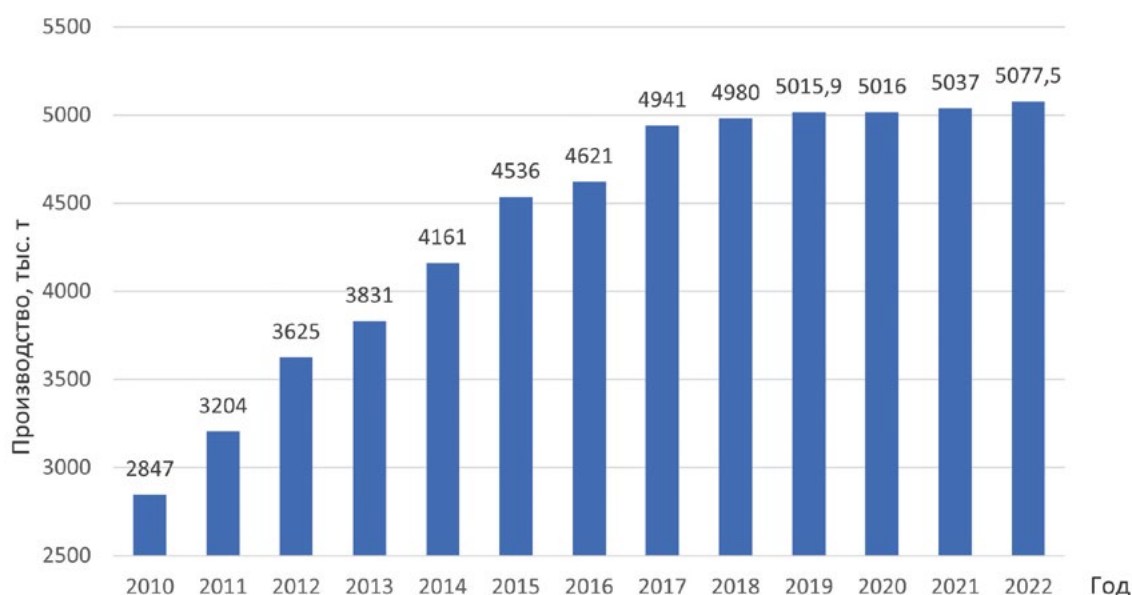


Рис. 1. Производство мяса птицы в России хозяйствами всех категорий в убойном весе, тыс. т
Poultry meat production in Russia by farms of all categories in slaughter weight, thousand tons

С 2017 г. наблюдается снижение темпов роста производственных объемов, что в первую очередь связано с достижением уровня самообеспеченности данной продукцией на внутреннем рынке. Дальнейшее развитие производства мяса птицы связано с наращиванием экспортного потенциала и замещением импортной продукцией.

Более 90 % импортного мяса птицы в России приходится на Бразилию и Беларусь. Объем импорта за 2021 г. вырос на 1,6 % по

сравнению с показателем 2020 г., и составил 198,9 тыс. тонн.

Экспорт мяса птицы в 2021 г. составил 246,7 тыс. т, что превышает аналогичный показатель 2020 г. на 1,1 %. Достижение данного результата стало возможным благодаря открытию рынка Китая, а также увеличению поставок в Гану и Конго. Основной экспортной позицией Китая являются крылья (37 % поставок). Гана и Конго импортирует спинки, шейки, спинки вместе с шейкой, гузки и тонкие концы крыльев.

В структуре производства мяса птицы по видам первое место занимает мясо цыплят-бройлеров с показателем 89,7 %, на втором месте следует мясо выбракованных кур-несушек – 4,83 %, третье место индюшатина – 4,67 % и на мясо остальных видов птиц, таких как гуси, утки, перепела, цесарки, голуби и т.д. приходится не более 1,2 % от общего объема производства.

Ориентированность производителей на мясо цыплят-бройлеров обоснована потребительскими предпочтениями розничного рынка, низким коэффициентом конверсии корма, составляющим порядка 1,6–1,7, высоким уровнем механизации и автоматизации производственных процессов, быстрым оборотом стада – до восьми раз в год, удобством при реализации ввиду отсутствия необходимости разделки тушки [9–14].

Лидерами по производству мяса птицы по категориям хозяйств являются крупные птицефабрики и комплексы, доля которых в общем объеме производства за 2021 г. составила 93 %, на мелкотоварные предприятия, такие как личные подсобные и крестьянско-фермерские хозяйства приходится не более 7 % производимой продукции [15].

Систематическое сокращение объемов производства хозяйств населения наблюдается ввиду отсутствия наукоемких технико-технологических и планировочных решений производственных помещений, следствием чего являются высокие трудозатраты, необходимые для выполнения основных производственных процессов, таких как кормление, поение, пометоудаление, а также организация оптимального микроклимата на протяжении всего цикла выращивания птицы. Большой процент ручного труда способствует увеличению процента стрессовых ситуаций, что приводит к снижению продуктивности, а также увеличению падежа птицы.

Совокупность приведенных факторов увеличивает себестоимость готовой продукции, делая мелкотоварные предприятия неконкурентными в ценовом сегменте, что, в свою очередь, приводит к их закрытию. Сокращение количества личных подсобных и крестьянско-фермерских хозяйств пагубно сказывается на социально-демографической ситуации сельских

территорий, так как в большинстве случаев они являются основным источником дохода фермеров. Исходя из этого можно сделать вывод о том, что мелкотоварные предприятия являются важной частью аграрной экономики страны. Для их дальнейшего развития необходима разработка технико-технологических решений, обеспечивающих полноценное использование генетического потенциала птиц и снижение себестоимости производимой продукции.

На сегодняшний день в мире все большую популярность приобретают мобильные птичники модульного типа, данные технологические решения активно внедряются в Австрии и Австралии [16, 17].

Представленные модульные птичники предназначены для содержания кур-несушек с возможностью их свободного выгула. Но наиболее выгодным видом деятельности для фермера является выращивание цыплят-бройлеров для получения мяса ввиду минимизации затрат на проведение ветеринарно-санитарного обслуживания, большого количества производственных циклов в год, а также низкого процента падежа птицы, не превышающего 5 % [18].

Учитывая мировые тенденции на разработку мобильных птичников модульного типа, а также эффективность выращивания птицы на мясо, авторами статьи был разработан и изготовлен опытный образец модуля для откорма цыплят-бройлеров (рис. 2) [19].

Плотность посадки поголовья, производственная годовая мощность, а также количество птиц, содержащееся в модуле одновременно, определяется согласно рекомендациям к проектированию птицеводческих предприятий [20].

Целью данного исследования являлось определение продуктивности цыплят-бройлеров в разработанном технологическом модуле, а также основных производственных издержек, таких как затраты корма, воды, электроэнергии, трудозатрат, выход помета, с дальнейшим сопоставлением полученных данных с показателями крупных птицеводческих предприятий. На основании проведенных исследований будут сформированы рекомендации по внедрению разработанного технологического модуля в производство на мелкотоварных птицеводческих предприятиях для обеспечения повышения их эффективности.



Рис. 2. Опытный образец модуля для откорма цыплят-бройлеров
Experimental model of a module for fattening broiler chickens

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Характеристика модуля для откорма цыплят-бройлеров

Модуль представляет собой мобильный блок-контейнер, габаритными размерами $6 \times 2,5 \times 3,2$ м, каркас которого сделан из профильной трубы, позволяющей выполнить утепление без образования мостиков холода. Внутренняя обшивка модуля выполнена из антикоррозийных материалов, позволяющих производить дезинфекцию модуля после каждого производственного цикла. С наружной стороны в качестве обшивки применен оцинкованный профилированный лист.

Технология предусматривает содержание одновозрастных птиц с применением частичной механизации и автоматизации основных производственных процессов.

Для максимально полного использования производственной площади в модуле применяется клеточный способ содержания птицы на сетчатом настиле без применения подстилки (рис. 3) [21, 22].

Бесподстильное содержание птицы позволяет предотвратить дерматит подушечек ног, ожог скакательных суставов, загрязнение оперения, а также благоприятно сказывается на производственных показателях [23–25].

Для кормления птицы предусмотрены бункерные кормушки (с возможностью изменения их высоты в зависимости от возраста птицы) из расчета по фронту кормления 2,5 см на голову (рис. 4) [20].

Данный тип кормушек позволяет сократить потери кормов, а также более рационально использовать площадь клеточной батареи за счет возможности расположения бройлеров под кормушкой [26].



Рис. 3. Клеточная батарея для содержания бройлеров в модуле для откорма
Battery cage for keeping broilers in a fattening module



Рис. 4. Система кормления и поения бройлеров в модуле для откорма
Feeding and watering system for broilers in a fattening module

Для поения птицы в модуле применяется nipple-система с использованием микро-чашечных поилок. Это обеспечивает низкий уровень бактериальной обсемененности, а также сокращение потерь воды [27]. Линии nipple-поилок каждого яруса клеточной батареи выполнены с возможностью подъема для организации оптимальной высоты поения птицы в зависимости от ее возраста.

Для поддержания оптимальной температуры в модуле применялись электрические инфракрасные обогреватели. Данная система обогрева обладает рядом преимуществ, таких как высокий КПД (порядка 98 %) ввиду передачи тепла непосредственно обогреваемой поверхности и птице, отсутствие сжигания кислорода, а также высушивания воздуха производственного помещения, возможность локального обогрева, поддержание заданной температуры в автоматическом режиме [28, 29].

Недостатком инфракрасных обогревателей является необходимость удаления продуктов сгорания из газоотводного канала. В модуле данная проблема решена благодаря использованию темных инфракрасных обогревателей, у которых температура горения значительно ниже (350–400 °С) и излучающая поверхность выполнена из жаропрочной стали, что исключает прогорание [30].

Всего в модуле установлено шесть обогревателей данного типа, по два на каждом ярусе клеточной батареи. Поддержание температуры осуществляется в автоматическом режиме по заданной температуре на терморегуляторе, которая изменяется оператором в зависимости от возраста птицы.

Для организации притока свежего и удаления отработанного воздуха в модуле реализована система вентиляции тоннельного типа, включающая приточные окна, коробка для подогрева поступающего воздуха и вытяжные вентиляторы. Использование данной системы вентиляции обусловлено более высокой сохранностью поголовья, среднесуточными привесами, а также большей живой массой птицы при снятии на убой в сравнении с системой вентиляции со схемой потока воздуха сверху вниз [31, 32].

Всего в модуле установлено шесть вентиляторов, они расположены попарно на каждом ярусе клеточной батареи, с обеспечением максимального воздухообмена в объеме 5400 м³/ч. Ранее проведенные исследования показывают, что применяемая система способна обеспечить воздухообмен с оптимальными параметрами на всем протяжении производственного цикла откорма цыплят-бройлеров [33, 34].

Для сбора помета в модуле под каждым ярусом клеточной батареи установлены поддоны, после заполнения которых производится их выемка и очистка.

Для освещения в модуле предусмотрены как естественные, так и искусственные источники света. Для естественного освещения производственного помещения используются два окна, размер которых рассчитан согласно методическим рекомендациям [20]. В качестве искусственных источников света применены светодиодные светильники ввиду их экономичности, длительного срока службы и экологической безопасности [35].

Определение основных технологических параметров

В период проведения исследований был применен метод пассивного эксперимента, включающий в себя определение среднесуточных привесов бройлеров, определение коэффициента конверсии корма, затрат труда, электроэнергии, воды для набора птицей килограмма живого веса.

Коэффициент конверсии корма K определялся как отношение общего количества потребленного корма к общему приросту живой массы бройлеров за цикл откорма:

$$K = \frac{G_{o.ц.}}{\Delta M}, \quad (1)$$

– где $G_{o.ц.}$ – общее потребление кормов за цикл, кг; ΔM – прирост живой массы бройлеров, кг.

Прирост живой массы определялся как разность общей живой массы бройлеров при снятии на убой и общей живой массы бройлеров при постановке на откорм:

$$\Delta M = M_{к.о} - M_{н.о}, \quad (2)$$

– где $M_{к.о}$ – общая живая масса птицы при снятии на убой, кг; $M_{н.о}$ – общая живая масса птицы при постановке на откорм, кг.

Общая живая масса при снятии бройлеров на убой есть произведение количества бройлеров, снятых на убой, на среднюю живую массу птиц при убое:

$$M_{к.о} = n_{к.о} \cdot \bar{m}_к, \quad (3)$$

– где $n_{к.о}$ – количество бройлеров, снятых на убой, шт.; $\bar{m}_к$ – средняя живая масса бройлеров при снятии на убой, кг.

Общая живая масса при постановке бройлеров на откорм есть произведение количества бройлеров, поставленных на откорм, на среднюю живую массу суточных цыплят:

$$M_{н.о} = n_{н.о} \cdot \bar{m}_н, \quad (4)$$

– где $n_{н.о}$ – количество суточных цыплят, поставленных на откорм, шт.; $\bar{m}_н$ – средняя живая масса цыпленка при постановке на откорм, кг.

Также определен процент падежа бройлеров за откормочный цикл η :

$$\eta = \frac{\Delta n \cdot 100}{n_{н.о}}, \quad (5)$$

– где Δn – разница между количеством бройлеров, поставленных на откорм, с количеством птицы, снятом на убой, шт.

Общее потребление корма определялось исходя из посуточного взвешивания корма в каждой кормушке с ее наполнением на равную величину для организации кормления вволю.

Для определения массы цыплят при постановке на откорм и снятии на убой, а также среднесуточных привесов была отобрана контрольная группа (десять голов на каждом ярусе), взвешивание которой осуществлялось каждый день на протяжении цикла откорма.

Для определения количества воды, потребляемой бройлерами за откормочный цикл, в модуле установлен водомерный счетчик. Поступление воды в поилки каждого яруса клеточной батареи осуществляется из бака, первая заправка которого производится до постановки бройлеров на откорм, а все последующие по мере достижения воды в баке минимального уровня, за счет чего обеспечивается бесперебойное поение птицы.

Исходя из общего водопотребления было определено количество воды, необходимое бройлерам каждые сутки откормочного цикла:

$$Q_c = \frac{Q_o}{T}, \quad (6)$$

– где Q_o – затраты воды за цикл откорма, л; Q_c – среднесуточные затраты воды, л/сут; T – продолжительность откормочного цикла, сут.

Определено среднесуточное количество воды, необходимое одному бройлеру:

$$Q_{с.г} = \frac{Q_c}{n}, \quad (7)$$

где $Q_{с.г}$ – среднесуточное потребление воды одним бройлером, л/сут.

Исходя из экспериментально полученных значений среднесуточных привесов и определенных среднесуточных затрат воды одним бройлером, определено количество воды, необходимое для набора бройлером одного килограмма живого веса:

$$Q_{кг} = \frac{Q_{с.г}}{\Delta m}, \quad (8)$$

– где $Q_{кг}$ – затраты воды, необходимые для набора одного килограмма живого веса, л/кг; Δm – среднесуточные привесы одного бройлера, кг.

Контроль потребления электроэнергии осуществлялся электросчетчиком, расположенным в щите управления.

Расход электроэнергии в модуле осуществлялся на обогрев птицы, работу вытяжных вентиляторов, а также на освещение производственного помещения.

По аналогии с определением количества воды определены затраты электроэнергии, необходимые для набора бройлером килограмма живого веса. Выражение для определения, количества электроэнергии для набора бройлером одного килограмма живого веса имеет вид:

$$E_{кг} = \frac{E_{с.г}}{\Delta m}, \quad (9)$$

– где $E_{кг}$ – затраты электроэнергии для набора килограмма живого веса, кВт; $E_{с.г}$ – среднесуточные затраты электроэнергии на одного бройлера, кВт.

Количество помета, полученное за цикл откорма бройлеров, определялось регулярным взвешиванием при выемке поддонов.

Исследованиями предусматривалось определение трудозатрат, необходимых для обслуживания бройлеров за откормочный цикл.

Хронометраж рабочего времени определялся при помощи секундомера, включение которого осуществлялось при входе в модуль, а отключение – при выходе после завершения выполнения всех операций (пополнение кормушек, заправка бака водой, чистка поддонов и т.д.).

Исходя из полученных данных определены среднесуточные затраты труда, приходящиеся на одного бройлера, а также трудозатраты, необходимые для набора бройлером килограмма живого веса:

$$T_{кг} = \frac{T_{с.г}}{\Delta m}, \quad (10)$$

– где $T_{кг}$ – затраты труда для набора бройлером килограмма живого веса, чел.ч/кг; $T_{с.г}$ – среднесуточные затраты труда на обслуживание одного бройлера, чел.ч.

Контроль параметров микроклимата в модуле, таких как температура, влажность, содержание углекислого газа и аммиака осуществлялся с помощью переносного измерительного комплекса ПИК-4, принцип и эффективность работы которого описаны в ранее опубликованных работах [37].

Методикой предусматривалось расположение измерительного комплекса на каждом ярусе клеточной батареи с регулярным перемещением по контрольным точкам для получения объективных данных состояния микроклимата в каждой зоне яруса.

Также определялись статистические параметры, такие как среднее значение, стандартная ошибка среднего значения, коэффициент вариации, по показателям потребления корма и воды, затрат электроэнергии и труда за время проведения исследований [38].

Коэффициент вариации CV определялся по формуле

$$CV = \frac{\sigma}{M(x)} \cdot 100, \quad (11)$$

– где σ – среднеквадратичное отклонение случайной величины; $M(x)$ – ожидаемое (среднее) значение случайной величины.

Для определения среднеквадратичного отклонения использовалась формула

$$\sigma = \sqrt{D}, \quad (12)$$

– где D – дисперсия случайной величины.

Дисперсией случайной величины является математическое ожидание квадрата отклонения случайной величины от ее математического ожидания, рассчитывается по формуле

$$D = M(x^2) - [M(x)]^2, \quad (13)$$

– где $M(x)$ – математическое ожидание случайной величины.

Математическое ожидание дискретной случайной величины рассчитывают как сумму произведений всех ее возможных значений на их вероятности:

$$M(x) = x_1 \cdot p_1 + x_2 \cdot p_2 + \dots + x_n \cdot p_n, \quad (14)$$

– где x – значение случайной величины; p – вероятность случайной величины.

Стандартная ошибка среднего значения SE определялась по формуле

$$SE = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}, \quad (15)$$

где n – объем выборки.

Определение доверительных границ полученных результатов M осуществлялось по формуле

$$M = M(x) \pm t \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}}, \quad (16)$$

– где t – критерий достоверности, определяемый по таблице М.А. Плохинского с учетом вероятности безошибочного прогноза $P = 95 \%$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Согласно методике проведения эксперимента определено общее потребление корма бройлерами, падеж птицы, среднесуточные привесы контрольной группы бройлеров. Полученные показатели приведены в табл. 1.

Таблица 1

Показатели общего потребления корма, среднесуточных привесов и падежа бройлеров за цикл откорма в модуле
Indicators of total feed consumption, average daily weight gain and mortality of broilers during the fattening cycle in the module

| Дата | Общее потребление корма, г | Падеж, гол. | Потребление корма одним бройлером, г | Средний вес бройлеров контрольной группы, г |
|------------|----------------------------|-------------|--------------------------------------|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 18.02.2022 | 1554 | 0 | 4,44 | 57 |
| 19.02.2022 | 3874 | 0 | 11,07 | 68 |
| 20.02.2022 | 5110 | 0 | 14,6 | 84 |
| 21.02.2022 | 6055 | 0 | 17,3 | 93 |
| 22.02.2022 | 9187 | 0 | 26,25 | 112 |
| 23.02.2022 | 10330 | 1 | 29,6 | 148 |
| 24.02.2022 | 10089 | 1 | 28,99 | 186 |
| 25.02.2022 | 14158 | 1 | 40,8 | 214 |
| 26.02.2022 | 14418 | 0 | 41,55 | 235 |
| 27.02.2022 | 18148 | 0 | 52,3 | 267 |
| 28.02.2022 | 16861 | 1 | 48,73 | 274 |
| 01.03.2022 | 22085 | 0 | 63,83 | 346 |
| 02.03.2022 | 21885 | 0 | 63,25 | 393 |
| 03.03.2022 | 25432 | 2 | 73,93 | 439 |
| 04.03.2022 | 30561 | 0 | 88,84 | 507 |
| 05.03.2022 | 27038 | 0 | 78,6 | 553 |
| 06.03.2022 | 33127 | 0 | 96,3 | 613 |
| 07.03.2022 | 33519 | 2 | 98,01 | 682 |
| 08.03.2022 | 30110 | 1 | 88,3 | 688 |
| 09.03.2022 | 31736 | 1 | 93,34 | 746 |
| 10.03.2022 | 32442 | 1 | 95,7 | 827 |
| 11.03.2022 | 32646 | 0 | 96,3 | 890 |
| 12.03.2022 | 39289 | 1 | 116,24 | 938 |
| 13.03.2022 | 40305 | 1 | 119,6 | 984 |
| 14.03.2022 | 42970 | 4 | 129,04 | 1080 |
| 15.03.2022 | 43790 | 0 | 131,5 | 1153 |
| 16.03.2022 | 46546 | 1 | 140,2 | 1221 |
| 17.03.2022 | 48756 | 1 | 147,3 | 1352 |
| 18.03.2022 | 53555 | 0 | 161,8 | 1467 |
| 19.03.2022 | 55178 | 0 | 166,7 | 1544 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|------------|-------|---|--------|------|
| 20.03.2022 | 44283 | 2 | 134,6 | 1603 |
| 21.03.2022 | 45928 | 0 | 139,6 | 1700 |
| 22.03.2022 | 46369 | 2 | 141,8 | 1784 |
| 23.03.2022 | 57889 | 0 | 177,03 | 1802 |
| 24.03.2022 | 51280 | 1 | 157,3 | 1872 |
| 25.03.2022 | 57265 | 1 | 176,2 | 1956 |
| 26.03.2022 | 63635 | 0 | 195,8 | 2058 |
| 27.03.2022 | 58760 | 0 | 180,8 | 2198 |
| 28.03.2022 | 59573 | 0 | 183,3 | 2286 |
| 29.03.2022 | 70070 | 0 | 215,6 | 2393 |
| 30.03.2022 | 63278 | 0 | 194,7 | 2578 |
| 31.03.2022 | 64318 | 0 | 197,9 | 2796 |

Исходя из полученных данных определено общее количество корма, затраченное за один производственный цикл в модуле, составившее 1483,402 кг. Также определен прирост живой

массы бройлеров, составивший 888,75 килограмм.

Показатели расхода воды, электроэнергии, а также трудозатрат приведены в табл. 2.

Таблица 2

Показатели общих затрат воды, электроэнергии, труда за откормочный цикл в модуле
Indicators of total costs of water, electricity, labor for the fattening cycle in the module

| Дата | Общие затраты воды, л | Общие затраты электроэнергии, кВт | Общие затраты труда, чел.ч |
|------------|-----------------------|-----------------------------------|----------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 18.02.2022 | 200 | 71 | 1,6 |
| 19.02.2022 | 0 | 72 | 0,5 |
| 20.02.2022 | 0 | 69 | 0,61 |
| 21.02.2022 | 0 | 61 | 0,53 |
| 22.02.2022 | 62 | 62 | 1,43 |
| 23.02.2022 | 0 | 78 | 0,67 |
| 24.02.2022 | 0 | 64 | 0,61 |
| 25.02.2022 | 60 | 78 | 0,88 |
| 26.02.2022 | 0 | 67 | 0,63 |
| 27.02.2022 | 0 | 52 | 0,57 |
| 28.02.2022 | 66 | 47 | 0,91 |
| 01.03.2022 | 0 | 40 | 0,63 |
| 02.03.2022 | 120 | 33 | 0,97 |
| 03.03.2022 | 0 | 58 | 0,7 |
| 04.03.2022 | 0 | 31 | 0,68 |
| 05.03.2022 | 80 | 38 | 1,65 |
| 06.03.2022 | 0 | 36 | 0,61 |
| 07.03.2022 | 164 | 16 | 2,38 |
| 08.03.2022 | 0 | 34 | 0,67 |
| 09.03.2022 | 156 | 31 | 0,95 |

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|------------|-----|-----|------|
| 10.03.2022 | 0 | 29 | 0,77 |
| 11.03.2022 | 146 | 13 | 0,97 |
| 12.03.2022 | 0 | 12 | 0,63 |
| 13.03.2022 | 148 | 76 | 1,03 |
| 14.03.2022 | 0 | 82 | 0,8 |
| 15.03.2022 | 143 | 85 | 2,13 |
| 16.03.2022 | 171 | 85 | 1,2 |
| 17.03.2022 | 178 | 78 | 1,13 |
| 18.03.2022 | 117 | 80 | 1,06 |
| 19.03.2022 | 110 | 81 | 1,05 |
| 20.03.2022 | 87 | 98 | 0,96 |
| 21.03.2022 | 116 | 65 | 1,22 |
| 22.03.2022 | 76 | 83 | 0,98 |
| 23.03.2022 | 113 | 85 | 1,27 |
| 24.03.2022 | 105 | 100 | 1,16 |
| 25.03.2022 | 109 | 98 | 2,43 |
| 26.03.2022 | 114 | 73 | 1,33 |
| 27.03.2022 | 105 | 95 | 1,23 |
| 28.03.2022 | 109 | 93 | 1,36 |
| 29.03.2022 | 120 | 91 | 1,43 |
| 30.03.2022 | 114 | 97 | 1,47 |
| 31.03.2022 | 129 | 108 | 2,6 |

Согласно полученным данным было определено общее количество воды, электроэнергии и трудозатрат за откормочный цикл: 3218 л, 2745 кВт/ч и 46,39 чел.ч соответственно.

За откормочный цикл выемка поддонов для сбора помета осуществлялась пять раз.

В табл. 3 приведены показатели общего количества помета, полученного за цикл откорма, среднесуточного количества помета, полученного от всего поголовья, а также среднесуточного количества помета, приходящегося на одного бройлера.

Таблица 3

Показатели выхода помета за цикл откорма бройлеров в модуле
Indicators of litter output during the broiler fattening cycle in the module

| Дата | Общие выход помета, г | Среднесуточный выход помета, г | Среднесуточный выход помета приходящийся на одного бройлера, г |
|------------|-----------------------|--------------------------------|--|
| 22.02.2022 | 8425 | 29786,4 | 85,1 |
| 5.03.2022 | 158720 | | |
| 15.03.2022 | 331670 | | |
| 25.03.2022 | 377680 | | |
| 31.03.2022 | 374535 | | |
| Итого: | | 1251030 | |

В табл. 4 приведены показатели среднесуточных значений потребления корма и воды, а также затрат электроэнергии и труда за цикл

проведения исследований с определением статистической ошибки, коэффициента вариации, а также доверительного интервала.

Таблица 4

Показатели среднесуточных значений потребления корма, воды, затрат электроэнергии и труда за цикл проведения исследований
Average daily feed, water, energy and labor consumption during the research cycle

| Показатель | Среднесуточное потребление корма, кг | Среднесуточное потребление воды, л | Среднесуточные затраты электроэнергии, кВт*ч | Среднесуточные затраты труда, чел.ч |
|--------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|--|-------------------------------------|
| Среднее значение | 35,32 | 76,62 | 65,4 | 1,11 |
| Стандартная ошибка среднего значения | 2,95 | 9,8 | 3,9 | 0,08 |
| Коэф. вариации, % | 54,4 | 83 | 39 | 46 |
| Доверительный интервал | 29,42–41,22* | 57,02–96,22* | 57,6–73,2* | 0,95–1,27* |

Примечание. * – достоверно с учетом вероятности безошибочного прогноза (P = 95 %).

Определение параметров микроклимата, предусмотренных методикой, осуществлялось с итерацией в десять минут. Используемый измерительный комплекс предусматривает определение концентрации аммиака в миллионных долях (parts per million – ppm), для

удобства сопоставления полученных данных с нормативными величинами осуществлялась конвертация показателя к единице измерения мг/м³ [39]. В табл. 5 приведены среднесуточные показатели контролируемых параметров микроклимата.

Таблица 5

Среднесуточные показатели температуры, влажности, концентрации аммиака и углекислого газа за цикл откорма бройлеров в модуле
Average daily temperature, humidity, ammonia and carbon dioxide concentrations during the broiler fattening cycle in the module

| Дата | Температура, °C | Влажность, % | Концентрация аммиака NH ₃ , мг/м ³ | Концентрация углекислого газа CO ₂ , мг/м ³ |
|------------|-----------------|--------------|--|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 18.02.2022 | 31,9 | 24,1 | 0,07467 | 1025,5 |
| 19.02.2022 | 32,2 | 28,6 | 0,33602 | 1287,4 |
| 20.02.2022 | 32,3 | 29,4 | 0,28002 | 1428,9 |
| 21.02.2022 | 32,14 | 35,14 | 0,70938 | 1720,5 |
| 22.02.2022 | 32,06 | 38,7 | 1,08896 | 1950,6 |
| 23.02.2022 | 32,6 | 41,9 | 1,1823 | 2226,1 |
| 24.02.2022 | 31,9 | 41,8 | 1,1823 | 2170,5 |
| 25.02.2022 | 31,5 | 42,9 | 1,72989 | 2154,2 |
| 26.02.2022 | 30,13 | 54,13 | 2,49527 | 2989,7 |
| 27.02.2022 | 28,3 | 59,9 | 2,80018 | 3694,16 |
| 28.02.2022 | 27,5 | 62,3 | 3,1922 | 3660,9 |
| 01.03.2022 | 27,3 | 63,7 | 3,60912 | 4284,5 |
| 02.03.2022 | 25,2 | 55,8 | 2,92463 | 3393,01 |
| 03.03.2022 | 27,9 | 65,14 | 5,23322 | 4104 |
| 04.03.2022 | 26,4 | 58,03 | 4,79142 | 3878,3 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|------------|------|-------|----------|---------|
| 05.03.2022 | 26,1 | 63,3 | 5,28923 | 5253,9 |
| 06.03.2022 | 26,7 | 69,8 | 2,86241 | 4127,1 |
| 07.03.2022 | 25,8 | 71,1 | 3,67135 | 3485,7 |
| 08.03.2022 | 26,1 | 69,5 | 8,23253 | 5165,8 |
| 09.03.2022 | 26,2 | 68,9 | 12,56969 | 5192,1 |
| 10.03.2022 | 25,6 | 66,5 | 9,39616 | 5531,8 |
| 11.03.2022 | 25,1 | 70,9 | 11,94743 | 4397,7 |
| 12.03.2022 | 24,8 | 60,5 | 10,2051 | 3081,3 |
| 13.03.2022 | 21,5 | 40,5 | 1,38142 | 1606,8 |
| 14.03.2022 | 21,1 | 40,7 | 0,60359 | 1639,7 |
| 15.03.2022 | 20,9 | 37,3 | 0,59737 | 1549,7 |
| 16.03.2022 | 21,1 | 35,2 | – | 1621,2 |
| 17.03.2022 | 21,4 | 35,5 | – | 1772,4 |
| 18.03.2022 | 21,7 | 34,5 | – | 1773,01 |
| 19.03.2022 | 22,5 | 40,02 | – | 1841,4 |
| 20.03.2022 | 23,2 | 38,2 | 0,06845 | 1718,8 |
| 21.03.2022 | 23,7 | 33,8 | 0,17423 | 1674,1 |
| 22.03.2022 | 22,9 | 35,6 | 0,2738 | 1635,01 |
| 23.03.2022 | 19,4 | 37,6 | 0,06845 | 1512,4 |
| 24.03.2022 | 17,4 | 42,14 | 0,31113 | 1379,5 |
| 25.03.2022 | 17,2 | 41,3 | 0,14934 | 1359,6 |
| 26.03.2022 | 16,8 | 41,5 | 0,16801 | 1376,3 |
| 27.03.2022 | 16,9 | 40,5 | 0,09956 | 1397,4 |
| 28.03.2022 | 16,6 | 41,2 | 0,11201 | 1402,3 |
| 29.03.2022 | 16,8 | 40,9 | 0,11823 | 1398,6 |
| 30.03.2022 | 16,5 | 39,8 | 0,056 | 1384,8 |
| 31.03.2022 | 16,6 | 39,6 | 0,06223 | 1394,7 |

Продолжительность откормочного цикла в модуле составляла 42 дня. Единовременно на откорм было поставлено 350 бройлеров. В год в модуле может быть проведено восемь откормочных циклов, т. е. его годовая производственная мощность составляет 2800 голов.

Технология предусматривает безвыгульное содержание птицы, средний вес суточного бройлера при постановке на откорм составил 0,057 кг, средний живой вес птицы при снятии на убой составил 2,796 кг, что соответствует проводимым ранее исследованиям на предприятиях различной производственной мощности [40–42].

Анализ опубликованных работ по содержанию и выращиванию бройлеров на предприя-

тиях различного типоразмера позволил сделать вывод о том, что коэффициент конверсии корма в промежутке с 1992 по 2019 г. сократился с 2,15 до 1,6 [43–46].

Согласно полученным данным по общему потреблению корма и приросту живой массы были использованы выражения (1) – (4), приведенные в методике проведения исследований, был определен коэффициент конверсии корма в модуле, составивший 1,66, что сопоставимо с показателями крупных птицефабрик и комплексов и превосходит аналогичный показатель мелкотоварных предприятий. Процент падежа бройлеров определялся по выражению (5) и составил 7,14 %.

Обеспечение бройлеров необходимым количеством чистой воды является одной из важнейших задач для достижения максимальной продуктивности птицы.

В модуле организован беспрепятственный круглосуточный доступ бройлеров к воде, подаваемой в микрочашечные поилки с каплеуловителем, обеспечивающим минимизацию потерь, а также предотвращающим попадание воды в поддоны для сбора помета.

Согласно полученным данным по общему потреблению воды бройлерами за цикл откорма с использованием выражений (6), (7) определено среднесуточное потребление воды в модуле всем поголовьем – 76,61 л, а также среднесуточное количество воды, приходящееся на одну птицу, – 0,22 л. Эти показатели соответствуют рекомендациям к проектированию птицеводческих предприятий, а также проведенным ранее исследованиям [20, 47].

На основе определенных выше показателей по выражению (8) определено количество воды, необходимое для набора бройлером одного килограмма живого веса, – 3,4 л/кг.

Потребителями электроэнергии в модуле являются диодные светильники, вытяжные вентиляторы, а также инфракрасные обогреватели.

Мощность диодных светильников составляет по 12 Вт. Первые двадцать дней светильники работают в круглосуточном режиме для стимуляции повышенной активности бройлеров, большего потребления корма и воды, что способствует набору массы. Весь последующий период содержания режим работы светильников составляет по двенадцать часов в сутки.

Мощность каждого из вытяжных вентиляторов (ВО-2,5-4Е) составляет по 16 Вт. Включение вентиляторов осуществляется попарно в зависимости от необходимого воздухообмена, зависящего от периода года и общей массы птицы.

Оптимальный температурный режим в модуле достигается и поддерживается инфракрасными обогревателями, мощность каждого из которых составляет по 800 Вт. Поддержание температуры осуществляется в автоматическом режиме с заданным оператором значением на терморегуляторе.

Всего за откормочный цикл было затрачено 2745 кВт/ч электроэнергии. Исходя из чего

определено количество электроэнергии, расходуемое каждые сутки, – 65,4 кВт/ч, а также количество электроэнергии, приходящееся на одного бройлера, составляющее 0,19 кВт/ч. По выражению (9) определено количество электроэнергии, необходимое для набора бройлером килограмма живого веса, – 3,22 кВт/ч.

Затраты труда в модуле приходились на постановку бройлеров на откорм, снятию их на убой, загрузку кормов, заправку воды, очистку поддонов от помета, включение вытяжных вентиляторов и т.д.

Сопоставляя данные, приведенные в табл. 2 и 3, видим, что наибольшие затраты труда были зафиксированы в дни осуществления очистки поддонов для сбора помета. Исходя из этого был сделан вывод о целесообразности автоматизации данного процесса посредством установки под каждый ярус клеточной батареи пометоуборочных транспортеров, оборудованных электродвигателем.

Общие затраты труда за производственный цикл в модуле составили 46,39 чел.ч, среднесуточные трудозатраты – 1,11 чел.ч. По выражению (10) определены затраты труда, необходимые для набора бройлерами одного килограмма живого веса, – 0,051 чел.ч.

Всего за производственный цикл в модуле получили 1251 кг помета, среднесуточный выход составил 85,1 г на голову, что значительно меньше нормативного показателя, составляющего 135 г на голову в сутки [48]. При учете того, что потребление корма и воды бройлерами было сопоставимо с нормативными показателями, можно сделать вывод о том, что во время проведения исследований данные ресурсы птицей усваивались более эффективно.

Исходя из полученных данных и приведенной методики расчета с использованием выражений (6) – (10) были определены среднесуточные затраты воды в модуле, среднесуточное потребление электроэнергии, а также среднесуточные затраты труда, составляющие 76,62 л, 65,4 кВт и 1,11 чел.ч соответственно. На основе полученных значений аналогичные параметры были определены для одного бройлера.

Создание оптимального микроклимата и поддержание его основных показателей, таких как температура, влажность, концентрация вредных газов, внутри производственного помещения

являются важными задачами для любого птицеводческого предприятия.

Согласно полученным данным (см. табл. 5) концентрация вредных газов, таких как аммиак и углекислый газ не превышала предельно допустимой концентрации даже при выключенной системе вентиляции с 1-го по 23-й день откорма. При включении вентиляционной системы с 24-го по 42-й день концентрация указанных газов находилась на минимальных значениях, в связи с чем можно сделать вывод об эффективности реализованной в технологическом модуле механической системе вентиляции тоннельного типа [20, 49].

Показатели температуры в технологическом модуле за весь цикл откорма изменялись от 32 до 16 °С, что также соответствует нормам. Единственным показателем, не соответствовавшим нормативному значению, являлась относительная влажность, среднее значение которой составило 47,09 %. В этой связи можно сделать вывод о необходимости дополнительного увлажнения внутреннего воздуха технологического модуля.

ВЫВОДЫ

1. В результате проведенных исследований был определен коэффициент конверсии корма при выращивании бройлеров в технологическом модуле, составивший 1,66, что сопоставимо с показателями крупных птицефабрик и комплексов.

2. Определены затраты воды, труда и электроэнергии, необходимые для набора бройлером килограмма живой массы, – 3,4 л/кг, 0,051 чел.ч и 3,22 кВт/ч соответственно.

3. Определено, что фактический среднесуточный выход помета от одного бройлера составил 85 г, что значительно меньше нормативного показателя – 135 г, а при учете полученных данных по потреблению корма и воды,

соответствующих нормативным показателям, сделан вывод о более эффективном усваивании данных ресурсов птицей при выращивании в технологическом модуле.

4. Температура в технологическом модуле изменялась в зависимости от возраста птицы и находилась в диапазоне от 16,5 до 32,3 °С, что сопоставимо с нормативными показателями.

5. Среднее значение влажности воздуха в технологическом модуле составило 47,6 %, что значительно ниже нормативного показателя в 65 %. На основании этого был сделан вывод о необходимости дополнительного увлажнения воздуха.

6. Концентрация аммиака NH_3 и углекислого газа CO_2 находилась в диапазоне 0,056–12,57 мг/м³ и 1025–5531,8 мг/м³ соответственно, что не превышает предельно допустимых значений. Максимальная концентрация данных газов была зафиксирована при отключенной системе вентиляции с 1-го по 23-й день производственного цикла. Включение системы вентиляции обеспечило снижение содержания NH_3 и CO_2 до минимальных значений. На основании этого был сделан вывод об эффективности реализованной в модуле тоннельной системы вентиляции.

7. Полученные технико-экономические показатели сопоставимы с аналогичными показателями крупных птицеводческих предприятий и значительно превосходят показатели малых ферм, что позволяет сделать вывод о целесообразности применения технологических модулей для повышения эффективности производства мелкотоварных птицеводческих предприятий.

8. Исходя из полученных данных наиболее трудоемким является процесс уборки помета, в связи с этим был сделан вывод о необходимости его механизации путем оборудования клеточной батареи транспортерами с электродвигателями.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Птицеводство*. Термины и определения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200022980> (дата обращения: 02.05.2023).
2. *Бобылева Г.А.* Российское птицеводство: вызовы 2020 года, проблемы и перспективы 2021 года // *Птицеводство*. – 2021. – № 2. – С. 4–9.
3. *Быкова Н.В.* Значение отрасли птицеводства в обеспечении продовольственной безопасности // *Вестник АПК Верхневолжья*. – 2018. – № 1 (41). – С. 67–71.

4. Мартынова Е.И. Росптицесоюз: итоги 2020 г. подведены и новые цели обозначены // Птица и птицепродукты. – 2021. – № 1. – С. 6–7.
5. Ройтер Л.М., Еремеева Н.А., Павлов И.М. Рыночный потенциал мяса птицы // Экономика сельского хозяйства России. – 2020. – № 3. – С. 69–79.
6. Фисинин В.И. Мировое и российское птицеводство: реалии и вызовы будущего: монография. – М.: Хлебпродинформ, 2019. – 470 с.
7. Кравченко В. Россия наращивает объемы мяса птицы // Животноводство России. – 2022. – № 12. – С. 19–22.
8. АБ Центр. О производстве мяса в России, предварительные итоги за 2022 год [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ab-centre.ru/news/o-proizvodstve-myasa-v-rossii-predvaritelnye-ito-gi-za-2022-god> (дата обращения: 02.05.2023).
9. Кротова Н.Ю., Лаврентьев А.Ю., Шерне В.С. Повышение эффективности выращивания цыплят-бройлеров // Аграрная наука. – 2019. – № 10. – С. 36–39. – DOI: 10.32634/0869-8155-2019-332-9-36-39.
10. Аprobация кормовых программ для цыплят-бройлеров / В.И. Трухачев, Н.З. Злыднев, Е.Э. Епимахова, А.В. Врана // Вестник АПК Ставрополя. – 2013. – № 2 (10). – С. 84–87.
11. Егорова А. Приемы повышения продуктивности бройлеров // Животноводство России. – 2007. – № 3. – С. 15–16.
12. Evaluation of the impact of alternative light technology on male broiler chicken growth, feed conversion, and allometric characteristics / Allison G. Rogers, Elizabeth M. Pritchett, Robert L. Alphin [et al.] // Poultry Science. – 2015. – Vol. 94, Is. 3. – P. 408–414.
13. Reece F.N., Lott D. Effect of Carbon Dioxide on Broiler Chicken Performance // Poultry Science. – 1980. – Vol. 59, Is. 11. – P. 2400–2402.
14. Performance and Intestinal Mucosa Development of Broiler Chickens Fed Diets Containing *Saccharomyces cerevisiae* Cell Wall / E. Santin, A. Maiorka, M. Macari [et al.] // Journal of Applied Poultry Research. – 2001. – Vol. 10, Is. 3. – P. 236–244. – DOI: <https://doi.org/10.1093/japr/10.3.236>.
15. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://rosstat.gov.ru/enterprise_economy (дата обращения: 02.05.2023).
16. Steiner automation - a safe investment for your chickens [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.steiner-automation.at/en/portfolio/5034/> (дата обращения: 02.05.2023).
17. Chicken Caravan. Commercial Chicken Farming [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://chickencaravan.com/commercial-chicken-farming/> (дата обращения: 02.05.2023).
18. Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. О нормах расходов в виде потерь от падежа птицы и животных [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/902166717> (дата обращения: 02.05.2023).
19. Модульная птицеферма: патент RU 166027 U1 / Плаксин И.Е., Трифанов А.В.; заявл. № 2016113179/13 от 06.04.2016; опубл. 10.11.2016.
20. РД-АПК 1.10.05.04-13 Методические рекомендации по технологическому проектированию птицеводческих предприятий.
21. В клетке или на полу? / В. Лукьянов [и др.] // Птицеводство. – 2007. – № 2. – С. 3–12.
22. Фисинин В., Кавтарашвили А. Наука и практика за клеточную технологию // Животноводство России. – 2009. – № 1. – С. 17–18.
23. De Jong I.C. Gunnink H., Van Harn J. Wet litter not only induces footpad dermatitis but also reduces overall welfare, technical performance, and carcass yield in broiler chickens // J. Appl. Poult. Res. – 2014. – Vol. 23. – P. 51–58.
24. Фисинин В.И., Кавтарашвили А.Ш. Биологические и экономические аспекты производства мяса бройлеров в клетках и на полу // Птицеводство. – 2016. – № 5. – С. 25–31.
25. Chuppava B., Visscher C., Kamphues J. Effect of different flooring designs on the performance and foot pad health in broilers and Turkeys // Animals. – 2018. – Vol. 8 (5). – P. 70.
26. Направления совершенствования клеточного оборудования для производства мясных кроссов кур бройлерного типа / Т.Н. Кузьмина, В.А. Гусев, Л.А. Зыкина, В.В. Малородов // Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК: мат-лы XII Междунар. науч.-практ. интернет-конференции, п. Правдинский Московской области, 8–10 июня 2020 г.; п. Правдинский

- Московской области: Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2020. – С. 556–565.
27. *Выращивание* цыплят-бройлеров на современном предприятии / Т.Н. Якушева, А.В. Аристов, Л.А. Матюшевский [и др.] // Теория и практика инновационных технологий в АПК: мат-лы национальной науч.-практ. конф., Воронеж, 23–27 марта 2020 г. – Воронеж: Воронежский гос. агр. ун-т имени императора Петра I, 2020. – С. 139–141.
 28. *Кобушко Н.В.* Способы обогрева частных и фермерских птичников // Новая наука: От идеи к результату. – 2017. – № 1–2. – С. 149–151.
 29. *Hulzebosch J.* Effective heating systems for poultry houses // *World Poultry*. – 2005. – Т. 22, № 2. – С. 212–216.
 30. *Козлов Д.Г., Деев П.А., Полянский К.К.* Особенности применения темных инфракрасных излучателей в животноводстве и птицеводстве // Новые технологии и технические средства для эффективного развития АПК: мат-лы национальной науч.-практ. конф. Воронежского гос. агр. ун-та им. императора Петра I, Воронеж, 26 февраля 2019 г. – Воронеж: Воронежский гос. агр. ун-т им. императора Петра I, 2019. – С. 50–55.
 31. *Tunnel* ventilation of broiler houses / R.A. Bucklin [et al.] // Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida PS-46. – 2009.
 32. *Михалёв П.В., Василевский Н.М.* Эффективность применения новых методов контроля микроклимата при выращивании цыплят-бройлеров // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. – 2012. – Т. 212, № 4. – С. 319–323.
 33. *Trifanov A.V., Plaksin I.E., Plaksin S.I.* Study results of the air velocity inside the technological module for broiler chickens fattening // *Engineering for Rural Development*, Jelgava, 22–24 мая 2019 г. – Jelgava, 2019. – P. 355–361. – DOI: 10.22616/ERDev2019.18. N170.
 34. *Plaksin I., Trifanov A., Plaksin S.* Mathematical modeling of air velocity in technological module for growing broilers using tunnel ventilation system // *Engineering for Rural Development*: 19, Jelgava, 20–22 мая 2020 г. – Jelgava, 2020. – P. 463–471. – DOI: 10.22616/ERDev.2020.19.TF105.
 35. *Гладин Д.* Светодиодное освещение: только преимущества // *Животноводство России*. – 2012. – № 9. – С. 62.
 36. *Продуктивность* бройлеров кросса «ROSS-308» при разных источниках освещения / В.И. Трухачев [и др.] // Современные технологии в производстве и переработке сельскохозяйственной продукции: сб. науч. ст. по мат. 77-й регион. науч.-практ. конф. «Аграрная наука – Северо-Кавказскому федеральному округу». – Ставрополь, 2013. – С. 7–9.
 37. *Второй В.Ф., Второй С.В., Ильин Р.М.* Исследование параметров микроклимата коровника переносным измерительным комплексом // *АгроЭкоИнженерия*. – 2021. – № 3 (108). – С. 154–164. – DOI: 10.24412/2713-2641-2021-3108-154-163.
 38. *Гмурман В.Е.* Теория вероятностей и математическая статистика: учеб. – М., 2022. – 480 с.
 39. *Газоанализаторы.* Конвертер единиц концентрации газов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://gazoanalizators.ru/converter/> (дата обращения: 02.05.2023)
 40. *Коробко А.В., Вежновец А.А., Дешко И.А.* Продуктивность цыплят-бройлеров кросса «Ross-308» при использовании различного технологического оборудования в условиях ОАО «Агрокомбинат «Дзержинский» // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. – 2014. – № 17 (1). – С. 222–230.
 41. *Петрукович Т.* Раздельное выращивание бройлеров // *Животноводство России*. – 2017. – Т. 12. – P. 11–12.
 42. *Effects* of age of broiler breeders and egg storage on egg quality, hatchability, chick quality, chick weight, and chick posthatch growth to forty-two days / K. Tona [et al.] // *Journal of Applied Poultry Research*. – 2004. – Vol. 13, № 1. – P. 10–18.
 43. *Effect* of early feed restriction on growth, feed conversion, and mortality in broiler chickens / E.A. Fontana [et al.] // *Poultry science*. – 1992. – Vol. 71, № 8. – С. 1296–1305.
 44. *Performance* and intestinal mucosa development of broiler chickens fed diets containing *Saccharomyces cerevisiae* cell wall / E. Santin [et al.] // *Journal of Applied Poultry Research*. – 2001. – Vol. 10, № 3. – С. 236–244.

45. *Апробация* кормовых программ для цыплят-бройлеров / В.И. Трухачев [и др.] // Вестник АПК Ставрополя. – 2013. – № 2. – С. 84–87.
46. *Кротова Н.Ю., Лаврентьев А.Ю., Шерне В.С.* Повышение эффективности выращивания цыплят-бройлеров // Аграрная наука. – 2019. – № 10. – С. 36–39.
47. *Кавтарашивили А.Ш.* Обмен воды и потребность в ней птицы // Птицеводство. – 2012. – № 7. – С. 13–17.
48. *Методические* рекомендации по технологическому проектированию систем удаления и подготовки к использованию навоза и помета РД-АПК 1.10.15.02-08.
49. *Кузнецов А.Ф., Нукитин Г.С.* Современные технологии и гигиена содержания птицы // Учеб. пособие. – СПб.: Лань, 2012. – 352 с.

REFERENCES

1. *Pticevodstvo. Terminy i opredeleniya* (Poultry farming. Terms and definitions): <https://docs.cntd.ru/document/1200022980> (data obrashcheniya 02.05.2023 g.) (In Russ.)
2. Bobyleva G.A., *Pticevodstvo*, 2021, No. 2, pp. 4–9. (In Russ.)
3. Bykova N.V., *Vestnik APK Verhnevolzh'ya*, 2018, No. 1 (41), pp. 67–71. (In Russ.)
4. Martynova E.I., *Ptica i pticeprodukty*, 2021, No. 1, pp. 6–7. (In Russ.)
5. Rojter L.M., Eremeeva N.A., Pavlov I.M., *Ekonomika sel'skogo hozyajstva Rossii*, 2020, No. 3, pp. 69–79. (In Russ.)
6. Fisinin V.I., *Mirovye i rossijskoe pticevodstvo: realii i vyzovy budushchego* (World and Russian poultry farming: realities and challenges of the future), Moscow: Hlebproinform, 2019, 470 p.
7. Kravchenko V., *Zhivotnovodstvo Rossii*, 2022, No. 2, pp. 19–22. (In Russ.)
8. *AB Centr. O proizvodstve myasa v Rossii, predvaritel'nye itogi za 2022 god*: <https://ab-centre.ru/news/o-proizvodstve-myasa-v-rossii-predvaritelnye-itogi-za-2022-god> (data obrashcheniya 02.05.2023 g.). (In Russ.)
9. Krotova N.YU., Lavrent'ev A.YU., SHerne V.S., *Agrarnaya nauka*, 2019, No. (10), pp. 36–39, DOI: 10.32634/0869-8155-2019-332-9-36-39. (In Russ.)
10. Truhachev V.I., Zlydnev N.Z., Epimahova E.E., Vrana A.V., *Vestnik APK Stavropol'ya*, 2013, No. 2(10), pp. 84–87. (In Russ.)
11. Egorova A., *Zhivotnovodstvo Rossii*, 2007, No. 3, pp. 15–16. (In Russ.)
12. Allison G. Rogers, Elizabeth M. Pritchett, Robert L. Alphin, Erin M. Brannick, Eric R. Benson, Evaluation of the impact of alternative light technology on male broiler chicken growth, feed conversion, and allometric characteristics, *Poultry Science*, 2015, Vol. 94, Iss. 3, pp. 408–414.
13. Reece F.N., Lott D., Effect of Carbon Dioxide on Broiler Chicken Performance, *Poultry Science*, 1980, Vol. 59, Iss. 11, pp. 2400–2402.
14. Santin E., Maiorka A., Macari M., Grecco M., Sanchez J.C., Okada T.M., Myasaka A.M., Performance and Intestinal Mucosa Development of Broiler Chickens Fed Diets Containing *Saccharomyces cerevisiae* Cell Wall, *Journal of Applied Poultry Research*, 2001, Vol. 10, Iss. 3, pp. 236–244, DOI: <https://doi.org/10.1093/japr/10.3.236>.
15. Federal'naya sluzhba gosudarstvennoj statistiki: https://rosstat.gov.ru/enterprise_economy (data obrashcheniya 02.05.2023 g.). (In Russ.)
16. Steiner automation - a safe investment for your chickens: <https://www.steiner-automation.at/en/portfolio/5034/> (data obrashcheniya 02.05.2023 g.).
17. Chicken Caravan. Commercial Chicken Farming: <https://chickencaravan.com/commercial-chicken-farming/> (data obrashcheniya 02.05.2023 g.).
18. *Elektronnyj fond pravovyh i normativno-tekhnicheskikh dokumentov. O normah rashchodov v vide poter' ot padezha pticy i zhivotnyh*: <https://docs.cntd.ru/document/902166717> (data obrashcheniya 02.05.2023 g.). (In Russ.)
19. Plaksin I.E., Trifanov A.V., Modul'naya pticeferma, *Patent na poleznuyu model' RU 166027 U1*, 10.11.2016. Zayavka №2016113179/13 ot 06.04.2016. (In Russ.)
20. RD-АПК 1.10.05.04-13 *Metodicheskie rekomendacii po tekhnologicheskomu proektirovaniyu pticevodcheskih predpriyatij* (Methodological recommendations for technological design of poultry farms). (In Russ.)

21. Luk'yanov V.I. dr., *Pticevodstvo*, 2007, No. 2, pp. 3–12. (In Russ.)
22. Fisinin V., Kavtarashvili A., *ZHivotnovodstvo Rossii*, 2009, No. 1, pp. 17–18. (In Russ.)
23. De Jong I.C. Gunnink H., Van Harn J., Wet litter not only induces footpad dermatitis but also reduces overall welfare, technical performance, and carcass yield in broiler chickens, *J. Appl. Poult. Res.*, 2014, Vol. 23, pp. 51–58.
24. Fisinin V.I., Kavtarashvili A.SH., *Pticevodstvo*, 2016, No. 5, pp. 25–31. (In Russ.)
25. Chuppava B., Visscher C., Kamphues J., Effect of different flooring designs on the performance and foot pad health in broilers and Turkeys, *Animals*, 2018, Vol. 8(5), pp. 70.
26. Kuz'mina T.N., Gusev V.A., Zazykina L.A., Malorodov V.V., *Nauchno-informacionnoe obespechenie innovacionnogo razvitiya APK* (Scientific and information support for innovative development of the agro-industrial complex), Proceedings of the Conference Title, p. Pravdinskij Moskovskoj oblasti, 2020, pp. 556–565. (In Russ.)
27. YAkusheva T.N., Aristov A.V., Matyushevskij L.A. [i dr.], *Teoriya i praktika innovacionnyh tekhnologij v APK* (Theory and practice of innovative technologies in the agro-industrial complex), Proceedings of the Conference Title, Voronezh: Voronezhskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet imeni imperatora Petra I, 2020, pp. 139–141. (In Russ.)
28. Kobushko N.V. *Novaya nauka: Ot idei k rezul'tatu*, 2017, No. 1–2, pp. 149–151. (In Russ.)
29. Hulzebosch J., Effective heating systems for poultry houses, *World Poultry*, 2005, T. 22, No. 2, pp. 212–216.
30. Kozlov D.G., Deev P.A., Polyanskij K.K., *Novye tekhnologii i tekhnicheskie sredstva dlya effektivnogo razvitiya APK* (New technologies and technical means for the effective development of the agro-industrial complex), Proceedings of the Conference Title, Voronezh: Voronezhskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet im. Imperatora Petra I, 2019, pp. 50–55. (In Russ.)
31. Bucklin R.A. et al., Tunnel ventilation of broiler houses, *Florida Cooperative Extension Service*, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida PS-46, 2009.
32. Mihalyov P.V., Vasilevskij N.M., *Uchenye zapiski Kazanskoj gosudarstvennoj akademii veterinarnoj mediciny im. N.E. Baumana*, 2012, T. 212, No. 4, pp. 319–323. (In Russ.)
33. Trifanov A.V., Plaksin I.E., Plaksin S.I., Study results of the air velocity inside the technological module for broiler chickens fattening, *Engineering for Rural Development*, Jelgava, 22–24 maya 2019 goda, Jelgava: Bez izdatel'stva, 2019, pp. 355–361, DOI: 10.22616/ERDev2019.18.N170.
34. Plaksin I., Trifanov A., Plaksin S., Mathematical modeling of air velocity in technological module for growing broilers using tunnel ventilation system, *Engineering for Rural Development*: 19, Jelgava, 20–22 maya 2020 goda. – Jelgava, 2020, pp. 463–471, DOI 10.22616/ERDev.2020.19.TF105.
35. Gladin D., *ZHivotnovodstvo Rossii*, 2012, No. 9, pp. 62. (In Russ.)
36. Truhachev V.I. i dr., *Sovremennye tekhnologii v proizvodstve i pererabotki sel'skohozyajstvennoj produkcii*, 2013, pp. 7–9. (In Russ.)
37. Vtoryj V.F., Vtoryj S.V., Il'in R.M., *AgroEkoInzheneriya*, 2021, No. 3(108), pp. 154–164, DOI: 10.24412/2713-2641-2021-3108-154-163. (In Russ.)
38. Gmurman V., *Teoriya veroyatnostej i matematicheskaya statistika* (Probability Theory and Mathematical Statistics), Moscow, 2022, 480 p.
39. Gazoanalizatory. Konverter edinic koncentracii gazov: <https://gazoanalizators.ru/converter/> (data obrashcheniya 02.05.2023 g.). (In Russ.)
40. Korobko A.V., Vezhnovec A.A., Deshko I.A., *Aktual'nye problemy intensivnogo razvitiya zhivotnovodstva*, 2014, No. 17 (1), pp. 222–230. (In Russ.)
41. Petrukovich T., *ZHivotnovodstvo Rossii*, 2017, T. 12, pp. 11–12. (In Russ.)
42. Tona K. et al., Effects of age of broiler breeders and egg storage on egg quality, hatchability, chick quality, chick weight, and chick posthatch growth to forty-two days, *Journal of Applied Poultry Research*, 2004, T. 13, No. 1, pp. 10–18
43. Fontana E.A. et al., Effect of early feed restriction on growth, feed conversion, and mortality in broiler chickens, *Poultry science*, 1992, T. 71, No. 8, pp. 1296–1305.
44. Santin E. et al., Performance and intestinal mucosa development of broiler chickens fed diets containing *Saccharomyces cerevisiae* cell wall, *Journal of Applied Poultry Research*, 2001, T. 10, No. 3, pp. 236–244.

45. Truhachev V.I. i dr., Aprobaciya kormovyh programm dlya cyplyat-brojlerov, *Vestnik APK Stavropol'ya*, 2013, No. 2, pp. 84–87. (In Russ.)
46. Krotova N.YU., Lavrent'ev A.YU., SHerne V.S., *Agrarnaya nauka*, 2019, No. 10, pp. 36–39. (In Russ.)
47. Kavtarashvili A.SH., *Pticevodstvo*, 2012, No. 7, pp. 13–17. (In Russ.)
48. *Metodicheskie rekomendacii po tekhnologicheskomu proektirovaniyu sistem udaleniya i podgotovki k ispol'zovaniyu navoza i pometa RD-APK 1.10.15.02-08*. (In Russ.)
49. Kuznecov A.F., Nikitin G.S., *Sovremennye tekhnologii i gigiena sodержaniya pticy* (Modern technologies and hygiene of poultry keeping), Sankt-Peterburg: Lan', 2012, 352 p.

ТОПОГРАФИЯ ОРГАНОВ МОЧЕВЫДЕЛЕНИЯ У БАЙКАЛЬСКОЙ НЕРПЫ

Т.Е. Помойницкая, кандидат биологических наук

Н.И. Рядинская, доктор биологических наук, профессор

Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, Иркутск, Россия

E-mail: konkova.t@bk.ru

Ключевые слова: ластоногие, байкальская нерпа, мочевыделительная система, множественные почки, пресноводные млекопитающие.

Реферат. Мочевыделительная система водных млекопитающих играет важную роль в поддержании гомеостаза организма. Особенности в строении и топографии органов мочевого выделения связаны со средой обитания и адаптацией к ней организма водных животных. Интерес к изучению особенностей топографии органов и строения организма в целом, а также органов мочеобразования и мочевого выделения в частности, представляет байкальская нерпа, учитывая ее пресноводный образ жизни. Была поставлена цель – описать видовые особенности топографии почек, мочеточников, мочевого пузыря и мочеиспускательного канала у самца и самки байкальской нерпы. Объектом исследований служили как живые особи, так и тушки байкальской нерпы (*Phoca sibirica*) в возрасте от полутора до трёх лет. Животных обследовали в ООО «Аквариум байкальской нерпы» и в ОГБУ «Иркутская городская станция по борьбе с болезнями животных». Кадаверный материал добывался по программе Росрыболовства РФ, а также научно-исследовательских опытно-конструкторских и технологических разработок (НИОКР и НИОКТР) от 2014, 2017, 2020 гг. Материалом исследования служили органы мочевыделительной системы: почки, мочеточники, мочевой пузырь, мочеиспускательный канал. Исследования проводились посредством применения различных анатомических методов: аутопсия кадаверного материала с осмотром и фиксацией синтопии, скелетотопия, голотопия и анатомическое препарирование, ультразвуковая диагностика и мультиспиральная компьютерная томография.

TOPOGRAPHY OF THE URINARY ORGANS OF THE BAIKAL SEAL

T.E. Pomoinitskaya, Candidate of Biological Sciences

N.I. Ryadinskaya, Doctor of Biological Sciences, professor

Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky, Irkutsk, Russia

E-mail: konkova.t@bk.ru

Keywords: pinnipeds, Baikal seal, urinary system, multiple kidneys, freshwater mammals.

Abstract. The urinary system of aquatic mammals plays an important role in maintaining the body's homeostasis. Features in the structure and topography of the urinary organs are associated with the habitat and adaptation of the organism of aquatic animals to it. Interest in studying the features of the topography of organs and the structure of the organism as a whole, as well as the organs of urine formation and excretion in particular, is presented by the Baikal seal, given its freshwater lifestyle. The goal was to describe the species-specific features of the topography of the kidneys, ureters, bladder and urethra in male and female Baikal seals. The object of the study was both live individuals and carcasses of the Baikal seal (*Phoca sibirica*) aged from 1.5 to 3 years. The animals were examined at the Baikal Seal Aquarium LLC and the Irkutsk City Animal Disease Control Station. The cadaver material was collected under the program of the Russian Federal Agency for Fisheries, as well as research and development, experimental design and technological developments (R&D and R&D) from 2014, 2017, 2020. The study material was the organs of the urinary system: kidneys, ureters, bladder, urethra. The studies were carried out using various anatomical methods: autopsy of cadaver material with examination and fixation of syntopy, skeletonotopy, holotopy and anatomical dissection, ultrasound diagnostics and multispiral computed tomography.

Мочевыделительная система водных млекопитающих играет важную роль в поддержании гомеостаза организма. Особенности в

строении и топографии органов мочевого выделения связаны со средой обитания и адаптацией к ней организма водных животных. Нетипичное для

большинства наземных хищников строение почек обеспечивает поддержание жизненно необходимого водно-солевого баланса, устраняя избыточную солевую нагрузку у морских ластоногих и сохраняя осмотически активные вещества пресноводных млекопитающих. Морфологию и топографию органов мочевого выделения ластоногих описывали В.В. Володина, А.Е. Кузин, А.С. Blix, R.M. Ortiz, однако данные исследования носят отрывочный характер и не отражают полную морфологическую картину [1, 5, 11, 12]. Учитывая малую изученность вопроса о строении и топографии мочевого выделительной системы ластоногих в целом и отсутствие литературных данных о топографии мочевого выделительной системы байкальской нерпы, а также всё больший интерес и распространённость океанариумов и нерпинариев, данные исследования будут вносить вклад в сравнительно-видовую морфологию водных млекопитающих, а также использоваться при проведении диагностических мероприятий при лечении или диспансеризации байкальской нерпы. Являясь представителем парвотряда ластоногих, байкальская нерпа представляет интерес к изучению особенностей топографии органов и строения организма в целом, а также органов мочеобразования и мочевого выделения в частности, принимая во внимание ее пресноводный образ жизни.

Учитывая вышеописанное, была поставлена цель – описать видовые особенности топографии почек, мочеточников, мочевого пузыря и мочеиспускательного канала у самца и самки байкальской нерпы.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследований служили как живые особи, так и тушки байкальской нерпы (*Phoca sibirica*) в возрасте от полутора до трех лет. В ходе диспансеризации животных обследовали в ООО «Аквариум байкальской нерпы», а также в ОГБУ «Иркутская городская станция по борьбе с болезнями животных». Кадаверный материал добывался по программе Росрыболовства РФ, а также научно-исследовательских опытно-конструкторских и технологических разработок (НИОКР и НИОКТР) от 2014, 2017, 2020 гг.

Материалом исследования служили органы мочевого выделительной системы от 25 байкальских нерп: почки, мочеточники, мочевого пузыря, мочеиспускательный канал. Настоящие исследования проводились благодаря применению различных анатомических методов, которые включают аутопсию кадаверного материала с осмотром и фиксацией синтопии, скелетотопии и голотопии и анатомическое препарирование. Топографические данные органов мочевого выделительной системы байкальской нерпы уточняли проведением ультразвуковой диагностики и мультиспиральной компьютерной томографии (как с введением контрастного вещества, так и без него).

Анатомическая терминология употреблялась в соответствии с Международной ветеринарной анатомической номенклатурой под редакцией Н.В. Зеленецкого от 2022 г. [4].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Мочевого выделительная система байкальской нерпы состоит из мочеобразующего органа: почек, а также мочевого выделительных: мочеточников, мочевого пузыря и мочеиспускательного канала. С помощью мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ) были определены размеры отделов и областей брюшной полости, которые выражают видовые анатомические особенности в строении тела байкальской нерпы 1,5 лет (рис. 1) [6].

Мочевого выделительная система занимает два отдела брюшной полости: поясничную и пупочную область мезогастрия, правый и левый пах и срамную область гипогастрия, а также тазовую полость.

Почки байкальской нерпы относятся к множественному типу, имеют форму боба. Каждая почка состоит из нескольких десятков почечек. Множественный тип строения почек имеют моржи, тюлени, также он описан у некоторых медведей [11–13]. Почка имеет дорсальную и вентральную поверхности, два конца – краниальный и каудальный, два края – латеральный и медиальный. На медиальном крае располагаются почечные ворота, из которых выходят мочеточник и почечные вены, а входит почечная артерия [1–3, 7–10].

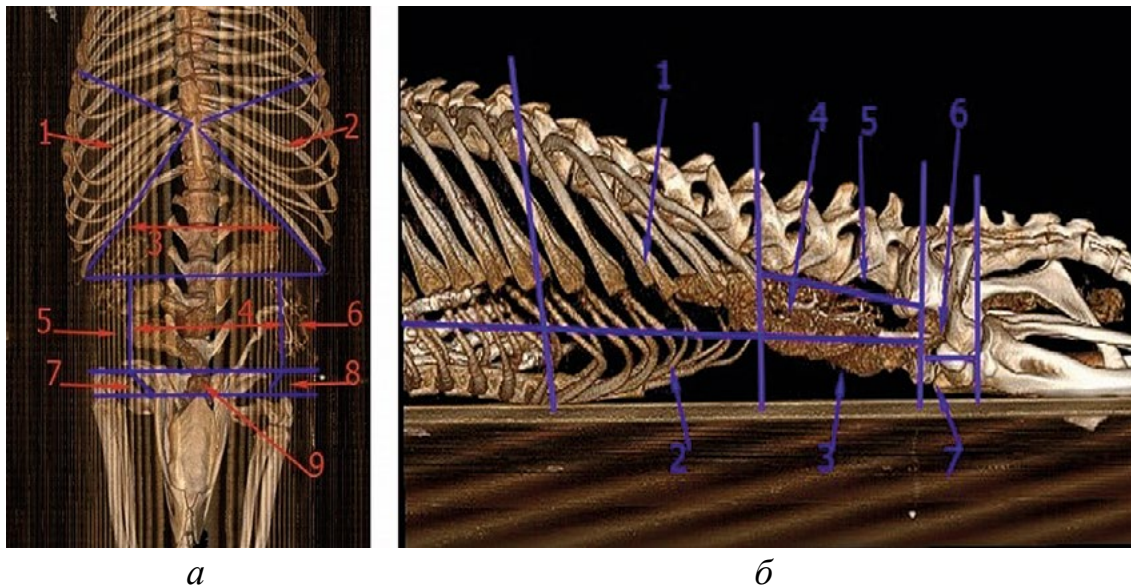


Рис. 1. Отделы брюшной полости у байкальской нерпы в возрасте 1,5 лет. Мультиспиральная компьютерная томография: *а* – снимок вентральной поверхности: 1 – правое подреберье; 2 – левое подреберье; 3 – область мечевидного хряща; 4 – пупочная область; 5 – правая подвздошная область; 6 – левая подвздошная область; 7 – правая паховая область; 8 – левая паховая область; 9 – срамная область; *б* – вид с левого бока: 1 – левое подреберье; 2 – область мечевидного хряща; 3 – пупочная область; 4 – левая подвздошная область; 5 – поясничная область; 6 – левая паховая область; 7 – срамная область

Sections of the abdominal cavity of a Baikal seal at the age of 1.5 years. Multislice computed tomography. *a* – photograph of the ventral surface: 1 – right hypochondrium; 2 – left hypochondrium; 3 – area of the xiphoid cartilage; 4 – umbilical region; 5 – right iliac region; 6 – left iliac region; 7 – right groin area; 8 – left groin area; 9 – pudendal area. *б* – view from the left side: 1 – left hypochondrium; 2 – area of the xiphoid cartilage; 3 – umbilical region; 4 – left iliac region; 5 – lumbar region; 6 – left groin area; 7 – pudendal area

Согласно делению брюшной полости на отделы почки байкальской нерпы располагаются в поясничной области мезогастрия экстраперитониально между большой и малой поясничными мышцами и париетальным листком брюшины по обе стороны позвоночного столба. Скелетотопически краниальный конец почки располагается на уровне 2-го поясничного позвонка, каудальный конец – 4–5-го поясничных позвонков, симметрично относительно друг друга.

На дорсальной поверхности левой и правой почек лежат большая и малая поясничные мышцы. Краниомедиально от обеих почек располагаются надпочечники. Медиально вдоль левой и правой почек в каудальном направлении проходят мочеточники.

Левая почка краниальным концом граничит с донной частью желудка. Начальная часть

ободочной кишки, идущая по часовой стрелке, граничит с краниальным концом, латеральным краем (а при смещении и вентральной поверхностью) и каудальным концом левой почки, тогда как каудальный конец правой почки граничит с конечной частью ободочной кишки, которая проходит против часовой стрелки. Медиальный край и вентральная поверхность левой почки граничит с подвздошной, нисходящей частью двенадцатиперстной и тощей кишками (рис. 2).

К вентральной поверхности правой почки прилегает правая латеральная доля печени. Восходящая часть двенадцатиперстной и подвздошной кишки проходят по медиальному краю правой почки. У самок каудально от почек располагаются яичники. Морфометрические показатели множественных почек у байкальской нерпы в возрасте от полутора до трех лет представлены в табл. 1.

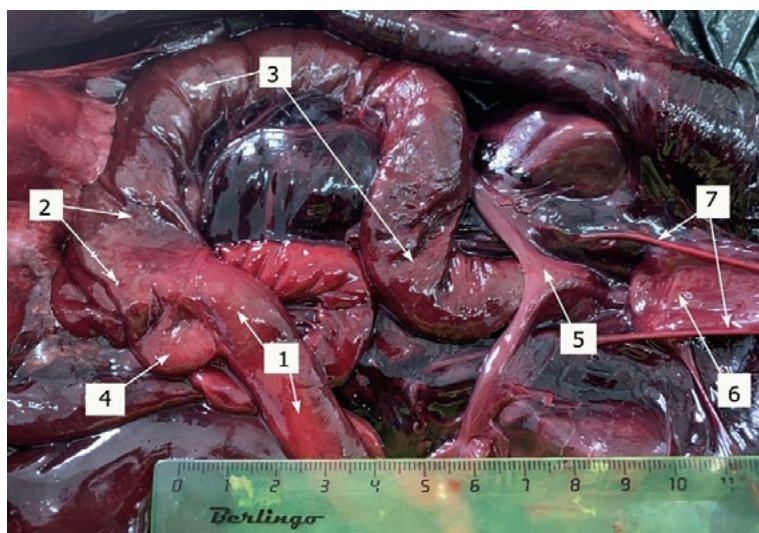


Рис. 2. Синтопия левой почки самки байкальской нерпы в возрасте трёх лет: 1 – подвздошная кишка; 2 – слепая кишка; 3 – ободочная кишка; 4 – двенадцатиперстная кишка; 5 – матка; 6 – мочевого пузыря; 7 – мочеточники
 Syntyopy of the left kidney of a female Baikal seal at the age of 3 years: 1 – ileum; 2 – cecum; 3 – colon; 4 – duodenum; 5 – uterus; 6 – bladder; 7 – ureters

Таблица 1

Морфометрические показатели множественных почек у байкальской нерпы в возрасте от полутора до трех лет
 Morphometric indicators of multiple kidneys in the Baikal seal at the age of 1.5 to 3 years

| Параметр | Длина, мм | | Ширина в области ворот почек, мм | | Толщина в средней трети почки, мм | |
|-----------------------|--------------|-------------|----------------------------------|-------------|-----------------------------------|-------------|
| | Правая почка | Левая почка | Правая почка | Левая почка | Правая почка | Левая почка |
| Особь от 1,5 до 3 лет | 103,4±3,05 | 102,6±3,03 | 42,2±1,84 | 42,7±0,38 | 26,6±0,74 | 28,5±0,32 |

Мочеточник байкальской нерпы – мышечный орган, имеющий трубкообразное строение, парный. Мочеточник подразделяется на брюшную часть, тазовую часть и внутритазовую часть, проходя в поясничной области мезогастрия, правом и левом паху гипогастрия и тазовой полости (рис. 3).

Выйдя из ворот почек, мочеточники, направляясь в тазовую полость, проходят в забрюшинном пространстве под большой и малой поясничными мышцами вдоль позвоночного столба. Затем, пересекая наружные подвздошные артерии, переходят на вентральную поверхность прямой кишки. На уровне 2–3-го

крестцовых позвонков мочеточники впадают в дорсальную стенку мочевого пузыря, образуя острый угол – 18–25° (рис. 3). Такая топография характерна для самок байкальской нерпы. Топография мочеточников у самцов имеет свои особенности. Войдя в полость таза по вентро-латеральной поверхности прямой кишки, мочеточники направляются каудально и перекрещиваются с семяпроводами на уровне шейки мочевого пузыря. Далее мочеточники направляются каудально и впадают в стенку мочевого пузыря, образуя угол 80–110°. В табл. 2 представлены морфометрические показатели мочеточников у байкальской нерпы.

Таблица 2

Морфометрические показатели мочеточников у байкальской нерпы в возрасте от полутора до трех лет
 Morphometric parameters of the ureters in the Baikal seal at the age of 1.5 to 3 years

| Параметр | Длина, см | | Диаметр, мм | |
|-----------------------|-------------------|------------------|-------------------|------------------|
| | Правый мочеточник | Левый мочеточник | Правый мочеточник | Левый мочеточник |
| Особь от 1,5 до 3 лет | 24,3±0,25 | 26,7±0,45 | 3,1±0,45 | 3,4±0,25 |

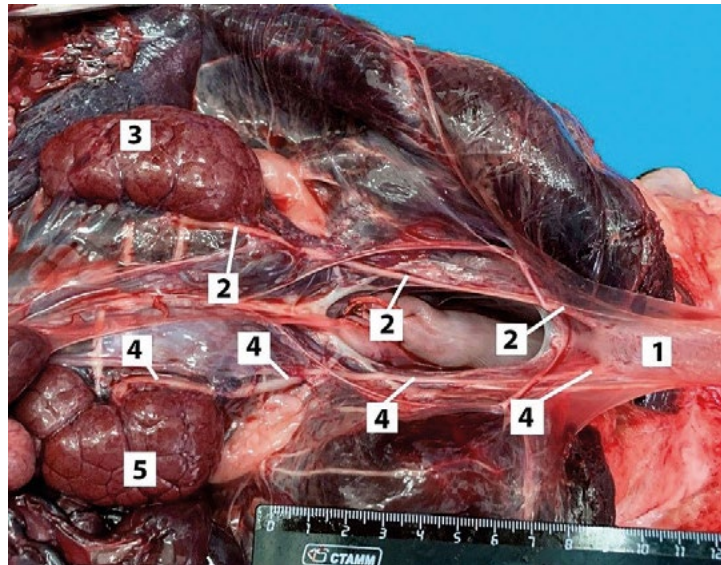


Рис. 3. Топография органов мочевого выделения самца байкальской нерпы: 1 – мочевого пузыря; 2 – левый мочеточник; 3 – левая почка; 4 – правый мочеточник; 5 – правая почка

Topography of the urinary organs of the Male Baikal seal: 1 – bladder; 2 – left ureter; 3 – left kidney; 4 – right ureter; 5 – right kidney

Мочевой пузырь байкальской нерпы – полый мышечный эластичный орган. В опорожненном состоянии имеет форму вытянутого треугольника. Орган имеет верхушку, тело и шейку, которая продолжается мочеиспускательным каналом.

Располагается мочевой пузырь в брюшной полости, а именно в пупочной области мезогастрия и лонной области гипогастрия. Вентральная поверхность находится в непосредственном контакте с брюшной стенкой, дорсальная по-

верхность мочевого пузыря у самок граничит с маткой, у самцов – с петлями тонкой кишки. В опорожненном состоянии расположен экстраперитонеально, при наполнении смещается и залегает мезоперитонеально. Скелетотопически расположен на уровне от 4–5-го поясничных до 4-го крестцового позвонков.

Морфометрические показатели мочевого пузыря у байкальской нерпы в возрасте от полутора до трех лет представлены в табл. 3.

Таблица 3

Морфометрические показатели мочевого пузыря у байкальской нерпы в возрасте от полутора до трех лет
Morphometric parameters of the bladder in the Baikal seal at the age of 1.5 to 3 years

| Параметр | Длина, см | Ширина, см |
|-----------------------|-----------|------------|
| Особь от 1,5 до 3 лет | 6,8±0,32 | 1,6±0,56 |

Мочеиспускательный канал самца байкальской нерпы является полым мышечным органом, который функционально подразделяется на мочевыводящую и мочеполовую части.

Мочевыводящая часть мочеиспускательного канала самца байкальской нерпы очень короткая и берет начало от шейки мочевого пузыря и заканчивается в месте впадения семяпроводов. Затем мочеиспускательный канал продолжается как мочеполовой: выводит не только мочу, но и проводит сперму. В области

4-го крестцового позвонка в него открывается проток предстательной железы.

Залегает уретра в рыхлой соединительной ткани в тазовой полости на уровне 4-го крестцового позвонка, дорсальной поверхностью тесно граничит с прямой кишкой.

Мочеиспускательный канал самки байкальской нерпы расположен в полости таза, начинается от шейки мочевого пузыря, дорсальной стенкой граничит с влагалищем. Впадает в мо-

чеполовое преддверие на уровне 4-го крестцового: 1–2-го хвостового позвонков.

Благодаря проведению мультиспиральной компьютерной томографии брюшной и тазовой полостей были обнаружены особенности топографии мочевыделительной системы байкальской нерпы, которые были не видны при

проведении аутопсии. Было выявлено, что левая почка расположена ниже на уровне 3–5-го поясничных позвонков. Также установлено, что меняется локализация мочевого пузыря в наполненном состоянии: он опускается в полость таза, по данным вскрытий расположен в брюшной полости (рис. 4).

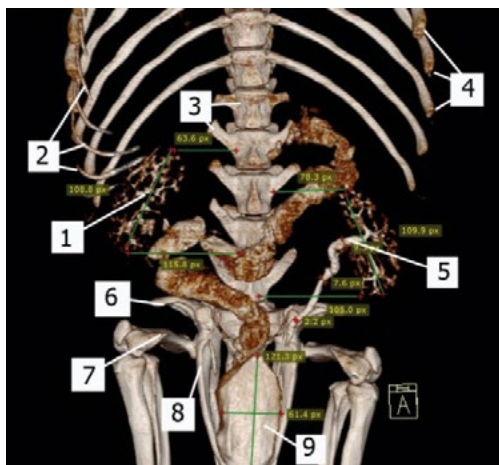


Рис. 4. Мочевыделительная система байкальской нерпы в возрасте полутора лет. Мультиспиральная компьютерная томография с контрастным веществом (Омнипак):

1 – правая почка; 2 – реберные хрящи; 3 – первые поясничные позвонки; 4 – ребра; 5 – мочеточник; 6 – наружный бугор повздошной кости; 7 – бедренная кость; 8 – лонная кость; 9 – мочевого пузырь

The urinary system of the Baikal seal at the age of 1.5 years. Multislice computed tomography with contrast agent (Omnipaque): 1 – right kidney; 2 – costal cartilages; 3 – first lumbar vertebrae; 4 – ribs; 5 – ureter; 6 – external tubercle of the iliac bone; 7 – femur; 8 – pubic bone; 9 – bladder

ВЫВОДЫ

1. Мочевыделительная система байкальской нерпы занимает два отдела брюшной полости: поясничную и пупочную область мезогастрия, правый и левый пах и срамную область гипогастрия, а также тазовую полость.

2. Почки байкальской нерпы расположены в поясничной области мезогастрия экстраперитониально по обе стороны позвоночного столба. Скелетотопически краниальный конец почки располагается на уровне 2-го поясничного позвонка, каудальный конец – 4–5-го поясничных позвонков, симметрично относительно друг друга.

3. Мочеточник подразделяется на брюшную часть, тазовую часть и внутривенечную часть, проходит в поясничной области мезогастрия, правом и левом паху гипогастрия и тазовой полости. Скелетотопически залегает на уровне

от 3–4-го поясничных позвонков до 4-го крестцового позвонка.

4. Располагается мочевой пузырь в брюшной полости, а именно в пупочной области мезогастрия и лонной области гипогастрия. Скелетотопически расположен на уровне от 4–5-го поясничных до 4-го крестцового позвонков.

5. Мочевыводящая часть мочеиспускательного канала самца байкальской нерпы очень короткая и берет начало от шейки мочевого пузыря и заканчивается в месте впадения семяпроводов. Скелетотопически расположена в области 4-го крестцового позвонка. Мочеиспускательный канал самки байкальской нерпы расположен в полости таза, начинается от шейки мочевого пузыря, дорсальной стенкой граничит с влагалищем. Впадает в мочепооловое преддверие на уровне 4-го крестцового – 1–2-го хвостового позвонков.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Володина В.В. Морфофункциональное состояние органов и тканей каспийского тюленя (*Phoca Caspia*, Gmelin, 1788) в современных экологических условиях: дис. ... канд. биол. наук. – Астрахань, 2014. – 205 с.
2. Гладкая Т.Е. Анатомические особенности почек байкальской нерпы // Научные исследования студентов в решении актуальных проблем АПК: мат-лы студ. науч.-практ. конф. с междунар. участием, посвящ. 80-летию ФГБОУ ВПО ИрГСХА. Иркутск, – 2014. – № 3. – С. 27–31.
3. Гладкая Т.Е. Экстраорганный кровоснабжение почек байкальской нерпы // Научные исследования студентов в решении актуальных проблем АПК: мат-лы регион. студ. науч.-практ. конф. с междунар. участием, посвящ. 70-летию Победы в Великой Отечественной войне и 100-летию со Дня рождения А.А. Ежевского. – 2015. Иркутск, – № 3. – С. 30–34.
4. Зеленецкий Н.В. Международная ветеринарная анатомическая номенклатура на латинском и русском языках. *Nomina Anatomica Veterinaria*. (пятая редакция): справ.; пер. и рус. терминология Н.В. Зеленецкого. – СПб.: Лань, 2013. – 400 с.
5. Кузин А.Е. Северный морской котик. – М.: Совет по морским млекопитающим, 1999. – 396 с.
6. Помойницкая Т.Е. Морфологические особенности мочевыделительной системы и ее кровеносного русла байкальской нерпы в постнатальном онтогенезе: дис. ... канд. биол. наук. – Ставрополь, 2022. – 165 с.
7. Помойницкая Т.Е. Анатомические особенности мочеточников и их кровоснабжение у байкальской нерпы // Иппология и ветеринария. – 2021. – № 3 (41). – С. 167–171.
8. Помойницкая Т.Е. Венозное русло почек байкальской нерпы в различные периоды онтогенеза // Научные исследования и разработки к внедрению в АПК: мат-лы междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых. Иркутск, – 2020. – С. 217–223.
9. Помойницкая Т.Е. Рядинская Н.Н. Интраорганный протоковый система почек байкальской нерпы // Научные исследования студентов в решении актуальных проблем АПК: мат-лы регион. студ. науч.-практ. конф. Иркутск, – 2017. – С. 459–465.
10. Помойницкая Т.Е. Кровоснабжение почек байкальской нерпы // Научные исследования студентов в решении актуальных проблем АПК: мат-лы регион. студ. науч.-практ. конф. Иркутск, – 2016. – № 2. – С. 14–20.
11. Blix A.S. The venous system of seals, with new ideas on the significance of the extradural intravertebral vein // *Exp Biol*. – 2011. – № 214. – P. 35–39.
12. Ortiz R.M. Osmoregulation in marine mammals // *J Exp Biol*. – 2001. – № 204. – P. 1831–1844.
13. Hadziselimović H., Cus M. Blood vessels and excretory apparatus of the kidney in some wild animals // *Acta anatomica*. – 1975. – № 91. – P. 71–82.

REFERENCES

1. Volodina V.V., *Morphofunctional state of organs and tissues of the Caspian seal (Phoca Caspia, Gmelin, 1788) in modern environmental conditions* (Morphofunctional state of organs and tissues of the Caspian seal (Phoca Caspia, Gmelin, 1788) in modern environmental conditions), Candidates thesis, Astrakhan, 2014, 205 p.
2. Gladkaya T.E., *Nauchnye issledovaniya studentov v reshenii aktual'nykh problem APK* (Scientific research of students in solving current problems of the agro-industrial complex), Proceedings of the Conference Title, 2014, No. 3, pp. 27–31. (In Russ.)
3. Gladkaya T.E., *Nauchnye issledovaniya studentov v reshenii aktual'nykh problem APK* (Scientific research of students in solving current problems of the agro-industrial complex), Proceedings of the Conference Title, 2015, No. 3, pp. 30–34.
4. Zelenevskij N.V., *Mezhdunarodnaya veterinarnaya anatomicheskaya nomenklatura na latinskom i russkom yazykah. Nomina Anatomica Veterinaria* (International Veterinary Anatomical Nomenclature in Latin and Russian. *Nomina Anatomica Veterinaria*), Sankt-Peterburg: Lan', 2013, 400 p.
5. Kuzin A.E., *Severnuyu morskoy kotik* (Northern fur seal), Moscow: Council on Marine Mammals, 1999, 396 p.

6. Pomoinitskaya T.E., *Morfologicheskie osobennosti mochevydelitel'noy sistemy i ee krovenosnogo rusla baykal'skoy nerpy v postnatal'nom ontogeneze* (Morphological features of the urinary system and its circulatory system of the Baikal seal in postnatal ontogenesis), Candidates thesis, Stavropol, 2022, 165 p.
7. Pomoinitskaya T.E., *Ippologiya i veterinariya*, Sankt-Peterburg, 2021, No. 3 (41), pp. 167–171. (In Russ.)
8. Pomoinitskaya T.E., *Nauchnye issledovaniya i razrabotki k vnedreniyu v APK* (Scientific research and development for implementation in the agro-industrial complex), Proceedings of the Conference Title, 2020, pp. 217–223. (In Russ.)
9. Pomoinitskaya T.E., *Nauchnye issledovaniya studentov v reshenii aktual'nykh problem APK* (Scientific research of students in solving current problems of the agro-industrial complex), Proceedings of the Conference Title, 2017, pp. 459–465. (In Russ.)
10. Pomoinitskaya T.E., *Nauchnye issledovaniya studentov v reshenii aktual'nykh problem APK* (Scientific research of students in solving current problems of the agro-industrial complex), Proceedings of the Conference Title, 2016, No. 2, pp. 14–20. (In Russ.)
11. Blix A.S., The venous system of seals, with new ideas on the significance of the extradural intravertebral vein, *Exp Biol.*, 2011, No. 214, pp. 35–39.
12. Ortiz R.M., Osmoregulation in marine mammals, *J. Exp. Biol.*, 2001, No. 204, pp. 1831–1844.
13. Hadziselimović H., Cus M., Blood vessels and excretory apparatus of the kidney in some wild animals, *Acta anatomica*, 1975, No. 91, pp. 71–82.

АЗОТИСТЫЙ ОБМЕН У ЧЕРНО-ПЕСТРОГО СКОТА КУЗБАССА**Е.И. Тарасенко**, аспирант**О.И. Себежко**, кандидат биологических наук*Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия***E-mail:** tarasenkoo1997@mail.ru**Ключевые слова:** азотистый обмен, крупный рогатый скот, черно-пестрая порода.

Реферат. Был проведен исследовательский анализ азотистого обмена у черно-пестрого скота в условиях Кузбасского региона. В экспериментальную группу были отобраны здоровые животные в возрасте 2-й лактации с уровнем продуктивности от 7300 до 10500 кг. Лабораторные исследования проведены на базе кафедры ветеринарной генетики и биотехнологии Новосибирского государственного аграрного университета. Показатели обмена азота в сыворотке крови оценивались фотометрически на биохимическом полуавтоматическом анализаторе Photometer 5010 V5+. Использовались наборы реактивов фирм «Вектор-Бест» и «Ольвекс-Диагностикум». При биометрической обработке данных применяли стандартные методики описательной статистики и робастные показатели. Для оценки нормальности распределения данных использовался критерий Андерсона–Дарлинга. При расчёте корреляционных отношений применяли коэффициент Пирсона. Вычисления производили в среде программирования RStudio. Полученные средние значения показателей азотистого обмена находились в пределах физиологической нормы. Наблюдалась наибольшая положительная связь между уровнями мочевины и мочевой кислоты, а также мочевиной и креатинином. Между остальными показателями азотистого обмена связи не выявлено. Не обнаружено различий в величине надоя у коров с высокими и низкими показателями азотистого обмена. Представлены графики размаха содержания азотистых показателей у коров черно-пестрой породы в период лактации. Расчеты референтных показателей, основанные на данных молочного скота Кузбасса, позволяют более точно оценивать клиническое состояние животных и своевременно обнаруживать отклонения от установленных нормативных значений. Необходимо также учитывать референтные пределы при контроле качества и полноценности кормления крупного рогатого скота.

NITROGEN METABOLISM IN BLACK-MOILED CATTLE OF KUZBASS**E.I. Tarasenko**, PhD student**O.I. Sebezhko**, PhD in Biological Sciences*Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia***E-mail:** tarasenkoo1997@mail.ru**Keywords:** nitrogen metabolism, cattle, black-and-white breed.

Abstract. A research analysis of nitrogen metabolism in black-and-white cattle was carried out in the conditions of the Kuzbass region. Healthy animals at the age of 2nd lactation with a productivity level from 7300 to 10500 kg were selected for the experimental group. Laboratory studies were carried out at the Department of Veterinary Genetics and Biotechnology of the Novosibirsk State Agrarian University. Indicators of nitrogen metabolism in blood serum were assessed photometrically on a biochemical semi-automatic analyzer Photometer 5010 V5+. Reagent kits from Vector-Best and Olvex-Diagnosticum were used. When biometric data processing, standard descriptive statistics techniques and robust indicators were used. The Anderson-Darling test was used to assess the normality of data distribution. When calculating correlation relationships, the Pearson coefficient was used. Calculations were performed in the "RStudio" programming environment. The obtained average values of nitrogen metabolism indicators were within the physiological norm. The strongest positive associations were observed between urea levels and uric acid, and urea and creatinine. No connection was found between other indicators of nitrogen metabolism. There were no differences in milk yield between cows with high and low levels of nitrogen metabolism. Graphs of the range of nitrogen content in black-and-white cows during lactation are presented. Calculations of reference indicators based on data from Kuzbass dairy cattle make it possible to more accurately assess the clinical condition of animals and timely detect deviations from established standard values. It is also necessary to take into account reference limits when monitoring the quality and completeness of cattle feeding.

Процессы обмена азота являются основными составляющими пластического обмена у крупного рогатого скота [1, 2]. Большое значение придается изучению азотистого обмена в зависимости от направления продуктивности, уровня кормления, возраста животных, экологических условий [3, 4].

Азотистый обмен включает в себя обмен высокомолекулярных органических соединений, таких как простые и сложные белки, рибонуклеиновые и дезоксирибонуклеиновые кислоты, а также их продукты распада: аминокислоты, пептиды, нуклеотиды. Кроме того, в азотистый обмен входят конечные продукты обмена, такие как мочевины, креатинин, мочевиная кислота, амины и аммиак [5–8, 9].

Баланс азота – это важнейший показатель белкового питания крупного рогатого скота [10, 11]. Метаболизм азотистых веществ играет важную роль во время лактации, особенно у высокопродуктивных коров [12, 13]. Этот период характеризуется высокой потребностью в белке и аминокислотах, активно участвующих в молокообразовании [14, 15]. При дисбалансе аминокислот в рационе лактирующих коров их недостаток может быть компенсирован за счет мобилизации белков из тканей. Для обогащения рациона коров азотом при силосовании можно добавлять мочевины, так как целлюлолитические бактерии рубца используют аммиак в качестве источника азота [16, 17].

Постоянное содержание белка в крови является показателем здоровья животного [18]. Гипопротеинемия указывает на дефицит белков в рационе и плохое усвоение протеина из корма. Гиперпротеинемия наблюдается при высококонцентрированном типе кормления, заболеваниях желудочно-кишечного тракта [19]. Исследования, проведенные М.Е. Остяковой, показывают, что у молочных коров на 2–4 месяце лактации повышенное содержание белка в крови при низком уровне альбуминов и увеличении мочевины может свидетельствовать о начале компенсаторной фазы нарушения азотистого обмена [20].

Регулирующим механизмом обмена азота является образование и введение мочевины [5, 21, 22]. При положительном азотистом обмене её выделение уменьшается, а при повышенном потреблении белка или его распаде, увеличенной мышечной работе уровень мочевины в

моче повышается [13]. Экскреция креатинина с мочой линейно связана с массой тела в той же зависимости, которая существует между мышечной тканью и массой тела [13, 15, 21]. Если рацион животного сбалансирован, то по мере роста процент белка в организме уменьшается, а отложение жира увеличивается, поэтому у растущих животных экскреция креатинина, выраженная в мг/кг массы тела, меняется.

Исследования метаболизма и биохимического состояния крупного рогатого скота позволяют уточнить механизмы взаимодействия генетических и средовых факторов [5, 20, 23–25]. У животных под воздействием экологических и антропогенных факторов, определенного типа кормления формируется уникальный метаболический профиль, отражающийся в средних значениях содержания, характере и пределах изменчивости показателей [26–31].

Цель нашего исследования – изучить содержание и фенотипическую изменчивость параметров азотистого обмена у коров черно-пестрой породы в эколого-географических условиях Кузбасса.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследование биохимического статуса было проведено на 28 коровах 2-й лактации черно-пестрой породы, разводимых в Кузбассе. Кровь из хвостовой вены животных была взята утром, перед кормлением, с использованием вакуэт-метода. В момент взятия проб коровы находились в состоянии клинического здоровья. Рацион кормления соответствовал зоотехническим нормам для данного уровня молочной продуктивности (9–10 тыс. кг).

Все показатели азотистого обмена, такие как общий белок, мочевины, мочевиная кислота и креатинин, были определены в сыворотке крови. Измерение этих параметров проводилось на полуавтоматическом биохимическом анализаторе Photometer 5010V5+.

Исследования были проведены в экологически благополучных условиях. Оценка почвы, воды и кормов в зоне разведения животных показала, что содержание тяжелых металлов не превышало установленных предельно допустимых уровней [32–35].

Данные были обработаны стандартными методами описательной статистики. Проверка

на нормальность распределения осуществлялась с применением критерия Андерсона–Дарлинга. Корреляционные отношения вычислялись с использованием коэффициента Пирсона [36, 37].

При вычислении доверительных интервалов референтных пределов использовали бутстрэппинг-метод, основанный на скорректированных и несмещенных процентильных интервалах.

Процедуры для вычисления референтных интервалов выполняли в соответствии с ГОСТ Р 53022.3–2008 «Требования к качеству клинических лабораторных исследований», а также учитывали стандарты Института клинических и лабораторных стандартов (Clinical and Laboratory Standards Institute – CLSI), рекомендован-

ные Международной федерацией клинической химии.

Исходные данные были обработаны статистически с помощью программного обеспечения Microsoft Excel 2007 и статистического языка программирования RStudio.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В нашей работе представлены результаты средних популяционных характеристик азотистого обмена и фенотипическая изменчивость этих параметров у черно-пестрого скота Кузбасса в период 2-й лактации. Данные о нормальности распределения биохимических показателей представлены в табл. 1.

Таблица 1

Оценка характера распределения азотистых показателей (статистика Андерсона–Дарлинга) у черно-пестрого скота
Evaluation of the distribution pattern of nitrogen indicators (Anderson-Darling statistics) in black-and-white cattle

| Показатель | Значение критерия | p-value |
|--------------------------|-------------------|---------|
| Общий белок, г/л | 1,33 | 0,001 |
| Мочевина, ммоль/л | 0,47 | 0,22 |
| Мочевая кислота, ммоль/л | 2,21 | 8,82 |
| Креатинин, мкмоль/л | 1,37 | 0,001 |

Содержание общего белка и креатинина характеризовалось нормальным распределением Гаусса, мочевина и мочевая кислота имеют

распределение отличное от нормального ($p > 0,05$). Графики распределений уровня биохимических показателей представлены на рис. 1.

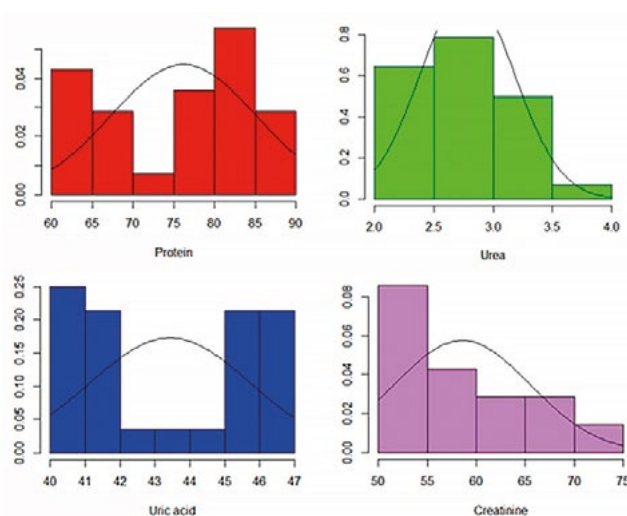


Рис. 1. Гистограмма распределения концентрации биохимических показателей в сыворотке крови скота черно-пестрой породы

Histogram of biochemical parameters in the blood serum of Black-and-White cattle

Концентрация общего белка у 39 % животных превышала нормативные значения (65–85 г/л). Повышенный уровень белка указывает на высококонцентратный тип кормления [15].

Полученные средние значения оцениваемых показателей варьируют в границах общепринятой нормы для крупного рогатого скота (табл. 2).

Таблица 2

Показатели описательной статистики параметров азотистого обмена коров черно-пестрой породы
Indicators of descriptive statistics of nitrogen metabolism parameters of Black-and-White cows

| Показатель | $\bar{X} \pm S\bar{X}$ | σ | Me | Min | Max | Q ₁ | Q ₃ | Cv, % | Норма |
|--------------------------|------------------------|----------|------|------|------|----------------|----------------|-------|---------|
| Общий белок, г/л | 76,2±1,7 | 8,92 | 78,8 | 62 | 87,6 | 66,55 | 84,05 | 11,7 | 65–85 |
| Мочевина, ммоль/л | 2,78±0,07 | 0,39 | 2,8 | 2,2 | 4,0 | 2,5 | 3,1 | 14,02 | 2,5–8,0 |
| Мочевая кислота, ммоль/л | 43,4±0,44 | 2,3 | 43,5 | 40,8 | 47,0 | 41,08 | 45,6 | 5,2 | 40–120 |
| Креатинин, мкмоль/л | 58,5±1,33 | 6,94 | 55,6 | 50 | 71 | 53 | 62,6 | 11,8 | 55–180 |

Примечание. \bar{X} – средняя арифметическая; S \bar{X} – ошибка средней арифметической; Me – медиана; Q₁ – первая квартиль, Q₃ – третья квартиль, IQR – межквартильный размах; Cv – коэффициент вариации.

Уровень мочевины и мочевой кислоты в крови коров тесно связан с содержанием аммиака в рубце и качеством протеина в рационе. В исследованной группе коров 46 % животных характеризовались низкими концентрациями мочевины (норма 2,8–8,8 ммоль/л). Можно отметить, что минимальная ошибка средней арифметической была отмечена для мочевины, что указывает на близость данных к среднему значению. Концентрация мочевой кислоты была значительно ниже нормы у 18 % коров (норма, 40–120 мкмоль/л).

Содержание креатинина у 64 % оцениваемых коров варьировал в пределах нормальных значений, однако у остальных животных отмечалось снижение этого показателя ниже уровня, считающегося нормальным.

Таким образом, средние уровни параметров азотистого обмена у черно-пестрого скота в основном находились в пределах нормы. Принимая во внимание диапазон коэффициентов вариации от 5 до 14 % по всем оцениваемым показателям, можно говорить о достаточно низкой фенотипической изменчивости и однородности выборки.

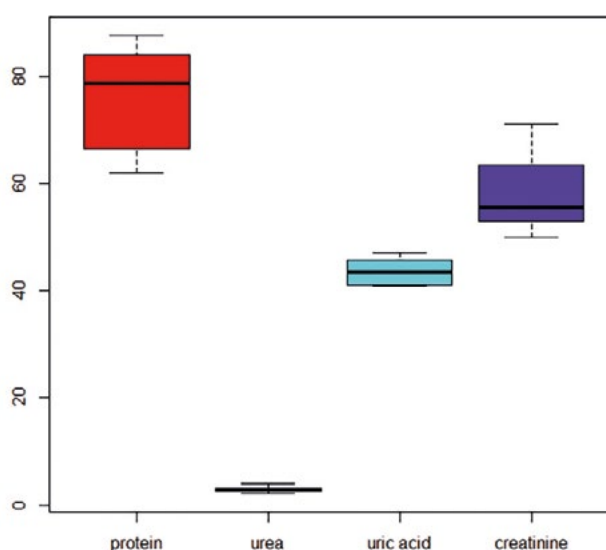


Рис. 2. Диаграмма размаха содержания азотистых показателей у коров черно-пестрой породы
Box-and-whiskers diagram of nitrogen content in Black-and-White cows

На рис. 2 продемонстрирована дисперсия азотистых показателей с учетом 1-й и 3-й квантили, подтверждающая отсутствие выбросов. Симметричные данные наблюдаются на диаграмме размаха для мочевой кислоты, что подтверждает нормальное распределение. В случае креатинина было отмечено незначительное смещение показателей.

Анализ корреляции по методу Пирсона показал наличие положительной связи между определенными биохимическими показателями. Обнаружена умеренная положительная связь как между уровнями мочевины и мочевой кислоты, так и между мочевиной и креатинином ($r = 0,573$ и $0,513$) (табл. 3). Между остальными биохимическими показателями связи не установлено.

Таблица 3

Корреляция между биохимическими показателями коров
Correlation between biochemical parameters of cows

| Коррелирующий показатель | | n | $r \pm S_{r(n)}$ |
|--------------------------|-----------------|----|--------------------|
| Общий белок | Мочевина | 28 | $-0,008 \pm 0,196$ |
| | Мочевая кислота | 28 | $-0,068 \pm 0,196$ |
| | Креатинин | 28 | $-0,297 \pm 0,187$ |
| Мочевина | Мочевая кислота | 28 | $0,573 \pm 0,161$ |
| | Креатинин | 28 | $0,513 \pm 0,168$ |
| Мочевая кислота | Креатинин | 28 | $0,173 \pm 0,193$ |

При сравнении величины надоя молока у коров с высокими и низкими показателями

азотистого обмена не было обнаружено значительных различий (табл. 4).

Таблица 4

Ассоциация содержания биохимических показателей и надоя молока у коров, кг
Association of biochemical parameters and cow milk yield, kg

| Показатель | Содержание | $\bar{X} \pm S_x$ | Cv, % |
|---------------------------|------------------|-------------------|-------|
| Общий белок, г/л | Низкое (< 69) | 10077 ± 1203 | 37,7 |
| | Высокое (> 83) | 7335 ± 758 | 32,6 |
| Мочевина, ммоль/л | Низкое (<2,6) | 8338 ± 1301 | 49,3 |
| | Высокое (>2,9) | 9771 ± 1225 | 39,6 |
| Мочевая кислота, мкмоль/л | Низкое (< 41,4) | 10461 ± 1548 | 46,7 |
| | Высокое (> 45,2) | 9180 ± 1352 | 46,5 |
| Креатинин, мкмоль/л | Низкое (< 540) | 9656 ± 1349 | 44,1 |
| | Высокое (> 60,1) | 10207 ± 1469 | 45,4 |

Для правильной интерпретации результатов лабораторных измерений, полученных для животных, необходимо сравнить их соответствующие контрольные пределы. Референтные интервалы (РИ) являются одним из важных инструментов для интерпретации лабораторных результатов и являются основой практической работы клинических лабораторий [31, 32]. Поэтому одной из задач нашего исследования был расчёт референтных показателей

азотистого обмена для коров оцениваемой популяционной группы.

В табл. 5 приведены сведения о РИ концентрации азотистых показателей в сыворотке крови черно-пестрого скота, выращиваемого в Кузбассе. Исследование этих РИ, типичных для нормального обмена в организме молочных коров, поможет установить стандартные показатели, соответствующие климатическим условиям и уровню антропогенного воздействия в Кузбасском регионе.

Референсные интервалы показателей азотистого обмена у коров черно-пестрой породы в Кузбассе
Reference intervals for nitrogen metabolism indicators in black-and-white cows in Kuzbass

| Показатель | РИ | 90 % ДИ нижнего предела | 90 % ДИ верхнего предела |
|---------------------------|-------------|----------------------------|-----------------------------|
| Белок общий, г/л | 57,06–96,14 | 51,79–63,53 | 92,32–104,05 |
| Мочевина, ммоль/л | 1,92–3,56 | 1,58–2,13 | 3,36–3,93 |
| Мочевая кислота, мкмоль/л | 38,55–48,28 | 35,58–40,73 | 46,27–50,29 |
| Креатинин, мкмоль/л | 41,33–72,92 | 37,21–44,94 | 68,62–78,75 |

Примечание. ДИ – доверительный интервал.

Доверительный интервал (ДИ) представляет собой диапазон значений, в котором находится величина параметра с определенной вероятностью, поэтому для повышения точности пределов РИ были рассчитаны их ДИ. Установленные РИ указывают на значения показателей азотистого обмена, соответствующие адекватному функционированию обменных процессов в органах и тканях молочного скота. Эти значения могут быть использованы при биокоррекции и поддержании оптимального функционального состояния коров с высокими уровнями продуктивности.

ВЫВОДЫ

1. В сыворотке крови черно-пестрого скота Кузбасса были определены средние значения показателей азотистого обмена, которые в большинстве случаев находились в пределах физиологической нормы. Полученные данные предоставляют возможность оценить нормальное течение обменных процессов в организме молочных коров в условиях Кузбасса, учитывая влияние антропогенной нагрузки.

2. Выявлены положительные корреляции между некоторыми биохимическими показателями, что отражает физиологичное протекание азотистого обмена. Наибольшие положительные связи обнаружены между мочевиной и мочевой кислотой, мочевиной и креатинином ($r = 0,573$ и $0,513$ соответственно).

3. Не было обнаружено значительных различий в уровне надоя у коров с высокими и низкими показателями азотистого обмена. Это связано с тем, что азотистый обмен является важным процессом в организме крупного рогатого скота, но его показатели не всегда коррелируют с молочной продуктивностью.

4. Определены референсные интервалы для коров голштинизированной черно-пестрой породы с высоким уровнем продуктивности: общий белок 57,06–96,14 г/л; мочевина 1,92–3,56 ммоль/л; мочевая кислота 38,55–48,28 мкмоль/л; креатинин 41,33–72,92 мкмоль/л. Данные значения позволяют осуществлять мониторинг функционального состояния организма молочных коров с высокой продуктивностью.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Protein status of holstinzied black and white cattle* / O.I. Sebeztko, R.V. Mayer, E.I. Tarasenko [et al.] // BIO Web of Conferences 36. Tyumen. – 2021. – P. 06023.
2. *Содержание и изменчивость показателей азотистого обмена у крупного рогатого скота голштинской породы в условиях Западной Сибири* / О. И. Себежко, Е. А. Климанова, К. Н. Нарожных [и др.] // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2022. – № 3 (64). – С. 125–133. – DOI 10.31677/2072-6724-2022-64-3-125-133. – EDN OXISCR.
3. *Гормональный и метаболический статус бычков голштинской породы в эколого-климатических условиях Кемеровской области* / Л.В. Осадчук, О.И. Себежко, Н.Г. Шишин [и др.] // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2017. – № 2 (43). – С. 52–61. – EDN YUAAAYL.
4. *Александрова Д.А., Тарасенко Е.И.* Физиологическая оценка состояния азотистого обмена у коров черно-пестрой породы в возрасте 3–5 лет // Проблемы биологии, зоотехнии и биотехнологии:

- сб. тр. науч.-практ. конф. научного общества студентов и аспирантов биолого-технологического факультета. Новосибирск, 2021. – С. 156–159.
5. *Влияние быков-производителей голштинской породы на уровень мочевины в сыворотке крови / О.И. Себежко, К.Н. Нарожных, О.С. Короткевич [и др.] // Зоотехния. – 2021. – № 7. – С. 17–20. – DOI: 10.25708/ZT.2021.93.50.004. – EDN VMQDUW.*
 6. *Genetic similarity of siberian pig breeds in allele frequencies of serum protein allotype systems / E.V. Kamaldinov, V.L. Petukhov, O.S. Korotkevich [et al.] // Indian Veterinary Journal. – 2018. – Т. 95. – № 2. – P. 47–49.*
 7. *Белковый обмен у свиней кемеровской породы / А.В. Назаренко, О.И. Себежко, В.А. Андреева [и др.] // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2019. – № 4 (53). – С. 55–64. – DOI: 10.31677/2072-6724-2019-53-4-55-64. – EDN EMNREA.*
 8. *Александрова Д.А., Тарасенко Е.И. Оценка биохимических показателей коров черно-пестрой породы в условиях Кузбасса // Сельскохозяйственные науки: мат-лы 59-й Междунар. науч. студ. конф. Новосибирск, 2021. – С. 31–32.*
 9. *Изменчивость показателей азотистого обмена коров черно-пестрой породы в условиях Кузбасса / Е.И. Тарасенко, О.И. Себежко, А.В. Ковалев, И.Н. Морозов // Роль аграрной науки в устойчивом развитии сельских территорий: сб. V Всерос. (национальной) науч. конф. – 2020. – С. 256–259.*
 10. *Fomenko P.A. Analysis of the analysis of diets for biochemical parameters of blood // Dairy business bulletin. – 2013. – № 4 (12). – P. 45–49.*
 11. *Шейко И.П., Горлов И.Ф., Радчиков В.Ф. Продуктивность бычков и качество мяса при повышенном уровне энергии в рационе // Зоотехническая наука Беларуси. – 2014. – № 49 (2). – С. 216–223.*
 12. *Чабаев М.Г., Некрасов Р.В., Романов В.Н. Молочная продуктивность, обменные процессы и показатели воспроизводства у высокопродуктивных коров под влиянием защищенного L-карнитина // Сельскохозяйственная биология. – 2018. – Т. 53, № 6. – С. 1169–1179.*
 13. *Tairova A.R. Influence of optimal nutrition on the exchange of dairy cows // Bulletin of the Kurg State Agricultural Academy. – 2014. – № 3. – P. 59–61.*
 14. *Александрова Д.А., Тарасенко Е.И., Себежко О.И. Особенности ферментативного статуса коров голштинской породы в условиях Западной Сибири // Пища. Экология. Качество: тр. XVII Междунар. науч.-практ. конф. Екатеринбург, 2020. – С. 38–41.*
 15. *Изменение биохимических показателей крови у высокопродуктивных коров во время беременности и в послеродовой период / В.А. Сафонов, А.Г. Нежданов, М.И. Рецкий, В.И. Шушлебін // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2008. – № 3. – С. 74–76.*
 16. *Ecological and biogeochemical evaluation of elements content in soils and fodder grasses of the agricultural lands of Siberia / A.I. Syso, M.A. Lebedeva, A.S. Cherevko [et al.] // Journal of Pharmaceutical Sciences and Research. – 2017. – Vol. 9, № 4. – P. 368–374.*
 17. *Профилактика нарушений физиолого-биохимического статуса у высокопродуктивных коров в условиях промышленного содержания / Н.И. Ярован, М.В. Петрушина, Е.С. Дементьева, В.В. Лешин // Вестник Орловского государственного аграрного университета. – 2012. – № 1 (34). – С. 98–100.*
 18. *Белковый статус крови голштинского скота, разводимого в Кемеровской области / Е.П. Мазурина, О.И. Себежко, Н.И. Шишин [и др.] // Теория и практика современной аграрной науки: сб. национальной (Всероссийской) науч. конф., Новосибирск, 20 февр. 2018 г. / Новосибирский государственный аграрный университет. – Новосибирск: ИЦ «Золотой колос», 2018. – С. 115–117. – EDN YULOAS.*
 19. *Тарасенко Е.И., Александрова Д.А. Биохимический статус коров с нарушением функции печени // МНСК–2020. Биология: Мат-лы 58-й Междунар. науч. студ. конф. – 2020. – С. 47.*
 20. *Остякова М. Болезни обмена веществ крупного рогатого скота, связанные с неполноценным кормлением // Ветеринария сельскохозяйственных животных. – 2017. – № 2. – С. 22–25.*
 21. *Влияние генотипа быков-производителей голштинской породы на уровень некоторых показателей азотистого обмена потомства в условиях Западной Сибири / О.И. Себежко, К.Н. Нарожных, Т.В. Коновалова [и др.] // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2020. – № 1 (54). – С. 72–81. – DOI: 10.31677/2072-6724-2020-54-1-72-81. – EDN EAIYQZ.*
 22. *Trebukhov A.V. Diseases are dangerous for agricultural animals and their prevention // Science and innovations. – 2014. – № 8 (138). – P. 15–20.*

23. *Физиологический* статус быков производителей трех пород в эколого-климатических условиях Алтайского края / Л.В. Осадчук, М.А. Клещев, О.И. Себежко [и др.] // Мат-лы XXIII съезда физиологического общества им. И.П. Павлова с международным участием. – М., – 2017. – С. 2482–2484.
24. *Characterizing* physiological status in three breeds of bulls reared under ecological and climate conditions of the Altai region / L.V. Osadchuk, M.A. Kleshev, O.I. Sebezshko // Iraqi Journal of Veterinary Sciences. – 2017. – Vol. 31, № 1. – P. 35–42.
25. *Современные* аспекты метаболизма холестерина у крупного рогатого скота / О.И. Себежко, К.Н. Нарожных, О.С. Короткевич [и др.] // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2021. – № 2 (59). – С. 91–105. – DOI: 10.31677/2072-6724-2021-59-2-91-105. – EDN AVKKTQ.
26. *Тарасенко Е.И., Александрова Д.А.* Изменчивость показателей белкового обмена коров черно-пестрой породы в условиях Кузбасса // Проблемы биологии, зоотехнии и биотехнологии: сб. тр. науч.-практ. конф. научного общества студентов и аспирантов биолого-технологического факультета. – Новосибирск, 2021. – С. 174–178.
27. *Содержание* и изменчивость уровня щелочной фосфатазы у коров черно-пестрой породы в условиях Кузбасса / Е.И. Тарасенко, О.И. Себежко, Д.А. Александрова, Р.В. Майер // От импортозамещения к экспортному потенциалу: научное обеспечение инновационного развития животноводства и биотехнологий. – Екатеринбург, 2021. – С. 104–106.
28. *Фенотипическая* изменчивость активности ферментов полновозрастных овцематок романовской породы в условиях Кузбасса / И.Н. Морозов, О.И. Себежко, Е.И. Тарасенко, Е.А. Климанова // Достижения науки и техники АПК. – 2022. – Т. 36, № 6. – С. 61–65. – DOI: 10.53859/02352451_2022_36_6_61. – EDN BCMXUI.
29. *Липидный* статус овцематок романовской породы на юге Западной Сибири / И.Н. Морозов, О.И. Себежко, Е.И. Тарасенко, Е.А. Климанова // Достижения науки и техники АПК. – 2022. – Т. 36, № 7. – С. 71–76. – DOI: 10.53859/02352451_2022_36_7_71. – EDN TJSOSC.
30. *Минеральный* обмен у быков-производителей симментальской породы / А.В. Назаренко, Е.П. Мазурина, Е.В. Фихман, О.И. Себежко // Актуальные проблемы агропромышленного комплекса: сб. тр. науч.-практ. конф. преподавателей, студентов, магистрантов и аспирантов, посвящ. 80-летию Новосибирского ГАУ. Новосибирск, 2016. – С. 209–211.
31. *Lead* content in bristle in aboriginal pigs of Siberia / A.V. Nazarenko, O.A. Zaiko, T.V. Konovalova [et al.] // Trace Elements and Electrolytes. – 2021. – Vol. 38, № 3. – P. 150.
32. *Content* of 137Cs and 90Sr in the forages of various ecological zones of Western Siberia / O.S. Korotkevich, V.L. Petukhov, O.I. Sebezshko [et al.] // Russian Agricultural Sciences. – 2014. – Vol. 40, № 3. – P. 195–197.
33. *Accumulation* of Cu and Zn in the soils, rough fodder, organs and muscle tissues of cattle in Western Siberia / V.L. Petukhov, A.I. Syso, K.N. Narozhnykh [et al.] // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2016. – Vol. 7, № 4. – P. 2458–2464
34. *Skiba T.V., Tsygankova A.R., Borisova N.S.* Direct determination of copper, lead and cadmium in the whole bovine blood using thick film modified graphite electrodes // Journal of Pharmaceutical Sciences and Research. – 2017. – Vol. 9, № 6. – P. 958–964.
35. *Biochemical* and mineral parameters in pigs of two breeds reared in large industrial complexes of Western Siberia / O.I. Sebezshko, O.S. Korotkevich, T.V. Konovalova [et al.] // Journal of Agricultural, Food, and Environmental Sciences. – 2017. – Vol. 71, № 1. – P. 186–190.
36. *Correlation* of phosphorus level with macroand microelements in the bristles of landrace pigs / O.A. Zayko, A.V. Nazarenko, M.V. Strizhkova [et al.] // BIO Web of Conferences 36. Tyumen. – 2021. – P. 06031
37. *Correlation* of the iron level in the bristles of kemerovo pigs with macro- and essential microelements / A.V. Nazarenko, O.A. Zaiko, O.S. Korotkevich [et al.] // BIO Web of Conferences 36. Tyumen. – 2021. – P. 06032.
38. *Тарасенко Е.И., Себежко О.И., Климанова Е.А.* Референсные интервалы концентраций биохимических показателей в сыворотке крови черно-пестрого скота Кузбасса // Актуальные проблемы агропромышленного комплекса: сб. тр. науч.-практ. конф. преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов Новосибирского ГАУ. Новосибирск, 2021. – С. 480–484.

39. Kovalev A.V., Sebezshko O.I., Morozov I.N. The quantitative content of urea in Black mottle bulls under the conditions of Western Siberia // Современные тенденции сельскохозяйственного производства в мировой экономике: мат-лы XXI Междунар. науч.-практ. конф., Кемерово, 7–8 декабря 2022 г. – Кемерово: Кузбасская государственная сельскохозяйственная академия, 2022. – С. 241–247. – EDN TAIXEX.

REFERENCES

1. Sebezshko O.I., Mayer R.V., Tarasenko E.I. et al., Protein status of holstinated black and white cattle, *BIO Web of Conferences* 36. Tyumen, 2021, pp. 06023.
2. Sebezshko O.I., Klimanova E.A., Narozhnykh K.N., Korotkevich O.S., Alexandrova D.A., *Vestnik NGAU*, 2022, No. 3 (64), pp. 125–133. (In Russ.)
3. Osadchuk L.V., Sebezshko O.I., Shishin N.G., Korotkevich O.S., Konovalova T.V., Petukhov V.L., Fikhman E.V., *Vestnik NGAU*, 2017, No. 2(43), pp. 52–61. (In Russ.)
4. Aleksandrova D.A., Tarasenko E.I., *Problemy biologii, zootekhnii i biotekhnologii* (Problems of biology, zootechnics and biotechnology), Proceedings of the Conference Title, Novosibirsk, 2021, pp. 156–159. (In Russ.)
5. Sebezshko O.I., Narozhnykh K.N., Korotkevich O.S., Konovalova T.V., Tarasenko E.I., *Zootekhnika*, 2021, No. 7, pp. 17–20, DOI: 10.25708/ZT.2021.93.50.004, EDN VMQDUW. (In Russ.)
6. Kamaldinov E.V., Petukhov V.L., Korotkevich O.S. et al., Genetic similarity of siberian pig breeds in allele frequencies of serum protein allotype systems, *Indian Veterinary Journal*, 2018, T. 95, No. 2, pp. 47–49.
7. Nazarenko A.B., Sebezshko O.I., Andreeva V.A., Konovalova T.V., Korotkevich O.S., Romanenko M.A., Klimanova E.A., Saurbaeva R.T., Narozhnykh K.N., Petukhov V.L., Kochnev N.N., *Vestnik NGAU (Novosibirskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet)*, 2019, No. 4(53), pp. 55–64. (In Russ.)
8. Aleksandrova D.A., Tarasenko E.I., *Sel'skohozyajstvennye nauki* (Agricultural sciences), Proceedings of the Conference Title, Novosibirsk, 2021, pp. 31–32. (In Russ.)
9. Tarasenko E.I., Sebezshko O.I., Kovalev A.V., Morozov I.N., *Rol' agrarnoj nauki v ustojchivom razvitanii sel'skih territorij* (The role of agricultural science in sustainable development of rural areas), Proceedings of the Conference Title, 2020, pp. 256–259. (In Russ.)
10. Fomenko P.A., Analysis of the analysis of diets for biochemical parameters of blood, *Dairy business bulletin*, 2013, No. (12), pp. 45–49.
11. Shejko I.P., Gorlov I.F., Radchikov V.F., *Zootekhnicheskaya nauka Belarusi*, 2014, No. 49(2), pp. 216–223. (In Russ.)
12. Chabaev M.G., Nekrasov R.V., Romanov V.N., *Sel'skohozyajstvennaya biologiya*, 2018, T. 53, No. 6, pp. 1169–1179. (In Russ.)
13. Tairova A.R., Influence of optimal nutrition on the exchange of dairy cows, *Bulletin of the Kurg State Agricultural Academy*, 2014, No. 3, pp. 59–61.
14. Aleksandrova D.A., Tarasenko E.I., Sebezshko O.I., *Pishcha. Ekologiya. Kachestvo* (Food. Ecology. Quality), Proceedings of the Conference Title, 2020, pp. 38–41. (In Russ.)
15. Safonov V.A., Nezhdanov A.G., Reckij M.I., Shushlebin V.I., *Vestnik Rossijskoj akademii sel'skohozyajstvennyh nauk*, 2008, No. 3, pp. 74–76. (In Russ.)
16. Syso A.I., Lebedeva M.A., Cherevko A.S. et al., Ecological and biogeochemical evaluation of elements content in soils and fodder grasses of the agricultural lands of Siberia, *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 2017, T. 9, No. 4, pp. 368–374.
17. Yarovan N.I., Petrushina M.V., Dement'eva E.S., Leshin V.V., *Vestnik Orlovskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2012, No. 1(34), pp. 98–100. (In Russ.)
18. Mazurina E.P., Sebezshko O.I., Shishin N.I., Nazarenko A.V., Fikhman E.V., *Teoriya i praktika sovremennoi agrarnoi nauki* (Theory and practice of modern agricultural science), Proceedings of the Conference Title, 2018, pp. 115–117. (In Russ.) (In Russ.)
19. Tarasenko E.I., Aleksandrova D.A., *MNSK-2020. Biologiya* (MNSK-2020. Biology), Proceedings of the Conference Title, 2020, pp. 47. (In Russ.)
20. Ostyakova M., *Veterinariya sel'skohozyajstvennyh zhivotnyh*, 2017, No. 2, pp. 22–25. (In Russ.)

21. Sebezshko O.I., Narozhnykh K.N., Konovalova T.V., Korotkevich O.S., Slobozhanin D.M., Nazarenko A.V., *Vestnik NGAU (Novosibirskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet)*, 2020, No. 1(54), pp. 72–81. (In Russ)
22. Trebukhov A.V., Diseases are dangerous for agricultural animals and their prevention, *Science and innovations*, 2014, No. 8(138), pp. 15–20.
23. Osadchuk L.V., Kleshchev M.A., Sebezshko O.I., Korotkevich O.S., Petukhov V.L., *Materialy XXIII s"ezda Fiziologicheskogo obshchestva im. I. P. Pavlova s mezhdunarodnym uchastiem*, 2017, pp. 2482–2484. (In Russ)
24. Osadchuk L.V., Kleshchev M.A., Sebezshko O.I., Characterizing physiological status in three breeds of bulls reared under ecological and climate conditions of the Altai region, *Iraqi Journal of Veterinary Sciences*, 2017, T. 31, No. 1, pp. 35–42.
25. Sebezshko O.I., Narozhnykh K.N., Korotkevich O.S., Alexandrova D.A., Morozov I.N., *Vestnik NGAU*, 2021, No. 2 (59), pp. 91–105. (In Russ.)
26. Tarasenko E.I., Aleksandrova D.A., *Problemy biologii, zootehnii i biotekhnologii* (Problems of biology, zootechnics and biotechnology), Proceedings of the Conference Title, Novosibirsk, 2021, pp. 174–178. (In Russ)
27. Tarasenko E.I., Sebezshko O.I., Aleksandrova D.A., Majer R.V., *Ot importozameshcheniya k eksportnomu potencialu: nauchnoe obespechenie innovacionnogo razvitiya zhivotnovodstva i biotekhnologii*, 2021, pp. 104–106. (In Russ)
28. Morozov I.N., Sebezshko O.I., Tarasenko E.I., Klimanova E.A., *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2022, T. 36, No. 6, pp. 61–65. (In Russ)
29. Morozov I.N., Sebezshko O.I., Tarasenko E.I., Klimanova E.A., *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2022, T. 36, No. 7, pp. 71–76. (In Russ.)
30. Nazarenko A.V., Mazurina E.P., Fihman E.V., Sebezshko O.I., *Aktual'nye problemy agropromyshlennogo kompleksa* (Current issues of the agro-industrial complex), Proceedings of the Conference Title, 2016, pp. 209–211. (In Russ.)
31. Nazarenko A.V., Zaiko O.A., Konovalova T.V. et al., Lead content in bristle in aboriginal pigs of Siberia, *Trace Elements and Electrolytes*, 2021, T. 38, No. 3, pp. 150.
32. Korotkevich O.S., Petukhov V.L., Sebezshko O.I. et al., Content of ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr in the forages of various ecological zones of Western Siberia, *Russian Agricultural Sciences*, 2014, T. 40, No. 3, pp. 195–197.
33. Petukhov V.L., Syso A.I., Narozhnykh K.N. et al., Accumulation of Cu and Zn in the soils, rough fodder, organs and muscle tissues of cattle in Western Siberia, *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 2016, T. 7, No. 4, pp. 2458–2464.
34. Skiba T.V., Tsygankova A.R., Borisova N.S., Direct determination of copper, lead and cadmium in the whole bovine blood using thick film modified graphite electrodes, *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 2017, T. 9, No. 6, pp. 958–964.
35. Sebezshko O.I., Korotkevich O.S., Konovalova T.V. et al., Biochemical and mineral parameters in pigs of two breeds reared in large industrial complexes of Western Siberia, *Journal of Agricultural, Food, and Environmental Sciences*, 2017, T. 71, No. 1, pp. 186–190.
36. Zayko O.A., Nazarenko A.V., Strizhkova M.V., Zheltikov A.I., Konovalova T.V., Correlation of phosphorus level with macro and microelements in the bristles of landrace pigs, *BIO Web of Conferences 36. Tyumen*, 2021, pp. 06031.
37. Nazarenko A.V., Korotkevich O.S., Konovalova T.V., Zaiko O.A., Correlation of the iron level in the bristles of kemerovo pigs with macro- and essential microelements, *BIO Web of Conferences 36. Tyumen*, 2021, pp. 06032.
38. Tarasenko E.I., Sebezshko O.I., Klimanova E.A., *Aktual'nye problemy agropromyshlennogo kompleksa* (Current issues of the agro-industrial complex), Proceedings of the Conference Title, Novosibirsk, 2021, pp. 480–484. (In Russ.)
39. Kovalev, A. V., Sebezshko O.I., Morozov I.N., *Sovremennye tendencii sel'skhozajstvennogo proizvodstva v mirovoj jekonomike* (Modern trends in agricultural production in the global economy), Proceedings of the Conference Title, 2022, pp. 241–247. (In Russ.)

ПРИМЕНЕНИЕ СРЕДСТВ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ В МОЛОЧНОМ СКОТОВОДСТВЕ И ИХ РОЛЬ В ПОВЫШЕНИИ ПОПУЛЯЦИОННОГО ЗДОРОВЬЯ И ПРОДУКТИВНОСТИ ЖИВОТНЫХ

¹С.С. Терентьев, кандидат биологических наук

²А.В. Пашкин, доктор ветеринарных наук, профессор

²Е.И. Бурова, кандидат ветеринарных наук

¹Верхневолжский государственный агробиотехнологический университет, Иваново, Россия

²Нижегородский государственный агротехнологический университет, Нижний Новгород, Россия

E-mail: elyckova0@gmail.com

Ключевые слова: крупный рогатый скот, доильная установка, датчик отслеживания, автономные роботизированные системы, популяционное здоровье, биологическая и продовольственная безопасность, агротрансформация, цифровая трансформация.

Реферат. Цель исследования – рассмотреть пути внедрения цифровых технологий и современных технических решений для обеспечения популяционного здоровья животных в условиях современного молочного скотоводства. В статье рассмотрены современные цифровые технические средства и автоматизированные по их средствам производственные процессы молочного скотоводства. В ходе исследования были определены основные задачи для успешной реализации цифровой трансформации и обеспечения популяционного здоровья животных в молочном скотоводстве: поиск биомаркеров патологических и физиологических состояний животных, разработка методов определения найденных биомаркеров, разработки технических решений регистрации параметров и их внедрения в производство. На данный момент реализованы автоматические системы диагностики состояния организма животных посредством звуковых датчиков, приборов определения активности животного и положения тела в пространстве. Датчики определения электропроводимости молока позволяют определить мастит на начальной стадии патологического процесса, а в сочетании с датчиками определения концентрации гормонов в молоке появляется возможность определить период полового цикла. Камеры ИКС позволяют определять зоны воспаления на теле животного. Современная система 3D-камер в сочетании с программным обеспечением позволяет проводить автоматическую оценку упитанности ежедневно. Таким образом, внедренные автоматизированные системы позволяют снизить время контакта человека с животным, что положительно влияет на здоровье животного. С другой стороны, постоянный контроль за важными показателями здоровья животных позволяет своевременно выявлять начало заболевания. Все вышеперечисленное позволяет обеспечить популяционное здоровье на молочных фермах.

APPLICATION OF DIGITAL TRANSFORMATION TOOLS IN DAIRY CATTLE FARMING AND THEIR ROLE IN IMPROVING POPULATION HEALTH AND ANIMAL PRODUCTIVITY

¹S.S. Terentyev, PhD in Biological Sciences

²A.V. Pashkin, Doctor of Veterinary Sciences, Professor

²E.I. Burova, PhD in Veterinary Sciences

¹Upper Volga State Agrobiotechnological University, Ivanovo, Russia

²Nizhny Novgorod State Agrotechnological University, Nizhny Novgorod, Russia

E-mail: elyckova0@gmail.com

Keywords: cattle, milking machine, tracking sensor, autonomous robotic systems, population health, biological and food security, agrotransformation, digital transformation.

Abstract. The aim of the study is to explore the ways of implementing digital technologies and modern technical solutions to ensure the population health of animals in the context of contemporary dairy farming. The paper discusses modern digital technical tools and automated processes in dairy farming facilitated by these tools. In the course of the study, the main tasks for successful digital transformation and ensuring the population health of animals in dairy farming were identified: searching for biomarkers of pathological and physiological states

of animals, developing methods for determining found biomarkers, developing technical solutions for parameter registration and their implementation into production. At the moment, automatic systems for diagnosing the state of the animal's body have been implemented using sound sensors, devices for determining the activity of the animal and the position of the body in space. Sensors for determining the electrical conductivity of milk make it possible to determine mastitis at the initial stage of the pathological process. Sensors for determining the concentration of hormones in milk make it possible to determine the period of the sexual cycle. ICS cameras allow you to determine areas of inflammation on the animal's body. A modern 3-D camera system, combined with software, allows automatic measurement of animal body parameters on a daily basis. Thus, the implemented automated systems make it possible to reduce the time of human contact with an animal, which has a positive effect on the health of the animal. On the other hand, constant monitoring of important indicators of animal health allows timely detection of the onset of the disease. All of the above helps ensure population health on dairy farms.

Современные технологии все больше проникают во все сферы человеческой деятельности и, конечно, в ветеринарию сельскохозяйственного сектора. Активное внедрение цифровых технологий и новых технических решений в молочное скотоводство обеспечивает: высокую производительность труда; увеличение продуктивности конкретного животного и стада в целом; эффективность ветеринарной службы; реализацию программы биологической и продовольственной безопасности РФ. Современные технологии направлены на исключение человеческого фактора за счет замены человека механизмами и техническими средствами при выполнении однообразной работы и выявлении на ранних стадиях биомаркеров физиологических и патологических состояний животных.

Автоматизация производственных процессов в молочном животноводстве осуществляется на нескольких уровнях.

Во-первых, автоматизация уборки и поддержание в надлежащем ветеринарно-санитарном состоянии производственных помещений. Эта система была внедрена одной из первых, поскольку требовала значительных трудозатрат. Автоматические системы навозоудаления позволили обеспечить высокий ветеринарно-санитарный статус производственных помещений, что значительно снизило заболеваемость животных заразными и незаразными болезнями, позволило усилить интенсификацию животноводства и увеличить поголовье в производственных помещениях [1, 14].

Во-вторых, автоматическое доение коров. Современные доильные аппараты позволяют не только облегчить процесс доения, но и сделать его более гуманным для животных. На данный момент роботизированная дойка позволяет увеличить количество доек в сутки, что положительно влияет на здоровье коров и уровень

молочной продуктивности. Применение роботизированных систем доения позволяет снизить трудозатраты до 5–7 человеко-часов в год [2].

В-третьих, автоматизация кормления и поения. Специализированные роботы-кормораздатчики позволяют точно дозировать количество и состав корма для каждого животного, что способствует оптимальному росту и развитию коров.

В-четвертых, автоматизация управления стадом. Благодаря внедрению RFID-меток система распознает каждую корову, что позволяет отбирать и перегруппировывать коров без особых трудозатрат. Как правило, перегруппировку исполняют ворота-селектор, управляемые программой, а стимулирует движение коров автоматический погонщик, что позволяет сократить трудозатраты на обслуживающий персонал.

В-пятых, автоматизация процессов поддержания микроклимата. Разработка и внедрение систем контроля параметров окружающей среды в сочетании с машинами управления микроклиматом позволяют создавать определенные условия, необходимые для повышения продуктивности животного не только в животноводческом помещении, но и в отдельных его частях.

В-шестых, автоматизация контроля за состоянием и обеспечением популяционного здоровья животных. Использование сенсоров и систем отслеживания позволяет определять отклонения в физиологическом состоянии животных раньше, чем это сделал бы человек. Это не только значительно повышает продуктивность, эффективность преддиагностики заболеваний и сокращает затраты на лечение животных. Но и исключает человеческий фактор в работе ветеринарной службы и на производстве.

Мы изучили и провели анализ современных технологий автоматизации производственных

процессов молочного скотоводства и в работе ветеринарной службы в целом.

Цель исследования – рассмотреть пути внедрения цифровых технологий и современных технических решений для обеспечения популяционного здоровья животных в условиях современного молочного скотоводства.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Поиск научных источников проводили путем скрининга международных баз научного цитирования Web of Science, PubMed, Scopus, Google Scholar, Mendeley, ResearchGate и РИНЦ. После исключения повторяющихся и непроверенных данных, выбора публикаций, полностью соответствующих цели работы, отобрано 23 источника.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Современные цифровые технические средства, используемые в молочном скотоводстве

Современное автоматизированное оборудование ведет сбор информации и регистрацию событий посредством датчиков. От точности их измерений напрямую зависит адекватность работы роботизированных систем.

Акселерометры встраиваются к ошейнику, одной из конечностей или уху. Обычно они используются для оценки общего состояния и поведения на основании двигательной активности. Акселерометры точно регистрируют движения конечностей, включая время лежания, время стояния, количество шагов, оценку походки, время кормления. Многолетние исследования позволяют регистрировать различные модели поведения и детали поведения в моделях. Например, распознавания галопа, рыси и ходьбы, а также регистрации таких видов поведения, как прием пищи, питье воды, жевание, позитивное социальное взаимодействие, уход за собой и бездействие [22, 23].

В качестве датчиков измерения температуры тела используются болюсы, камеры инфракрасного спектра (КИС) регистрации и термометры. Все они применяются для регистрации температуры тела в различных анатомических областях животных (ректальную, преджелудков, глаз и др.). По данным зарубежных исследовате-

лей, температура глаз коррелирует с ректальной температурой [17, 20]. Н. Nogami обнаружил, что температура корня хвоста практически полностью совпадает с ректальной температурой у телят. Кроме того, КИС позволяет оценить частоту дыхания животных [19].

Современные внутрижелудочные болюсные датчики кроме мониторинга температуры способны измерять pH в рубце и сетке, информация передается для оценки по беспроводным каналам связи [15].

С целью регистрации звуковых колебаний используют различные микрофоны, интегрированные в системы звукозаписи. Они могут обнаруживать аномальные звуки кашля и звуки жевания, что точно позволяет измерить время пережевывания корма и своевременно определить начальные стадии факторных и других болезней животных [16]. Система звукозаписи наиболее актуальна при выращивании телят и оценки их здоровья.

Внедрение машинного обучения и анализа «больших данных», доступные датчики могут регистрировать еще более широкий диапазон параметров. Например, С. Carslake применил подходы машинного обучения для идентификации нескольких классов поведения (включая двигательные игры, уход за собой, размышления, сосание без питания, сосание с питанием, активное лежание и неактивное лежание), а также количественную оценку поведения. Для этого он использовал сложный датчик, совмещающий акселерометр и гироскоп, обучение программы работе с датчиком происходило при помощи камер, которые регистрировали вход в загон, выход из загона, стояние или лежание, повороты, кормление и питье [11].

Трехмерные камеры (3D) позволяют отслеживать рост и морфологию (массу тела, ширину тела и высоту в холке) телят и телок. Для этого на разные участки тела животного проецируется лазерная сетка, а собственно камера считывает точки, затем программно ведется расчет расстояния между точками, что и позволяет определить параметры тела животного [12].

Комбинация всех вышеперечисленных технических средств позволяет своевременно оценить морфологические параметры тела, физиологическое и патологическое состояние организма животных, а также информирует

ветеринарных специалистов о статусе здоровья конкретного животного и стада в целом.

Современные автоматизированные системы

Передовыми компаниями по разработке и внедрению роботизированных и цифровых систем являются нидерландские фирмы Lely и Prolion, великобританская фирма FulWood, германская фирма Westfalia Landtechnik и шведская фирма DeLaval.

Роботизированные доильные аппараты позволяют определять мастит на субклинической стадии отдельно в каждой четверти вымени коровы посредством датчиков электропроводности молока. Животное проходит через дойку несколько раз в день, что позволяет постоянно снимать с него ряд параметров. Роботизированные дойки позволяют использовать больше различных датчиков и механизмов, автоматизирующих отбор проб молока и его дальнейшее исследование [10].

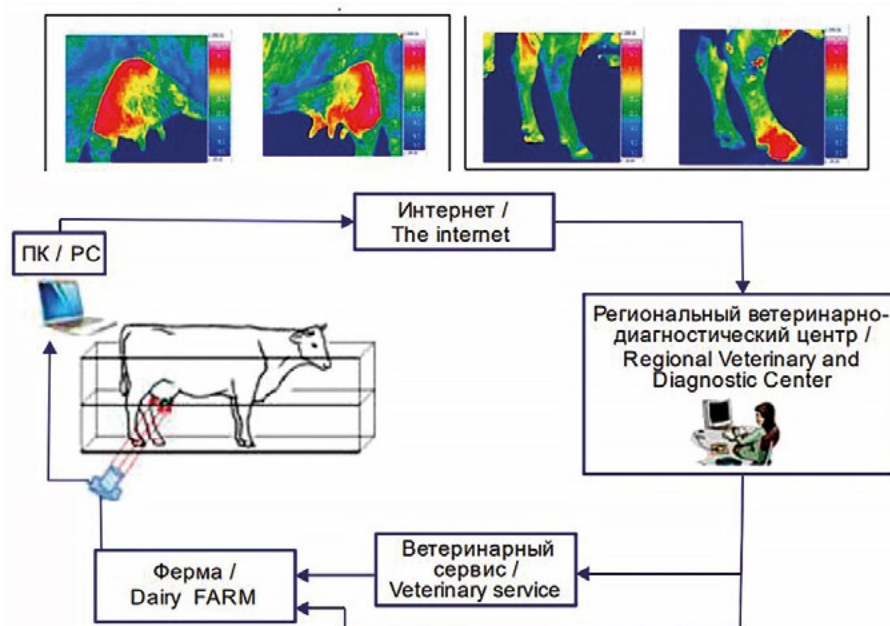


Рис. 1. Технология и бесконтактный аппаратно-программный комплекс видеоцифровой идентификации заболеваний вымени и суставов у коров [6]

Technology and contactless hardware and software complex for video-digital identification of udder and joint diseases in cows [6]

Инфракрасные камеры в сочетании с искусственным интеллектом на основании нагрева участков тела животных позволяют своевременно определять мастит и болезни суставов (рис. 1) [10, 4].

На данный момент компания DeLaval внедрила в свои роботизированные доильные аппараты систему, позволяющую определять концентрацию прогестерона в молоке, что дает возможность определить половую охоту у коровы, способствует своевременному осеменению, а также позволяет обнаружить фолликулярные кисты на ранних стадиях [12]. Совместное определение в молоке уровня прогестерона и данных по суточной активности животного помогает установить половую охоту с точность

99,7 %, что позволяет повысить оплодотворимость и уменьшить расход семени [3, 21].

Определение концентрации гонадотропина может служить достоверным подтверждением стельности или, наоборот, абортирования коровы на ранних этапах развития эмбриона. А возможность анализировать концентрацию β -гидроксибутират и лактатдегидрогеназы дает представление о функциональном состоянии печени животного. Анализ параметров молока в роботизированной дойке осуществляет real-time анализатор (Lattec I/S, Hillerød, Denmark), отбор пробы и перенос в анализатор – сам робот-дойяр [10, 9].

Уже автоматизирована система оценка упитанности животных. Система камер в сочетании с системой программной оценки позволяет

зафиксировать отдельные части животного: сверху, заднюю часть спины от коротких ребер до конца хвоста. Каждый раз, когда корова проходит под камерой, система определяет конкретное движение и фиксирует изображение коровы. Затем система создает 3D-модель спины коровы, а алгоритм ведет оценку состояния тела. Камеры размещены над разделительными воротами возле доильного роботизированного зала, измерение коровы проводится каждый

раз, когда она приходит на дойку. В качестве золотого стандарта шкала, использованная для разработки алгоритма, была основана на шкале визуальной оценки Виндмана: системе от 1 до 5 баллов [18]. По этой шкале оцениваются остистые и поперечные отростки, и им присваивается конкретная оценка, где единица соответствует самой низкой оценке, а пять – самой высокой оценке состояния.



Рис. 2. Система оценки упитанности коров DeLavalBCS¹
DeLavalBCS Cow Condition Scoring System

Комплексное решение существует у компании DeLaval. Совокупность камер и датчиков позволяет автоматически считывать параметры коровы в движении. Это дает возможность ветеринарным врачам ежедневно проводить мониторинг индивидуальных показателей конкретного животного и данных всего стада, что позволяет обеспечить популяционное здоровье животных [6]. Данную систему можно использовать для мониторинга как отдельного животного, так и стада в целом, для более точного расчета рациона кормления, а также для оптимизации процессов, влияющих на прибыльность производства. 3D-камера определяет индивидуальные параметры тела коровы и стада, информирует о прибавке в весе или недостаточном кормлении (рис. 2). Наличие на ферме такого оборудования позволяет значительно быстрее принимать важные решения. Это уникальное изобретение

имеет большие перспективы в современном животноводстве.

В Индии ирландская компания «Cainthus» совместно с Microsoft начала внедрение на фермах по содержанию крупного рогатого скота платформы искусственного интеллекта «Moo-ID» (система идентификации домашнего скота), которая решает проблему идентификации животных при помощи камер видеонаблюдения и по фотографиям животных. Более того, эта технология позволяет бороться с болезнями коров, негативно влияющими на эффективность производства. На базе искусственного интеллекта и компьютерного зрения платформа «Moo-ID» с точностью до 95 % способна распознать конкретную особь. Это возможно на основании фотографий отдельных животных в разных ракурсах. Система сопоставляет изображения с камер со считанным номером

¹ <https://www.eurasian-research.org/publication/artificial-intelligence-case-of-indian-dairy-industry/#:~:text=There%20are%20a%20number%20of,identification%3B%20Stellapps%2C%20a%20technology%20that>

на бирке или ошейнике, а также вычисляет экстерьерные и индивидуальные особенности головы. Оператор фермы при этом видит картинку, представленную на рис. 3. Также система собирает от животных такие параметры, как

особенности поведения, характеристика движения, активность, изменение температуры, наличие аппетита, поедаемость корма и качество руминации в течение суток [12].



Рис. 3. Изображение на экране оператора фермы в программе Moo-ID¹
Image on the farm operator's screen in the Moo-ID program

Процесс кормления автоматизировали компании Pellon, DeLaval и Mullerup (Дания). На рис. 4 представлена система автоматического кормления, разработанная компанией DeLaval. Решение выполнено в виде подвешенного вагона с кормом, передвигающегося по смонтирован-

ному на потолке коровника монорельсу параллельно кормовому столу. Система кормления на основании данных по параметрам животных рассчитывает компоненты кормовой смеси и рационы, дозирует их и раздает готовый корм.



Рис. 4. Система автоматического кормления компании DeLaval²
DeLaval Automatic Feeding System

¹ <https://evrosnab.ru/product/oborudovanie-dlya-kormleniya/kormorazdatchiki-relsovye-podvesnye/kormorazdatchik-delaval-ots100/>

² <https://evrosnab.ru/product/oborudovanie-dlya-kormleniya/kormorazdatchiki-relsovye-podvesnye/kormorazdatchik-delaval-ots100/>

Не обошла стороной автоматизация и процесс выращивания телят, уже внедрены станции автоматического кормления. Большой вклад в автоматизацию процесса выращивания телят внесла компания LelyCalm (рис. 5). Автоматические станции выпойки телят поддерживают постоянную температуру молока и позволяют питаться теленку в течение всего дня, когда это требуется его организму. Кроме того, пол-

ностью исключается занесение физических и бактериальных загрязнителей в молоко. Зарубежные авторы отмечали прирост продуктивности у телят и снижение заболеваний при внедрении автоматических станций поения в производственный процесс [7]. При кормлении станция собирает индивидуальные показатели конкретного теленка: ежедневное потребление, активность, скорость питья, поведение.



Рис. 5. Станция автоматической выпойки телят¹
Automatic calf feeding station

Информацию о состоянии молодняка собирают при помощи сенсорных систем, используемых и на взрослых животных: акселерометры, микрофоны, камеры инфракрасной термографии, датчики температуры, чипы радиочастотной идентификации (RFID), 3D-камеры и 2D-камеры.

Цифровая трансформация молочного скотоводства

Первые роботы-дояры были выпущены с конвейеров фабрик в конце 80-х гг. прошлого столетия. Наибольших успехов добились нидерландские фирмы Lely, Prolion, великобританская

FulWood, германская Westfalia Landtechnik, шведская DeLaval, итальянская Milkline и др.

Внедрение роботизированных и цифровых систем имеет ряд очевидных преимуществ и недостатков, которые представлены в таблице.

Преимущества и недостатки роботизированных доек

Автоматизация рутинных и трудоемких процессов ведет к снижению доли работы, которую раньше выполнял человек, следовательно, сокращается число работников, что экономически выгодно.

Преимущества и недостатки роботизированных доек
Advantages and disadvantages of robotic milking

| Преимущество | Недостаток |
|---|---|
| 1 | 2 |
| Значительное увеличение экономической эффективности (надой повышаются в полтора – два раза) | Стоимость приобретения роботов достаточно высокая, и не каждое предприятие может позволить себе такое технологическое решение |
| Качество молока более высокое | Необходимо резервировать электропитание |

¹ <https://www.lely.com/ru/press/2016/06/30/lely-calm-control/>

| 1 | 2 |
|---|---|
| Роботизированная доильная система соответствует всем потребностям животных. Можно увеличить количество доек каждого животного в зависимости от его потребностей | Необходимо периодически проводить техобслуживание квалифицированными специалистами |
| Снижение к минимуму контакта с человеком | Экономическая выгода от робота-дойера появляется при надоях от животных более 10 тыс. кг в год |
| Максимально возможный на сегодняшний день контроль параметров молока | Необходимость установки решетчатых полов в помещениях |
| Своевременная диагностика маститов и других болезней животных | Обязательное обучение работников предприятия (главного зоотехника, операторов, ветеринарных специалистов) |
| Автоматическое определение половой охоты у коров | Не все дойные коровы имеют идеальное расположение и форму сосков, позволяющие им доиться роботом |
| Роботизация фермы позволяет автоматически вести сепарацию молока в зависимости от его качества | |
| Снижение трудозатрат производства | |

На данный момент передовые компании в области молочного скотоводства внедрили ряд технических средств, которые позволяют осуществлять мониторинг состояния животного: активность в течение суток, данные о передвижении, изменении температуры и признаках появления стресса у коров, отсутствии аппетита, поедаемости корма и качестве руминации в течение суток. Все это позволяет получить полную и своевременную информацию как о физиологическом состоянии животного, так и о развитии патологического процесса [18].

В сочетании с вышеперечисленными системами появляется возможность автоматической перегруппировки стад, своевременного выгула животных, контроля микроклимата в помещениях, что приводит к повышению продуктивности животных и снижению их заболеваемости.

В нашей стране не учитывают такой фактор как исключение человека из рутинной деятельности производственного процесса скотоводства и освобождение времени для интеллектуальной деятельности. В настоящее время отток жителей из сельских территорий принял широкий масштаб, следуя веяниям времени, молодое поколение стремится приобретать новые и технологичные профессии [5].

Цифровые технологии внесли важный вклад в снижение стресса у животных, улучшение их благополучия и тем самым устранение экономических потерь. Целью цифровой трансформации остается создание системы

управления, основанной на автоматическом непрерывном мониторинге и контроле в режиме реального времени всех аспектов управления животноводством, включая воспроизводство, обеспечение популяционного здоровья животных, а также снижение неблагоприятного воздействия продуктов жизнедеятельности на экологию окружающей среды. А своевременная диагностика заболеваний может помочь принять целенаправленные меры по лечению и профилактике болезней животных. Первостепенными задачами для достижения поставленной цели стали поиск биомаркеров физиологических и патологических состояний у животных различных групп, разработка методов регистрации и оценки найденных биомаркеров, интерпретация полученных данных, разработка технических решений и их внедрение в производство [14].

Полномасштабное применение современных технологий, а с ними и цифровая трансформация сельского хозяйства в нашей стране столкнулись с проблемами, которые предстоит решать в ближайшие годы. К ним относятся:

- большие затраты на покупку технологий и оборудования;
- необходимость в индивидуальном подходе к установке всех составляющих «умной» молочной фермы, которые корректируются под определенное животноводческое хозяйство;
- нехватка IT-специалистов разных областей. На данный момент животноводство не может конкурировать в найме высококвалифи-

цированных кадров с передовыми компаниями нашей страны;

– многие современные технологии требуют высокоскоростного и устойчивого подключения к интернету, а в соответствии с зооигиеническими требованиями скотоводческие комплексы удалены от вышек и на достаточно большое расстояние, что отрицательно влияет на качество связи на предприятии.

ВЫВОДЫ

1. При ряде сложностей цифровая трансформация молочного скотоводства в Российской Федерации медленно продвигается, а число роботизированных ферм увеличивается год от года. Плюсы, которые получает сектор животноводства в целом, несмотря высокую стоимость внедрения цифровых технологических решений, перевешивают минусы. Внедренные в молочное скотоводство системы регистрации физиологических и морфологических параме-

тров животного позволяют говорить об индивидуальном мониторинге состояния здоровья, что обеспечивает раннюю диагностику болезней животных и высокий уровень популяционного здоровья стада в целом.

2. Роботизация позволяет свести потребность в присутствии и работе человека на молочной ферме к минимуму, что в современных реалиях является необходимостью.

3. Цифровые технологии внесли важный вклад в снижение стресса у животных, улучшение их благополучия, увеличивая тем самым экономическую эффективность производства.

На данный момент цифровая трансформация молочного скотоводства складывается из поиска биомаркеров патологических и физиологических состояний животных, разработки методов определения найденных биомаркеров, разработки технических решений регистрации параметров и их внедрения в производство.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Белая А.* Конец ручного управления. Какие цифровые технологии внедряются на животноводческих предприятиях // *Агроинвестор*. – 2020. – № 3. – С. 15–23.
2. *Козлов А.А.* Особенности применения цифровых технологий при производстве продукции животноводства // *Цифровая экономика: проблемы и перспективы развития: мат-лы межрегион. науч.-практ. конф.* – 2019. – С. 202–210.
3. *Пудченко А.Р., Сарычева А.Д., Тузов И.Н.* Использование программы «DeLaval» в молочном скотоводстве УОХ «Краснодарское» // *Научное обеспечение агропромышленного комплекса: мат-лы 76-й науч.—практ.- конф- студентов по итогам НИР за 2020 г. Краснодар, 10–30 марта 2021 г. Ч. 1.* – Краснодар, 2021. – С. 541–543. – EDNAZZVOH.
4. *Цой Ю.А., Башиева Р.А.* Технологические аспекты создания «умной» молочной фермы // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. – 2019. – Т. 20, № 2. – С. 192–199. – DOI: 10.30766/2072-9081.2019.20.2.192-199. – EDNAIFXKO.
5. *Ярмак О.В., Ткаченко А.Ю.* Профессиональные ориентиры сельской молодежи как фактор миграции в город // *Большие данные и проблемы общества: мат-лы междунар. научн. конф.* – Томск, 2022. – С. 157–160.
6. *A Systematic Review of Automatic Health Monitoring in Calves: Glimpsing the future From Current Practice / Dengsheng Sun, Laura Webb, P.P.J. van der Tol [et al.] // Frontiers in Veterinary Science*. – 2021. – 26:8:761468, DOI: 10.3389/fvets.2021.761468.
7. *Alison M.S., Emer K.E., Bokkers A.M.* The effects of manual and automated milk feeding methods on group-housed calf health, behaviour, growth and labour // *Livestock Science*. – 2021. – Vol. 244. – DOI: 10.1016/j.livsci.2020.104343.
8. *Antanaitis R.* Dynamic changes in progesterone concentration in cows' milk determined by the at-line milk analysis system herd navigator tm // *Sensors*. – 2020. – Vol. 20, № 18. – P. 5020.
9. *Antanaitis R.* Relation of Automated Body Condition Scoring System and Inline Biomarkers (Milk Yield, β -Hydroxybutyrate, Lactate Dehydrogenase and Progesterone in Milk) with Cow's Pregnancy Success // *Sensors (Basee)*. – 2021. – № 21 (4). – pp. 1414. – DOI: 10.3390/s21041414.

10. Arago N. Smart dairy cattle farming and In-heat detection through the Internet of things (IoT) // *International Journal of Integrated Engineering*. – 2022. – Vol. 14, № 1. – P. 157–172.
11. Carslake C., Vázquez-Diosdado J.A., Kaler J. Machine learning algorithms to classify and quantify multiple behaviours in dairy calves using a sensor: Moving beyond classification in precision livestock // *Sensors*. – 2020. – Vol. 21, № 1. – P. 88.
12. Dautova I. Artificial Intelligence: an example of the dairy industry in India // *Eurasian research institute e-bulletin. Analysis*. – 2022. – № 362.
13. DeLaval [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.delaval.com/ru/explore/delaval-delpro/precision-analytics/delavalbody-condition-scoring-bcs/> (дата обращения: 16.11.2023).
14. Džermeikaitė K., Bačėninaitė D., Antanaitis R. Innovations in Cattle Farming: Application of Innovative Technologies and Sensors in the Diagnosis of Diseases // *Animals*. – 2023. – No. 13(5) – P. 780. – DOI: 10.3390/ani13050780.
15. Lee M., Seo S. Wearable wireless biosensor technology for monitoring cattle: A review // *Animals*. – 2021. – Vol. 11, № 10. – P. 2779.
16. Lowe G. Infrared thermography – A non-invasive method of measuring respiration rate in calves // *Animals*. – 2019. – Vol. 9, № 8. – P. 535.
17. Automated collection and analysis of infrared thermograms for measuring eye and cheek temperatures in calves / G. Lowe, B. Mccane, M. Sutherland [et al.] // *Animals*. – 2020. – No. 10. – P. 292. – DOI: 10.3390/ani10020292.
18. Nayyar A., Puri V. Smart farming: IoT based smart sensors agriculture stick for like temperature and moisture monitoring using Arduino, cloud computing and solar technology / *Proc. of The International Conference on Communication and Computing Systems*. – 2016. – № 1. – P. 673–680.
19. Nogami H. Wearable and compact wireless sensor nodes for measuring the temperature of the base of a Calf's Tail // *Sens. Mater.* – 2013. – T. 25, № 9. – P. 577–582.
20. Rodrigues J.P. Evaluation of an automatic system for monitoring rumination time in weaning calves // *Livestock Science*. – 2019. – Vol. 219. – P. 86–90.
21. Rodriguez Z., Caixeta L.S., Cramer G. Diagnostic accuracy of a bovine specific electronic beta-hydroxybutyrate handheld meter in fresh blood and stored serum samples // *Veterinary and Animal Science*. – 2021. – Vol. 11. – P. 100159.
22. Identifying livestock behavior patterns based on accelerometer dataset / D.S. Rodriguez-baena, F.A. Gomez-vela, M. Garcia-torres [et al.] // *Journal Computational Scitnce*. – 2020. – № 41. – P. 10176. – DOI: 10.1016/j.jocs.2020.101076.
23. Swartz T.H., McGilliard M.L., Petersson-Wolfe C.S. Technical note: the use of an accelerometer for measuring step activity and lying behaviors in dairy calves // *Journal of Dairy Science*. – 2016. – № 99. – P. 9109–9113. – DOI: 10.3168/jds.2016-11297.

REFERENCES

1. Belaya A., *Agroinvestor*, 2020, No. 3, pp. 15–23. (In Russ.)
2. Kozlov A.A., *Tsifrovaya ekonomika: problem I perspektivy razvitiya* (Digital economy: problems and development prospects), Proceedings of the Conference Title, 2019, pp. 202–210. (In Russ.)
3. Pudchenko A.R., Sarycheva A.D., Tuzov I.N., *Nauchnoe obespechenie agropromyshlennogo kompleksa* (Scientific support for the agro-industrial complex), Proceedings of the Conference Title, Krasnodar, 2021, pp. 541–543, EDN AZZVOH. (In Russ.)
4. Tsoi Yu. A., Baisheva R.A., *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*, 2019, T. 20, No. 2, pp. 192–199, DOI: 10.30766/2072-9081.2019.20.2.192-199, EDN AIFXKO. (In Russ.)
5. Yarmak, O.V., Tkachenko A.Yu., *Bol'shie dannye I problem obshchestva*, (Big data and problems of society), Proceedings of the Conference Title, Tomsk, 2022, pp. 157–160. (In Russ.)
6. Sun Dengsheng, Webb Laura, van der Tol P.P.J. [et al.], A Systematic Review of Automatic Health Monitoring in Calves: Glimpsing the future From Current Practce, *Frontiers in Veterinary Science*, 2021, 26:8:761468, DOI: 10.3389/fvets.2021.761468.
7. Alison M.S., Emer K.E., Bokkers A.M., The effects of manual and automated milk feeding methods on group-housed calf health, behaviour, growth and labour, *Livestock Science*, 2021, Vol. 244, ISSN 1871-1413, DOI: 10.1016/j.livsci.2020.104343.

8. Antanaitis R., Dynamic changes in progesterone concentration in cows' milk determined by the at-line milk analysis system herd navigatortm, *Sensors*, 2020, T. 20, No. 18, pp. 5020.
9. Antanaitis R., Relation of Automated Body Condition Scoring System and Inline Biomarkers (Milk Yield, β -Hydroxybutyrate, Lactate Dehydrogenase and Progesterone in Milk) with Cow's Pregnancy Success, *Sensors (Basee)*, 2021, No. 21 (4), pp. 1414, DOI: 10.3390/s21041414.
10. Arago N., Smart dairy cattle farming and In-heat detection through the Internet of things (IoT), *International Journal of Integrated Engineering*, 2022, Vol. 14, No. 1, pp. 157–172.
11. Carslake C., Vázquez-Diosdado J.A., Kaler J., Machine learning algorithms to classify and quantify multiple behaviours in dairy calves using a sensor: Moving beyond classification in precision livestock, *Sensors*, 2020, Vol. 21, No. 1, C. 88.
12. Dautova I., Artificial Intelligence: an example of the dairy industry in India, *Eurasian research institute e-bulletin. Analysis*, 2022, No. 362.
13. DeLaval: URL: <https://www.delaval.com/ru/explore/delaval-delpro/precision-analytics/delavalbody-condition-scoring-bcs/> (Датаобращения: 16.11.2023).
14. Džermeikaitė K., Bačėninaitė D., Antanaitis R., Innovations in Cattle Farming: Application of Innovative Technologies and Sensors in the Diagnosis of Diseases, *Animals*, 2023, No. 13(5), pp. 780, DOI: 10.3390/ani13050780.
15. Lee M., Seo S., Wearable wireless biosensor technology for monitoring cattle: A review, *Animals*, 2021, Vol. 11, No. 10, pp. 2779.
16. Lowe G., Infrared thermography—A non-invasive method of measuring respiration rate in calves, *Animals*, 2019, Vol. 9, No. 8, pp. 535.
17. Lowe G., Mccane B., Sutherland M., Waas J., Schaefer A., Cox N., Automated collection and analysis of infrared thermograms for measuring eye and cheek temperatures in calves, *Animals*, 2020, No. 10, pp. 292, DOI: 10.3390/ani10020292.
18. Nayyar A., Puri V., Smart farming: IoTbased smart sensors agriculture stick for like temperature and moisture monitoring using Arduino, cloud computing and solar technology, *Proc. Of The International Conference on Communication and Computing Systems*, 2016, No. 1, pp. 673–680.
19. Nogami H., Wearable and compact wireless sensor nodes for measuring the temperature of the base of a Calf's Tail, *Sens. Mater*, 2013, Vol. 25, No. 9, pp. 577–582.
20. Rodrigues J.P., Evaluation of an automatic system for monitoring rumination time in weaning calves, *Livestock Science*, 2019, Vol. 219, pp. 86–90.
21. Rodriguez Z., Caixeta L.S., Cramer G., Diagnostic accuracy of a bovine specific electronic beta-hydroxybutyrate handheld meter in fresh blood and stored serum samples, *Veterinary and Animal Science*, 2021, Vol. 11, pp. 100159.
22. Rodriguez-baena D.S., Gomez-vela F.A., García-torres M., Divina F., Barranco C.D., Daz-diaz N., Identifying livestock behavior patterns based on accelerometer dataset, *Journal Computational Scitnce*, 2020, No. 41, pp. 10176, DOI: 10.1016/j.jocs.2020.101076.
23. Swartz T.H., McGilliard M.L., Petersson-Wolfe C.S., Technical note: the use of an accelerometer for measuring step activity and lying behaviors in dairy calves, *Journal of Dairy Science*, 2016, No. 99, pp. 9109–9113, DOI: 10.3168/jds.2016-11297.

ВЗАИМОСВЯЗЬ ПОЛИМОРФИЗМА ГЕНОВ GDF5 И CAPN1 КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА КАЛМЫЦКОЙ ПОРОДЫ С ХОЗЯЙСТВЕННО-БИОЛОГИЧЕСКИМИ ПРИЗНАКАМИ

¹В.С. Убушиева

¹К.Е. Бадмаева, кандидат биологических наук

¹А.В. Убушиева

¹Н.В. Чимидова, кандидат биологических наук

²И.Ф. Горлов, доктор сельскохозяйственных наук

¹Калмыцкий государственный университет им. Б.Б. Городовикова, Элиста, Россия

²Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции, Волгоград, Россия

E-mail: vicki_93g@mail.ru

Ключевые слова: калмыцкий скот, полиморфизм генов, CAPN1, GDF5, генотип.

Реферат. В статье представлены результаты полиморфизма генов GDF5 и CAPN1 у крупного рогатого скота калмыцкой породы, принадлежащего СПК «Плодовитое» Малодербетовского района Республики Калмыкия, в количестве 60 голов. Выделение образцов ДНК проводили из цельной крови, взятой из яремной вены автоматическим методом экстракции. Проведение полимеразной цепной реакции в режиме реального времени осуществлялось для определения полиморфизма T586C гена GDF5 и C316G гена CAPN1. В изучаемом стаде крупного рогатого скота преобладают животные с генотипом TT – 68,3 % поголовья, число животных с генотипами TC и CC составляют 21,7 и 10 %. При изучении полиморфизма гена CAPN1 выявлено, что 23,3 % бычков исследуемого поголовья калмыцкого скота имеют желательный генотип CC, при этом гетерозиготный генотип присутствует у 16,7 %, рецессивный генотип GG имеют 60 % животных. Частота встречаемости аллеля T гена GDF5 составляет 0,792, что превышает показатель аллеля C (0,208) на 58,2%, наблюдаемая частота генотипов TT и CC превышает показатель ожидаемой на 5,6 и 5,7 % соответственно, при этом показатель генотипа TC ниже ожидаемой частоты на 11,2 %. Частота встречаемости аллеля G (0,683) выше, чем у аллеля C (0,317) гена CAPN1 на 36,6 %. Отмечается, что с наибольшей частотой встречается генотип GG с показателем 0,600, тогда как генотип CG имеет частоту 0,167 (меньше на 43,3 %), генотип CC – 0,233 (меньше на 36,7 %). Показатели наблюдаемой частоты генотипов CC и GG выше ожидаемой на 13,3 %, у гетерозиготного генотипа отмечается превышение ожидаемой частоты на 26,6 %. Бычки с генотипом TT гена GDF5 превосходили своих сверстников с генотипами TC и CC по всем промерам. При изучении живой массы крупного рогатого скота калмыцкой породы в возрасте 15 мес. выявлено положительное влияние генотипа CC гена CAPN1. Так, группа животных с данным генотипом имела наибольшую живую массу и превосходила своих сверстников с генотипами CG (на 9,9 %) и GG (на 11,1 %).

RELATIONSHIP BETWEEN POLYMORPHISM OF GDF5 AND CAPN1 GENES IN KALMYK BREED CATTLE WITH ECONOMIC AND BIOLOGICAL TRAITS

¹V.S. Ubushieva

¹K.E. Badmaeva, PhD in Biological Sciences

¹A.V. Ubushieva

¹N.V. Chimidova, PhD in Biological Sciences

²I.F. Gorlov, Doctor in Agricultural Sciences

¹Kalmyk State University named after B.B. Gorodovikov, Elista, Russia

²Volga Region Research Institute of Production and Processing of Meat and Dairy Products, Volgograd, Russia

E-mail: vicki_93g@mail.ru

Keywords: Kalmyk breed, gene polymorphism, CAPN1, GDF5, genotype.

Abstract. *The article presents the results of polymorphism of the GDF5 and CAPN1 genes in cattle of the Kalmyk breed, owned by the agricultural production company “Plodovitoe” of the Maloderbetovskiy district of the Republic of Kalmykia, in the amount of 60 heads. DNA samples were isolated from whole blood taken from the jugular vein by an automatic extraction method. A real-time polymerase chain reaction was carried out to determine the polymorphism T586C of the GDF5 gene and C316G of the CAPN1 gene. In the studied herd of cattle, animals with the TT genotype predominate - 68.3 % of the population, the number of animals with the TC and CC genotypes is 21.7 % and 10 %. When studying the polymorphism of the CAPN1 gene, it was revealed that 23.3 % of the bulls of the studied population of Kalmyk cattle have the desired genotype CC, while the heterozygous genotype is present in 16.7 %, and the recessive genotype GG is present in 60 % of animals. The frequency of occurrence of the T allele of the GDF5 gene is 0.792, which exceeds the indicator of the C allele (0.208) by 58.2 %, the observed frequency of TT and CC genotypes exceeds the expected indicator by 5.6 and 5.7 %, respectively, while the indicator of the TC genotype is lower than the expected frequency by 11.2 %. The frequency of occurrence of the G allele (0.683) is 36.6 % higher than that of the C allele (0.317) of the CAPN1 gene. It is noted that the GG genotype with an index of 0.600 occurs with the highest frequency, while the CG genotype has a frequency of 0.167 (43.3 % less), the CC genotype – 0.233 (36.7 % less). The indicators of the observed frequency of the CC and GG genotypes are 13.3% higher than expected, the heterozygous genotype has an excess of the expected frequency by 26.6 %. Bulls with the TT genotype of the GDF5 gene outperformed their peers with the TC and CC genotypes in all measurements. When studying the live weight of Kalmyk cattle at the age of 15 months, a positive effect of the CC genotype of the CAPN1 gene was revealed. Thus, the group of animals with this genotype had the largest live weight and surpassed their peers with the genotypes CG (by 9.9 %) and GG (by 11.1 %).*

Необходимость обеспечения качественными мясными продуктами населения устанавливает тенденцию перспективного развития животноводства и наращивания объема получения продукции в стране. Традиционной отраслью животноводства является мясное скотоводство [1], развитие которого обуславливает рациональное использование генетического потенциала скота отечественных пород [2].

Одной из ценных отечественных пород скота мясного направления продуктивности считается калмыцкая. Калмыцкий скот обладает ценными хозяйственно-биологическими качествами и отличается высоким показателем продуктивности, крепкой конституцией, относительным долголетием, неприхотливостью к условиям содержания и кормления, а также своей приспособляемостью к различным природно-климатическим условиям [3]. Мясо данной породы имеет высокие вкусовые качества, благодаря чему используется в улучшении мясных качеств крупного рогатого скота молочного направления продуктивности [4].

В последние годы значительно возросло использование генетических исследований в селекционно-племенной работе с породами крупного рогатого скота мясного направления продуктивности. Молекулярно-генетический скрининг по генам, связанным с мясной

продуктивностью, важен при формировании высокопродуктивного племенного стада. Так, генотипирование поголовья позволяет с высокой точностью спрогнозировать продуктивность стада еще на ранней стадии развития животных, что повышает эффективность селекционно-племенной работы [5, 6].

Наиболее полезными в селекции считаются однонуклеотидные полиморфизмы (SNP) ДНК-маркеров. Для прогноза мясной продуктивности скота используют гены, отвечающие за рост и качество мяса [6].

Одним из таких маркеров является ген GDF5. Фактор дифференциации роста 5 относится к суперсемейству TGF- β [7], участвует в развитии, поддержании костно-хрящевой ткани [8], а также в формировании телосложения скота мясного направления продуктивности [9]. В некоторых исследованиях говорится о том, что данный ген оказывает влияние на параметры тела крупного рогатого скота при одинаковой живой массе [10, 11].

Геном, ассоциированным с «нежностью» мяса, является CAPN1, который кодирует μ -кальпаин, относящийся к семейству нелизосомальных внутриклеточных цистеиновых кальций-зависимых протеиназ. Кальпаин играет главную роль в послеубойном протеолизе и размягчении мяса [12, 13].

Цель исследований – изучение влияния полиморфизма генов GDF5 и CAPN1 крупного рогатого скота калмыцкой породы на хозяйственно-биологические признаки.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследование проведено на базе регионального научно-производственного центра по воспроизводству ФГБОУ ВО «КалмГУ им. Б.Б. Городовикова». Объектом исследования служил крупный рогатый скот калмыцкой породы, принадлежащий СПК «Плодовитое» Малодербетовского района Республики Калмыкия. Для проведения молекулярно-генетического анализа были взяты пробы крови у бычков калмыцкой породы в количестве 60 образцов. Отбор крови произведен из яремной вены.

Измерение промеров и живой массы бычков проводилось в возрасте 15 мес.

Выделение образцов ДНК из цельной крови проводили автоматическим методом экстракции с использованием набора реагентов «МагноПрайм ВЕТ» ООО «НекстБИО» согласно краткому руководству по применению. Проведение полимеразной цепной реакции в режиме реального времени осуществлялось на амплификаторе Rotor-Gene Q, с использованием наборов для определения полиморфизма T586C гена GDF5 и C316G гена CAPN1 Синтол. Подготовку реакционной смеси проводили по следующей схеме:

1. 2,5 x Реакционная смесь – 10 мкл;
2. Разбавитель – 10 мкл;
3. Таq ДНК-полимераза, 5 Е/мкл – 0,5 мкл;
4. ДНК – 5 мкл.

Программу амплификации задавали по параметрам, представленным в табл. 1.

Таблица 1

Параметры проведения амплификации
Parameters for carrying out amplification

| Этап | Температура | Время | Детекция | Повторы |
|-----------------------|-------------|-------|---------------------------|---------|
| Удержание температуры | 94 | 3 мин | Без детекции | 1 |
| Цикл 1 | 94 | 20 с | Без детекции | 10 |
| | 58 | 20 с | Без детекции | |
| | 61 | 30 с | Без детекции | |
| Цикл 2 | 94 | 20 с | Без детекции | 30 |
| | 58 | 20 с | Без детекции | |
| | 61 | 30 с | Детекция на Green, Yellow | |

Интерпретация результатов анализа проводилась на основании отчета, созданного в программе Rotor-Gene 6000 Series SoftWare 1.8.17.5.

Обработку данных, полученных в исследованиях, проводили с использованием методов вариационной статистики с помощью программы Excel офисного пакета Microsoft Office.

Частота встречаемости генотипов рассчитывалась по формуле

$$p = \frac{n}{N}, \quad 1)$$

– где p – частота встречаемости генотипа; n – количество животных с определенным генотипом; N – общее количество животных.

Определение частоты встречаемости аллелей производилось по формуле:

$$P_T = \frac{(2 \times n_{TT} + n_{TC})}{2 \times N}, \quad (2)$$

$$P_C = \frac{(2 \times n_{CC} + n_{TC})}{2 \times N}, \quad (3)$$

– где P_T – частота аллеля Т; P_C – частота аллеля С; n_{TT} – число животных с генотипом ТТ, n_{CC} – число животных с генотипом СС; n_{TC} – число животных с генотипом ТС; N – общее число аллелей. Формула для аллелей С и G гена CAPN1 аналогичная.

Ожидаемая частота генотипов рассчитывалась по закону Харди–Вайнберга.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ данных, полученных при проведении полимеразной цепной реакции в режиме реального времени гена дифференциации роста 5, показал, что в изучаемой популяции крупного рогатого скота преобладают животные с

генотипом ТТ – на 46 % больше, чем в группе генотипом ТС, и на 58,3 % больше, чем в группе с генотипом СС (табл. 2). При изучении полиморфизма гена CAPN1 выявлено присутствие желательного генотипа СС у 23,3 % исследуемого поголовья калмыцкого скота, при этом гетерозиготный генотип СG имеют 16,7 % животных, рецессивный генотип GG – 60 %.

Таблица 2

Частота встречаемости аллелей и генотипов GDF5 и CAPN1
Frequency of alleles and genotypes of GDF5 and CAPN1

| Генотип | Кол-во животных, гол. | Наблюдаемая частота встречаемости | Ожидаемая частота встречаемости |
|------------------|-----------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| Ген GDF5 | | | |
| ТТ | 41 | 0,683 | 0,627 |
| ТС | 13 | 0,217 | 0,329 |
| СС | 6 | 0,100 | 0,043 |
| Частота аллеля Т | | 0,792 | |
| Частота аллеля С | | 0,208 | |
| Ген CAPN1 | | | |
| СС | 14 | 0,233 | 0,100 |
| CG | 10 | 0,167 | 0,433 |
| GG | 36 | 0,600 | 0,467 |
| Частота аллеля С | | 0,317 | |
| Частота аллеля G | | 0,683 | |

Из данных табл. 2 видно, что частота встречаемости аллеля Т гена GDF5 превышает частоту аллеля С на 58,2 %. Наблюдаемая частота генотипов ТТ и СС превышает показатель ожидаемой на 5,6 % и 5,7 % соответственно, при этом показатель генотипа ТС ниже ожидаемой частоты на 11,2 %.

Частота встречаемости аллеля G превышает частоту аллеля С гена CAPN1 на 36,6 %. Отмечается, что с наибольшей частотой встречается

генотип GG, показатель которого превышает частоту генотипов СС и CG на 36,7 % и 43,3 % соответственно. Показатели наблюдаемой частоты генотипов СС и GG выше ожидаемой на 13,3 %, у гетерозиготного генотипа отмечается превышение ожидаемой частоты на 26,6 %.

В нашем исследовании были изучены особенности формирования экстерьера у крупного рогатого скота калмыцкой породы в зависимости от полиморфизма гена GDF5 (табл. 3)

Таблица 3

Промеры исследуемых животных в зависимости от генотипа GDF5
Measurements of the animals studied depending on the GDF5 genotype

| Показатель | Генотип GDF5 | | |
|----------------------|--------------|---------------|---------------|
| | ТТ | ТС | СС |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Высота в крестце | 122,6±0,21 | 121,5±0,26*** | 121±0,32*** |
| Высота в холке | 121,2±0,22 | 120,1±0,30** | 119,3±0,23*** |
| Глубина груди | 60,9±0,19 | 60,0±0,26** | 58,9±0,17*** |
| Косая длина туловища | 141,0±0,22 | 140,6±0,33 | 138,8±0,23*** |

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|-------------------|------------|--------------|-------------|
| Обхват груди | 169,8±0,16 | 168,7±0,32** | 168,2±0,72* |
| Обхват пясти | 15,6±0,10 | 15,2±0,16* | 15,1±0,22* |
| Ширина в маклоках | 39,3±0,15 | 38,8±0,16* | 38,5±0,20** |

Примечание. Разность по отношению к генотипу ТТ *P ≥ 0,95, **P ≥ 0,99, ***P ≥ 0,999.

Бычки с генотипом ТТ превосходили своих сверстников с генотипами ТС и СС по всем промерам: в высоте в крестце соответственно на 0,9 % (P ≥ 0,999) и 1,3 % (P ≥ 0,999), в высоте в холке – 0,9 % (P ≥ 0,99) и 1,5 % (P ≥ 0,999), в глубине груди – 1,5 % (P ≥ 0,99) и 3,37 % (P ≥ 0,999), в косой длине туловища – 0,3 % (P ≤ 0,90) и 1,5 % (P ≥ 0,999), в обхвате груди –

0,6 % (P ≥ 0,99) и 0,9 % (P ≥ 0,95), в обхвате пясти – 2,9 % (P ≥ 0,95) и 3,6 % (P ≥ 0,95), в ширине в маклоках – 1,2 % (P ≥ 0,95) и 2,1 % (P ≥ 0,99).

При изучении живой массы бычков крупного рогатого скота калмыцкой породы в возрасте 15 мес. обнаружено положительное влияние гена кальпаина (табл. 4).

Таблица 4

Живая масса исследуемого поголовья калмыцкого скота в возрасте 15 мес. в зависимости от генотипа по гену CAPN1
Live weight of the studied population of Kalmyk cattle at the age of 15 months depending on the genotype of the CAPN1 gene

| Генотип | Кол-во животных | Средняя живая масса, кг |
|---------|-----------------|-------------------------|
| СС | 14 | 469,4±1,9 |
| СG | 10 | 422,7±3,1*** |
| GГ | 36 | 417,1±1,2*** |

Примечание. Разность по отношению к генотипу СС ***P ≥ 0,999.

Так, группа животных с генотипом СС имела наибольшую живую массу и превосходила своих сверстников с генотипами СG и GГ на 9,9 % (P ≥ 0,999) и на 11,1 % (P ≥ 0,999) соответственно.

Исследование полиморфизма T586C гена GDF5 показало, что с наибольшей частотой встречаемости у популяции крупного рогатого скота калмыцкой породы, принадлежащей СПК «Плодовитое» Малодербетовского района Республики Калмыкия, выявлен генотип ТТ (0,683), с наименьшей – СС (0,1). Литературные данные свидетельствуют о том, что ген GDF5, имея решающее значение в развитии костей, связок и сухожилий, положительно влияет на линейные промеры скота. В нашем исследовании выявлено положительное влияние гена GDF5 на промеры тела изучаемого поголовья крупного рогатого скота калмыцкой породы.

При изучении полиморфизма гена CAPN1 выявлено, что с наибольшей частотой встреча-

ется генотип GГ с показателем 0,600, генотип СС – 0,233, генотип СG – 0,167. Известно, что данный ген отвечает за «нежность» мяса, также имеются данные о положительном влиянии на живую массу крупного рогатого скота мясного направления продуктивности [14, 15]. В нашем исследовании выявлено достоверное различие по показателям живой массы у животных с генотипом СС, бычки этой группы превосходили сверстников с генотипами СС и GГ.

ВЫВОДЫ

1. У исследуемого поголовья крупного рогатого скота калмыцкой породы, принадлежащего СПК «Плодовитое» Малодербетовского района Республики Калмыкия, с наибольшей частотой встречаются генотипы ТТ гена GDF5 (0,683) и GГ гена CAPN1 (0,600).

2. Выявлено положительное влияние генотипа ТТ гена GDF5 на линейные промеры

калмыцкого скота. Бычки с данным генотипом превосходили своих сверстников с генотипами ТС и СС по всем промерам: в высоте в крестце соответственно на 0,9 и 1,3 %, в высоте в холке – на 0,9 и 1,5 %, в глубине груди – на 1,5 и 3,37 %, в косой длине туловища – на 0,3 % ($P \leq 0,90$) и 1,5 %, в обхвате груди – на 0,6 и 0,9 %, в обхвате пясти – на 2,9 и 3,6 %, в ширине в маклоках – на 1,2 и 2,1 %.

3. Подтверждено влияние генотипа СС гена *CAPI1* на живую массу исследуемого поголовья крупного рогатого скота. Группа животных,

с желательным гомозиготным генотипом имела наибольшую живую массу и превосходила своих сверстников с генотипами СG и GГ на 9,9 % и на 11,1 % соответственно.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (№ 075-03-2022-119/1 «Особенности организации генома крупного рогатого скота мясных пород, ассоциированных с высоким адаптивным и продуктивным потенциалом, на основе высокополиморфных генетических маркеров»).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Мясное* скотоводство России и перспективы его развития / А.Ф. Шевхужев, В.А. Погодаев, В.В. Голембовский, С.С. Гостищев // *Сельскохозяйственный журнал*. – 2021. – № 4. – С. 53–60.
2. *Чинаров В.И.* Породные ресурсы скотоводства России // *Достижения науки и техники АПК*. – 2020. – № 7. – С. 80–85
3. *Каюмов Ф.Г., Третьякова Р.Ф.* Адаптивные качества и интерьерные различия помесных и чистопородных тёлочек калмыцкой породы в условиях высокогорья Кабардино-Балкарской Республики // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. – 2022. – № 2 (94). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/adaptivnye-kachestva-i-interiernye-razlichiya-pomesnyh-i-chistopородnyh-tyolok-kalmytskoy-porody-v-usloviyah-vysokogorya-kabardino> (дата обращения: 23.11.2023).
4. *Приступа В.Н., Кротова О.В., Савенков К.С.* Мясная продуктивность скота калмыцкой породы различных линий // *Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета*. – 2020. – № 3. – С. 88–93.
5. *Анализ* полиморфизма генов *CAPI1*, *GH* и *TG5* у помесного молодняка при скрещивании калмыцкого скота и красных ангусов / Ф.Г. Каюмов, И.М. Дунин, М.И. Селионова [и др.] // *Животноводство и кормопроизводство*. – 2018. – № 4. – С. 28–34.
6. *Колпаков В.И.* Влияние некоторых полиморфных генов на мясную продуктивность и качество мяса у крупного рогатого скота (обзор) // *Животноводство и кормопроизводство*. – 2020. – № 4. – С. 47–64.
7. *Influence of Different Evolutive Forces on GDF5 Gene Variability* / L. Flore, P. Francalacci, M. Massidda, R. Robledo, C.M. Calò // *Genes (Basel)*. – 2023. – Vol. 14(10). – P. 1895. – DOI: 10.3390/genes14101895. PMID: 37895244; PMCID: PMC10606091.
8. *Влияние* полиморфизма гена фактора дифференциации роста 5 на морфологические и биохимические показатели крови / А.В. Харламов, А.Н. Фролов, О.А. Завьялов, Е.А. Тяпугин // *Животноводство и кормопроизводство*. – 2019. – № 3. – С. 46–57.
9. *Возрастная* изменчивость конституции и экстерьера герефордских бычков, генотипированных по гену *GDF5* / К.М. Джуламанов, Н.П. Герасимов, В.И. Колпаков, Е.Б. Джуламанов // *Животноводство и кормопроизводство*. – 2020. – № 3. – С. 36–45.
10. *Харламов А.В., Фролов А.Н., Завьялов О.А.* Изменение параметров тела бычков в зависимости полиморфизма гена фактора дифференциации роста 5 // *Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН*. – 2019. – № 4. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/izmenenie-parametrov-tela-bychkov-v-zavisimosti-polimorfizma-gena-faktora-differentsiatsii-rosta-5> (дата обращения: 11.11.2023).
11. *Возрастная* изменчивость конституции и экстерьера герефордских бычков, генотипированных по гену *GDF5* / К.М. Джуламанов, Н.П. Герасимов, В.И. Колпаков, Е.Б. Джуламанов // *Животноводство и кормопроизводство*. – 2020. – № 3. – С. 36–45.
12. *Association of calpain and calpastatin activity to postmortem myofibrillar protein degradation and sarcoplasmic proteome changes in bovine Longissimus lumborum and Triceps brachii* / L.G. de Oliveira,

- E.F. Delgado, E.M. Steadham, E. Huff-Lonergan, S.M. Lonergan // *Meat Sci.* – 2019. – № 155. – P. 50–60. – DOI: 10.1016/j.meatsci.2019.04.015.
13. Исследование полиморфизма RS17872000 в генах кальпаина (CANP1) и RS109221039 кальпастатина (CAST) у крупного рогатого скота мясного направления продуктивности / Е.Л. Романишко, А.И. Киреева, М.Е. Михайлова, Р.И. Шейко // *Молекулярная и прикладная генетика.* – 2022. – Т. 32. – С. 89–96. – DOI:10.47612/1999-9127-2022-32-88-96.
 14. Габидулин В.М., Алимova С.А., Салихов А.А. Результаты полиморфизма гена CAPN1, ассоциированного с показателями продуктивности скота абердин-ангусской породы // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета.* – 2019. – № 5. – С. 238–240.
 15. *Полиморфизм* генов GH, MC4R и CAPN1 у южных популяций крупного рогатого скота мясных пород и влияние на живую массу / И.Ф. Горлов, М.И. Сложенкина, Е.Ю. Анисимова [и др.] // *Животноводство и кормопроизводство.* – 2023. – Т. 106, № 3. – С. 21–34.

REFERENCES

1. Shevkhuzhev A.F., Pogodaev V.A., Golembovskii V.V., Gostishchev S.S., *Sel'skokhozyaistvennyi zhurnal*, 2021, No. 4, pp. 53–60. (In Russ.)
2. Chinarov V.I., *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2020, No. 7, pp. 80–85. (In Russ.)
3. Kharlamov A.V., Frolov A.N., Zav'yalov O.A., Tyapugin E.A., *Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo*, 2019, No. 3, pp. 46–57. (In Russ.)
4. Pristupa V.N., Krotova O.V., Savenkov K.S., *Izvestiya SPbGAU*, 2020, No. 3, pp. 88–93. (In Russ.)
5. Kayumov F.G., Dunin I.M., Selionova M.I., Gerasimov N.P., Barinov V.E., Tret'yakova R.F., *Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo*, 2018, No. 4, pp. 28–34. (In Russ.)
6. Kolpakov V.I., *Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo*, 2020, No. 4, pp. 47–64. (In Russ.)
7. Flore L., Francalacci P., Massidda M., Robledo R., Calò C.M., Influence of Different Evolutionary Forces on GDF5 Gene Variability, *Genes (Basel)*, 2023, No. 14(10), pp. 1895, DOI: 10.3390/genes14101895. PMID: 37895244; PMCID: PMC10606091.
8. Kharlamov A.V., Frolov A.N., Zav'yalov O.A., Tyapugin E.A., *Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo*, 2019, No. 3, pp. 46–57. (In Russ.)
9. Dzhulamanov K.M., Gerasimov N.P., Kolpakov V.I., Dzhulamanov E.B., *Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo*, 2020, No. 3, pp. 36–45.
10. Kharlamov A.V., Frolov A.N., Zav'yalov O.A., *Byulleten' Orenburgskogo nauchnogo tsentra UrO RAN*, 2019, No. 4, pp. 1–8: <https://cyberleninka.ru/article/n/izmenenie-parametrov-tela-bychkov-v-zavisimosti-polimorfizma-gena-faktora-differentsiatsii-rosta-5>. (In Russ.)
11. Dzhulamanov K.M., Gerasimov N.P., Kolpakov V.I., Dzhulamanov E.B., *Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo*, 2020, No. 3, pp. 36–45. (In Russ.)
12. de Oliveira L.G., Delgado E.F., Steadham E.M., Huff-Lonergan E., Lonergan S.M., Association of calpain and calpastatin activity to postmortem myofibrillar protein degradation and sarcoplasmic proteome changes in bovine *Longissimus lumborum* and *Triceps brachii*, *Meat Sci.*, 2019, No. 155, pp. 50–60, DOI: 10.1016/j.meatsci.2019.04.015. Epub 2019 Apr 19. PMID: 31075739.
13. Romanishko E.L., Kireeva A.I., Mikhailova M.E., Sheiko R.I., *Molekulyarnaya i prikladnaya genetika*, 2022, No. 32, pp. 89–96, DOI: 10.47612/1999-9127-2022-32-88-96. (In Russ.)
14. Gabidulin V.M., Alimova S.A., Salikhov A.A., *Izvestiya OGAU*, 2019, No. 5, pp. 238–240. (In Russ.)
15. Gorlov I.F., Slozhenkina M.I., Anisimova E.Yu., Karpenko E.V., Badmaeva K.E., Ubushieva V.S., *Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo*, 2023, No. 3, pp. 21–34. (In Russ.)

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЫРАЩИВАНИЯ БЫЧКОВ СИММЕНТАЛЬСКОЙ ПОРОДЫ ПРИ РАЗНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ СОДЕРЖАНИЯ

А.Ф. Шевхужев, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

В.А. Погодаев, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр, Михайловск, Россия

E-mail: pogodaev_1954@mail.ru

Ключевые слова: бычки, симментальская порода, технология выращивания, рост, оплата корма, экстерьер, мясные качества.

Реферат. Целью работы явилось установить особенности мясной продуктивности бычков симментальской породы в зависимости от технологии выращивания: 1-я – традиционная технология, применяемая в хозяйствах (в помещении); 2-я – с использованием нагула и заключительного откорма. Технология выращивания оказала существенное влияние на живую массу бычков и на величину прироста в различные возрастные периоды. Разница живой массы между I и II группами составила: в 6 мес. – 11,2 кг ($P > 0,99$); в 14 мес. – 20,3 кг ($P > 0,999$); в 18 мес. – 43,9 кг ($P > 0,999$) в пользу бычков второй опытной группы. В среднем к полутора годам бычки II группы на 43,9 кг были тяжелее сверстников I группы. В 18-месячном возрасте коэффициенты переваримости в обеих группах были высокими, но у молодняка II группы коэффициенты переваримости клетчатки были на 18,2 % и жира на 17,9 % выше, чем у бычков I группы. Лучшие убойные качества были у бычков, выращиваемых с использованием нагула и заключительного откорма. У бычков II группы в сравнении с I группой были более тяжелые туши: в возрасте 6 мес. на 7,4 кг, в 14 мес. на 14,5 кг и в 18 мес. на 37,0 кг. Отложение внутреннего жира было сравнительно небольшим и несколько больше у бычков II группы. В возрасте 14 мес. масса туши бычков II группы была больше I группы на 6,74 %, мякоти – на 1,34 %. Это различие сохранилось и в возрасте 18 мес. Существенное влияние тип кормления оказал на крепость костей. Нагрузка, вызвавшая перелом костей у бычков объемистого кормления, составила в среднем 1477 кг, а при концентратном кормлении – в среднем 1209 кг, или на 18 % меньше.

EFFECTIVENESS OF GROWING SIMMENTAL BREED CARES WITH DIFFERENT MAINTENANCE TECHNOLOGIES

A.F. Shevkhuzhev, Doctor of Agricultural Sciences, Professor

V.A. Pogodaev, Doctor of Agricultural Sciences, Professor

North Caucasus Federal Scientific Agrarian Center, Mikhailovsk, Russia

E-mail: pogodaev_1954@mail.ru

Keywords: bulls, Simmental breed, growing technology, growth, payment for feed, exterior, meat qualities.

Abstract. The purpose of the work was to establish the features of meat productivity of Simmental breed bulls depending on the rearing technology: 1 - traditional technology used on farms (indoors); 2 - using feeding and final fattening. The rearing technology had a significant impact on the live weight of bull calves and the amount of gain at different age periods. The difference in live weight between groups I and II was: at 6 months – 11.2 kg ($P > 0.99$); at 14 months – 20.3 kg ($P > 0.999$); at 18 months – 43.9 kg ($P > 0.999$) in favor of bulls of the second experimental group. On average, by the age of one and a half years, bulls of group II were 43.9 kg heavier than their peers of group I. At 18 months of age, the digestibility coefficients in both groups were high, but in young animals of group II, the coefficients of fiber digestibility were 18.2 % and fat 17.9 % higher than in group I bulls. The best slaughter qualities were in bulls reared using fattening and final fattening. The bulls of group II compared to group I had heavier carcasses: at the age of 6 months by 7.4 kg, at 14 months by 14.5 kg, and at 18 months by 37.0 kg. The deposition of internal fat was relatively small and somewhat greater in bulls of group II. At the age of 14 months, the carcass weight of group II bulls was greater than group I by 6.74 %, and the pulp by 1.34 %. This difference persisted at 18 months. The type of feeding had a significant impact on bone strength. The load that caused bone fractures in volume-fed bulls averaged 1,477 kg, and with concentrated feeding, an average of 1,209 kg, or 18 % less.

Актуальной и первостепенной задачей продовольственной безопасности Российской Федерации становится повышение конкурентоспособности производства говядины для обеспечения населения качественным мясом и мясопродуктами. Как известно, уровень жизни населения страны оценивают по объему производства и потреблению мяса на одного человека [1–5].

Численность товарного поголовья коров специализированных мясных пород в сельскохозяйственных организациях (СХО), крестьянских (фермерских) хозяйствах (КФХ), включая ИП, на конец 2022 г. была 1144,7 тыс. голов, что на 52,2 тыс. голов, или на 4,8 %, больше, чем в 2021 г.

В 2022 г. поголовье крупного рогатого скота специализированных мясных пород и помесного скота в хозяйствах всех категорий составило около 3,94 млн голов. Доля специализированного мясного и помесного скота составляет 22,5 % от общего поголовья крупного рогатого скота (КРС) [6–9].

Производство КРС специализированных мясных пород на убой в СХО, КФХ и у ИП в 2022 г. увеличилось или сохранилось на уровне 2021 г. в 55 регионах, а в 19 регионах сократилось. Лидерами по наращиванию производства специализированного мясного КРС на убой являются: Карачаево-Черкесская Республика – на 2,7 тыс. т (на 53 %), Брянская область – на 5,4 тыс. т (на 6,6 %), Воронежская область – на 1,9 тыс. т (на 8,8 %), Краснодарский край – на 1,5 тыс. т (на 42,8 %), Самарская область – на 1,2 тыс. т (на 6,6 %).

Товарное поголовье коров специализированных мясных пород сосредоточено в основном в Центральном, Южном и Приволжском федеральных округах: 27,3, 21,3 и 14 % общего товарного поголовья соответственно. Относительно предыдущего года наибольшее увеличение товарного поголовья коров специализированных мясных пород отмечено в Карачаево-Черкесской Республике – на 25,4 тыс. голов (на 53 %), в Брянской области – на 8,3 тыс. голов (на 5 %), в Оренбургской области – на 6,7 тыс. голов (на 11 %), в Республике Алтай –

на 4,1 тыс. голов (на 11 %), в Тульской области – на 2,9 тыс. голов (на 10 %) [6].

Мясное скотоводство наиболее перспективно и экономически эффективно в районах, где имеются большие площади естественных кормовых угодий. В Карачаево-Черкесской Республике можно содержать большие стада мясных коров и выращивать телят на полном подсосе до 6–7-месячного возраста. В сочетании нагула с интенсивным откормом молодняка это дает возможность организовать производство говядины с минимальными затратами труда и средств [10–12].

В рационах с низким уровнем концентратов и при низких ценах на грубые корма резко снижается стоимость животноводческой продукции. Исследователи разных стран уделяют значительное внимание поиску путей снижения расхода зерновых кормов при выращивании и откорме КРС. При этом подчеркивается необходимость повышения питательности основных кормов: сена, сенажа, силоса и зеленой массы [13–15].

Поиск резервов увеличения производства говядины и улучшения ее качества на основе повышения интенсивности выращивания и использования породных ресурсов скота является актуальным для науки и практики.

В связи с этим возникла необходимость изучить влияние технологии выращивания на мясную продуктивность бычков симментальской породы.

Целью работы явилось установление особенностей формирования мясной продуктивности бычков симментальской породы в зависимости от технологии выращивания.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились на базе СПК ПЗ «Заря-1» Карачаево-Черкесской Республики в 2022–2023 гг.

Исходя из цели и задачи исследований был проведен опыт по выращиванию на мясо симментальских бычков до 18 мес. на двух контрастных по типу, но одинаковых по уровню кормления рационах [16]. Под наблюдением находилось 30 бычков симментальской породы в

возрасте 6 мес. Животные были разбиты на две группы по 15 голов в каждой. Бычки I группы (контрольная) содержатся весь период выращивания в хозяйстве. Бычки II группы (опытная) выращивались в хозяйстве до 10-месячного возраста, а с 11 до 15 мес. – на горных пастбищах с последующим откормом в хозяйстве.

Опыт проводился на различных по структуре рационах: летом и осенью за счет скармливания «объемистой», а зимой силоса (на двух контрастных по типу, но одинаковых по уровню кормления рационах). В рационах молодняка I группы затрачено в 2 раза больше концентрированных кормов, чем во II группе (которая в весенне-осенний период находилась на горных пастбищах).

Динамика живой массы изучалась путем проведения ежемесячных контрольных взвешиваний животных. По результатам взвешиваний определялся абсолютный, относительный и среднесуточный прирост живой массы по изучаемым периодам в соответствии с общепринятыми методиками. Для характеристики линейного роста в 6-, 12- и 18-месячном возрасте при снятии с опыта были взяты от всех животных подопытных групп промеры тела.

Для изучения степени оплаты корма подопытными животными производился постоянный учет израсходованных кормов путем взвешивания кормов по двум смежным дням с последующим снятием остатков.

Для изучения мясной продуктивности молодняка, роста и развития органов и тканей были проведены контрольные убои в возрасте 6 мес. по трем животным из групп, в 14 мес. – по трем и 18 мес. – по оставшимся девяти животным в группах.

Убой проводили на мясокомбинате ОАО РАО «Кавказ-мясо». При проведении контрольного убоя определяли предубойную живую массу, массу парной туши, массу внутреннего жира-сырца и внутренних органов, относительный выход туши и убойный выход [10].

В возрасте 14 мес. проведено испытание костей плюсны на прочность (излом) на гидравлическом прессе «Амелера».

Морфологический состав определяли путем обвалки полутуши, охлажденной в течение 24 ч при температуре от 0 до +4 °С. На основании обвалки и жиловки определяли абсолютное и относительное содержание костей, мякотной части, сухожилий и хрящей, а также индекс мясности (выход мякотной части на 1 кг костей) [10].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Технология выращивания оказала существенное влияние на живую массу бычков и на величину прироста в различные возрастные периоды (табл. 1).

Таблица 1

Живая масса и величина прироста у симментальских бычков при разных технологиях выращивания, кг
Live weight and growth rate of Simmental bulls with different growing technologies, kg

| Возраст | I группа (контрольная) | | | II группа (опытная) | | | Затрачено на 1 кг прироста, ЭКЕ | |
|--------------|------------------------|------|---------------------------|---------------------|------|---------------------------|---------------------------------|--------|
| | Масса, кг | | Среднесуточный прирост, г | Масса, кг | | Среднесуточный прирост, г | I гр. | II гр. |
| | M±m | Cv | | M±m | Cv | | | |
| При рождении | 37,0±2,75 | 7,43 | – | 37,6±2,35 | 6,25 | – | – | – |
| 6 мес. | 180,0±2,56 | 1,42 | 794 | 191,2±2,76 | 1,44 | 853 | 3,48 | 3,53 |
| 14 мес. | 377,5±2,54 | 0,67 | 811 | 397,8±2,63 | 0,66 | 858 | 4,50 | 4,09 |
| 18 мес. | 443,1±2,89 | 0,65 | 752 | 487,0±2,06 | 0,42 | 832 | 7,74 | 7,02 |

Разница средних арифметических живой массы между I и II группами составила: в 6 мес. – 11,2 кг ($P > 0,99$); в 14 мес. – 20,3 кг ($P > 0,999$); в 18 мес. – 43,9 кг ($P > 0,999$) в пользу бычков второй опытной группы.

У бычков II группы среднесуточный прирост был на 80 г больше прироста бычков I группы. В среднем к полутора годам бычки II группы на 43,9 кг были тяжелее сверстников I группы. Особенно высокие приросты были в первые шесть месяцев жизни, когда телятам давали в достаточном количестве легко перевариваемые корма. Эти корма телята поедали с большим аппетитом, быстро и без остатков.

Нашими исследованиями установлено, что до шестимесячного возраста существенных различий по оплате корма между группами не было. Однако в 14-месячном возрасте на 1 кг прироста живой массы было израсходовано во II группе 4,09, а в I группе – 4,50 ЭКЕ, что меньше на 0,41 ЭКЕ, а в 18-месячном возрасте соответственно 7,02, и 7,74 ЭКЕ, что меньше на 0,72 ЭКЕ.

Более интенсивный рост и лучшая оплата корма, которые имели место у бычков II группы, связаны с тем, что они были лучше подготовлены к использованию питательных веществ рационов с большим объемом растительных сочных кормов, чем молодняк I группы, получавший концентратный тип кормления. Этот вывод подтверждается показателями коэффициентов переваримости.

В возрасте 6, 14 и 18 мес. на подопытных бычках были проведены опыты по изучению переваримости рационов. Из каждой группы было выделено по два животных, которым скармливали те рационы, которые они получали в соответствующем возрасте. Учетный период длился 8 дней.

Рационы были контрастными по составу кормов. Во II группе скармливалось большое количество сочных гидрофильных кормов, I группа молодняка получала значительно больше концентратов. При указанных выше рационах получены следующие коэффициенты переваримости питательных веществ по группам (табл. 2).

Таблица 2

Коэффициенты переваримости при скармливании различных рационов, %
Digestibility coefficients when feeding various diets, %

| Группа | Сухое вещество | Органическое вещество | Протеин | Жир | Клетчатка | Безазотистые экстрактивные вещества |
|----------------|----------------|-----------------------|---------|-------|-----------|-------------------------------------|
| <i>6 мес.</i> | | | | | | |
| I | 66,00 | 68,28 | 48,39 | 50,56 | 54,51 | 77,18 |
| II | 79,70 | 81,32 | 78,46 | 81,63 | 69,43 | 86,40 |
| <i>14 мес.</i> | | | | | | |
| I | 60,90 | 63,00 | 52,90 | 64,85 | 38,60 | 72,45 |
| II | 62,35 | 64,70 | 53,15 | 61,90 | 39,15 | 76,00 |
| <i>18 мес.</i> | | | | | | |
| I | 68,26 | 71,74 | 83,52 | 56,64 | 51,47 | 73,86 |
| II | 68,86 | 71,18 | 83,00 | 74,49 | 69,63 | 71,43 |

Во все возрастные периоды по большинству питательных веществ у бычков II группы коэффициенты переваримости были выше, чем у молодняка I группы. В 6-месячном возрасте, когда бычки II группы получали такие корма, как кабачки и обрат, коэффициенты переваримости были высокими, особенно по

протеину, жиру и общему сухому веществу. В 14-месячном возрасте коэффициенты переваримости у молодняка I и II группы были довольно близкими. При этом молодняк II группы лучше использовал сухое вещество и безазотистые экстрактивные вещества, а молодняк I группы, в рационе которого концентраты составляли

3 кг, лучше переваривал жир. В 18-месячном возрасте коэффициенты переваримости в обеих группах были высокими, но у молодняка II группы коэффициенты переваримости клетчатки были на 18,2 % и жира на 17,9 % выше, чем у бычков I группы.

Таким образом, если судить по коэффициенту переваримости всех питательных веществ и особенно по коэффициенту переваримости клетчатки за все периоды опыта, то наиболее высокая способность к перевариванию веществ была развита у бычков II группы, выращенных на рационах с большим удельным весом объемистых сочных кормов. Характер кормления молодняка в период выращивания оказал некоторое влияние на телосложение животных. По типу телосложения молодняк II группы (объемистого кормления) по сравнению с I группой отличался несколько большей широкотелостью, растянутым корпусом и более массивным костяком.

Наибольшее различие между группами прослеживается в обхвате груди: в 6 мес. – 5,5 см ($P > 0,90$); в 12 мес. – 6,8 см ($P > 0,95$); в 18 мес. – 6,5 см ($P > 0,95$). Также существенная разница высоты в крестце: 12 и 18 мес. – 5 см; в косой длине туловища в 12 мес. – 6 см ($P > 0,95$).

Различия в величине промеров были больше выражены в 6-месячном возрасте, к 18 месяцам разница значительно сгладилась. Так, ширина груди в 6 мес. у бычков II группы объемистого кормления было на 12 % больше в сравнении с молодняком I группы, к 18-месячному возрасту эта разница составляла 6 %. Такая же картина имеет место в ширине в маклаках (8 и 2 %), ширине в тазобедренных сочленениях и в других промерах. Разница по высоте в холке во все возрастные периоды была незначительной.

В течение опыта проводили убой животных в возрасте 6, 14 и 18 мес. Результаты убоя показали, что у молодняка второй группы во все периоды была большая живая масса, что дало

возможность к 18-месячному возрасту получить тяжелые туши (275,2 кг) (табл. 3).

У бычков II группы в сравнении с I группой были более тяжелые туши: в возрасте 6 мес. – на 7,4 кг, или на 8,7 % ($P > 0,99$), в 14 мес. – на 14,5 кг, или на 7,2 % ($P > 0,999$), и в 18 мес. – на 37,0 кг, или на 15,5 % ($P > 0,999$).

Отложение внутреннего жира было сравнительно небольшим и несколько больше у бычков II группы. По убойной массе бычки II группы превосходили сверстников первой группы в 6-, 14- и 18-месячном возрасте на 8,4, 15,0 и 38,1 кг ($P > 0,99-0,999$).

Убойный выход у молодняка II группы был выше, чем у I группы, особенно в 6- и в 18-месячном возрасте. В возрасте 14 мес. разница в убойном выходе была небольшая.

Относительная масса внутренних органов была несколько выше у бычков I группы, в то же время голова, ноги и шкура животных существенной разницы между группами не имели.

У телят 6-месячного возраста отложений жира на поверхности туши не было. При анатомировании туши бычка из группы объемистого кормления отмечены жировые отложения между мышцами в виде ярко выраженных жировых прослоек. Отмечены также небольшие жировые отложения в области головки икроножной мышцы, под длиннейшей мышцей спины, в области грудных и поясничных позвонков. У бычков из группы концентратного кормления отложений жира между мышцами не было.

В старшем возрасте подкожный жир в виде полива был удовлетворительно выражен на ребрах, в области поясницы, крестца и меньше на окороке. Слой жира на поверхности туши у молодняка обеих групп был тонкий с просветами. Отложения жира между мышцами были значительными.

Для выяснения влияния типа кормления молодняка на морфологический состав туши проведена тщательная обвалка туш (по три из каждой группы) в возрасте 14 и 18 мес. Результаты обвалки представлены в табл. 4.

Таблица 3

Мясные качества бычков симментальской породы (n = 3)
Meat qualities of Simmental bulls (n = 3)

| Показатель | I группа | | | | | | II группа | | | | | |
|--------------------------------------|------------|-------|------------|-------|------------|-------|------------|-------|------------|------|------------|-------|
| | 6 мес. | | 14 мес. | | 18 мес. | | 6 мес. | | 14 мес. | | 18 мес. | |
| | M±m | Cv | M±m | Cv | M±m | Cv | M±m | Cv | M±m | Cv | M±m | Cv |
| Абсолютная масса, кг | | | | | | | | | | | | |
| Живая масса перед убоем | 179,0±2,00 | 1,12 | 375,0±3,00 | 0,80 | 440,0±2,40 | 0,54 | 190,0±1,73 | 0,91 | 396,5±2,08 | 0,53 | 483,0±2,24 | 0,46 |
| Масса туши | 85,0±1,00 | 1,18 | 200,5±2,08 | 1,04 | 238,2±2,22 | 0,93 | 92,4±1,53 | 1,65 | 215,0±3,61 | 1,68 | 275,2±2,03 | 0,74 |
| Внутренний жир | 2,4±0,58 | 24,06 | 12,8±2,08 | 16,26 | 13,0±1,73 | 13,32 | 3,4±0,58 | 16,98 | 13,3±1,15 | 8,68 | 14,1±1,90 | 13,48 |
| Убойная масса | 87,4±0,58 | 0,66 | 213,3±1,53 | 0,72 | 251,2±2,67 | 1,06 | 95,8±1,15 | 1,21 | 228,3±2,08 | 0,91 | 289,3±1,79 | 0,62 |
| Внутренние органы | 35,4±2,08 | 5,88 | 39,2±1,53 | 3,90 | 49,4±2,13 | 4,31 | 35,8±1,53 | 4,27 | 40,6±1,15 | 2,84 | 50,9±2,03 | 3,98 |
| Голова | 7,8±0,58 | 7,40 | 22,2±1,53 | 6,88 | 28,9±1,76 | 6,10 | 7,9±1,00 | 12,66 | 24,2±0,58 | 2,39 | 30,7±2,29 | 7,46 |
| Ноги | 15,9±1,00 | 6,29 | 28,4±1,53 | 5,38 | 31,7±2,00 | 6,31 | 16,6±1,53 | 9,20 | 29,4±1,53 | 5,20 | 33,1±2,26 | 6,83 |
| Шкура | 32,5±0,58 | 1,78 | 71,9±1,73 | 2,41 | 78,8±1,86 | 2,36 | 33,9±1,53 | 4,51 | 74,0±2,00 | 2,70 | 79,0±2,12 | 2,69 |
| Относительная масса, % к живой массе | | | | | | | | | | | | |
| Туша | 47,5 | | 53,5 | | 54,1 | | 48,6 | | 54,2 | | 57 | |
| Внутренний жир | 1,3 | | 3,4 | | 3,0 | | 1,8 | | 3,4 | | 2,9 | |
| Убойный выход | 48,8 | | 56,9 | | 57,1 | | 50,4 | | 57,6 | | 59,9 | |
| Внутренние органы | 19,8 | | 10,4 | | 11,2 | | 18,8 | | 10,2 | | 10,5 | |
| Голова | 4,4 | | 5,9 | | 6,6 | | 4,2 | | 6,1 | | 6,4 | |
| Ноги | 8,9 | | 7,6 | | 7,2 | | 8,7 | | 7,4 | | 6,9 | |
| Шкура | 18,1 | | 19,2 | | 17,9 | | 17,9 | | 18,7 | | 16,3 | |

Морфологический состав туш бычков
Morphological composition of bull carcasses

| Показатель | Абсолютная масса, кг | | Относительная масса, в % к массе туши | |
|-----------------------------|----------------------|-------------|---------------------------------------|-----------|
| | I группа | II группа | I группа | II группа |
| <i>14 мес.</i> | | | | |
| Масса туши | 200,5±1,98 | 215,0±1,87 | 100 | 100 |
| В том числе: | | | | |
| мякоть | 133,11±1,25 | 145,62±1,37 | 66,39 | 67,73 |
| кости | 40,16±0,29 | 41,84±0,37 | 20,03 | 19,46 |
| сухожилия и хрящи | 3,98±0,18 | 4,79±0,19 | 1,98 | 2,23 |
| жир подкожный и межмышечный | 23,25±0,32 | 22,75±0,37 | 11,60 | 10,58 |
| <i>18 мес.</i> | | | | |
| Масса туши | 238,2±2,54 | 275,2±2,28 | 100 | 100 |
| В том числе: | | | | |
| мякоть | 150,42±1,56 | 173,79±1,73 | 63,15 | 65,07 |
| кости | 52,50±0,31 | 60,65±0,40 | 22,04 | 21,15 |
| сухожилия и хрящи | 4,93±0,17 | 5,70±0,20 | 2,07 | 2,80 |
| жир подкожный и межмышечный | 30,35±0,35 | 35,06±0,28 | 12,74 | 10,98 |

В возрасте 14 мес. масса туши бычков II группы была больше I группы на 14,5 кг, или на 7,23 % ($P > 0,999$), выход мякоти – на 12,5 кг, или на 9,39 % ($P > 0,999$), а в возрасте 18 мес. соответственно на 37,0 кг ($P > 0,999$), 23,37 кг ($P > 0,999$). Однако по содержанию жира туши последних были несколько упитаннее.

При убое животных учитывали массу скелета и отдельных его частей (табл. 5). Масса скелета бычков II группы в возрасте 6 мес. была на 7 % больше, чем масса скелета бычков I группы (концентратного кормления); в возрасте 14 мес. соответственно на 9 % и в 18-месячном возрасте – на 11,5 %. Эти весовые

различия скелета близки к тем, которые были в живой массе молодняка перед убоем.

Соотношения отделов скелета по массе в пределах каждого возраста также оказались очень близкими. Еще меньшими были различия между животными разных групп по длине скелета.

Общая длина скелета (осевой и периферической частей) в 14-месячном возрасте у бычков II группы составила 552 см, у бычков I группы – 532 см, или на 2,5 % меньше; такая же незначительная разница в длине скелета была и в возрасте 18 мес. По длине осевого скелета (позвоночник и череп) бычки I группы отставали на 5 % от молодняка II группы.

Таблица 5

Масса отделов скелета бычков при разных технологиях выращивания, г (n = 3)
 Weight of skeletal sections of bull calves using different rearing technologies, g (n = 3)

| Часть скелета | 6 мес. | | | | | | 14 мес. | | | | | | 18 мес. | | | | | |
|-----------------------------------|-------------|------|-------------|------|-------------|------|-------------|------|-------------|------|-------------|------|----------|----|-----------|----|--|--|
| | I группа | | II группа | | I группа | | II группа | | I группа | | II группа | | I группа | | II группа | | | |
| | M±m | Cv | M±m | Cv | M±m | Cv | M±m | Cv | M±m | Cv | M±m | Cv | M±m | Cv | M±m | Cv | | |
| Осевой скелет | 11743±12,12 | 0,10 | 12226±24,88 | 0,20 | 21970±25,24 | 0,11 | 23734±19,05 | 0,08 | 25349±24,02 | 0,09 | 29383±30,61 | 0,10 | | | | | | |
| В том числе: | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| череп | 3315±7,81 | 0,24 | 3255±11,53 | 0,35 | 6073±13,75 | 0,23 | 6138±16,09 | 0,26 | 6552±20,95 | 0,32 | 8302±23,52 | 0,28 | | | | | | |
| позвоночник | 5188±12,53 | 0,24 | 5365±14,73 | 0,27 | 9167±16,70 | 0,18 | 10051±20,66 | 0,21 | 10747±21,63 | 0,20 | 12200±21,66 | 0,18 | | | | | | |
| рёбра и грудная кость | 3240±10,54 | 0,33 | 3606±13,75 | 0,38 | 6730±21,00 | 0,31 | 7545±10,82 | 0,14 | 8050±12,53 | 0,16 | 8881±14,73 | 0,17 | | | | | | |
| Периферический скелет (удвоенный) | 13290±22,54 | 0,17 | 14658±14,73 | 0,10 | 21556±14,42 | 0,07 | 23866±15,52 | 0,07 | 25372±10,58 | 0,04 | 27948±30,79 | 0,11 | | | | | | |
| В том числе: | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| передняя конечность | 2725±6,24 | 0,23 | 2949±9,64 | 0,33 | 4330±11,14 | 0,26 | 4850±24,27 | 0,50 | 5283±19,52 | 0,37 | 5760±18,08 | 0,31 | | | | | | |
| задняя конечность | 3920±13,53 | 0,35 | 4380±15,13 | 0,35 | 6448±14,53 | 0,23 | 7083±16,64 | 0,23 | 7403±18,00 | 0,24 | 8214±18,52 | 0,23 | | | | | | |
| Весь скелет | 25033±21,00 | 0,08 | 26884±24,43 | 0,09 | 43526±15,39 | 0,04 | 47600±19,31 | 0,04 | 50721±28,05 | 0,06 | 57331±27,22 | 0,05 | | | | | | |
| Масса скелета, % к живой массе | 14 | | 14,2 | | 11,6 | | 11,9 | | 11,5 | | 11,9 | | | | | | | |

Более существенное влияние тип кормления оказал на крепость костей. Были испытаны на излом кости плюсны в 14-месячном возрасте на гидравлическом прессе «Амелера». При этом получены следующие показатели: нагрузка, вызвавшая перелом костей у бычков объемистого кормления, составила в среднем 1477 кг (1465 и 1490 кг), а при концентратном кормлении в среднем 1209 кг (1248 и 1170 кг), или на 18 % меньше. Это указывает, что кости бычков I группы были менее плотными.

ВЫВОДЫ

1. Технология выращивания оказала существенное влияние на рост и развитие бычков симментальской породы.

2. Более интенсивный рост, который имел место у бычков, выращиваемых с использова-

нием нагула, связан с тем, что они были лучше подготовлены к использованию питательных веществ рационов с большим объемом растительных сочных кормов, чем молодняк, получавший концентратный тип кормления. Этот вывод подтверждается показателями коэффициентов переваримости. Скармливание большого количества сочных кормов при полноценности их по протеину стимулирует рост молодняка и, как следствие, повышает использование корма.

3. Если судить по коэффициенту переваримости всех питательных веществ и особенно по коэффициенту переваримости клетчатки за все периоды опыта, то наиболее высокая способность к перевариванию веществ была развита у бычков II группы, выращенных на рационах с большим удельным весом объемистых сочных кормов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Acclimatization and productive qualities of american origin aberdeen-angus cattle pastured at the submontane area of the northern caucasus* / D. Smakuyev, M. Shakhmurzov, V. Pogodaev [et al.] // Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences. – 2021. – Vol. 20, № 7. – P. 433–442.
2. *Overview of feed granulation technology and technical means for its implementation* / D.A. Blagov, A. Ya. Gizatov, D.R. Smakuyev [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Scientific and Practical Conference Biotechnology in the Agro-Industrial Complex and Sustainable Environmental Management. – 2020. – Vol. 613 (1). – P. 012018. – DOI: 10.1088/1755-1315/613/1/012018.
3. *Productivity of Simmentals Livestock of Austrian Breeding in Climatic Conditions of the Karachay - Cherkess Republic* / V.V. Kulintsev, A.F. Shevkhuzhev, M.M. Shakhmurzov [et al.] // International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT). – 2019. – Vol. 9, Is. 1. – P. 4561–4564.
4. *Влияние породной принадлежности на мясную продуктивность бычков и биологическую ценность получаемой от них говядины* / И.Ф. Горлов, М.И. Сложенкина, Д.В. Николаев [и др.] // Животноводство и кормопроизводство. – 2022. – Т. 105, № 3. – С. 56–68.
5. *Джуламанов К.М., Герасимов Н.П.* Формирование мясной продуктивности герефордских бычков разных типов телосложения во взаимосвязи с факторами внешней среды // Животноводство и кормопроизводство. – 2020. – Т. 103, № 2. – С. 57–67.
6. *Ежегодник по племенной работе в мясном скотоводстве в хозяйствах Российской Федерации (2022)* / С.Е. Тяпугин [и др.]. – М., 2023. – 218 с.
7. *Исхаков Р.Г., Левахин В.И., Титов М.Г.* Мясная продуктивность бычков симментальской и абердин-ангусской пород в зависимости от технологии выращивания // Зоотехния. – 2007. – № 3. – С. 22–25.
8. *Кравченко В.* Рынок говядины: от роста производства – к экспорту // Животноводство России. Сентябрь. – 2022. – С. 7–8.
9. *Левахин, В.И., Ажмулдинов Е.А., Ибраев А.С.* Мясная продуктивность и качество продуктов убоя бычков в зависимости от состава и полноценности рационов // Достижения науки и техники АПК. – 2014. – № 8. – С. 49–51.
10. *Методические рекомендации по оценке мясной продуктивности и качества мяса убойного скота.* – М., 1990. – 86 с.
11. *Мясная продуктивность и качество продуктов убоя чистопородных и помесных бычков* / В.И. Косилов, Е.А. Никонова, А.В. Харламов [и др.] // Мичуринский агрономический вестник. – 2018. – № 1. – С. 26–32.

12. Погодаев В.А., Сангаджиев Д.А. Особенности роста бычков калмыцкой мясной породы крупного рогатого скота, полученных от кроссов разных линий // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2021. – № 1 (87). – С. 243–246.
13. Раджабов Р.Г. Иванова Н.В. Мясная продуктивность бычков разных пород // Вестник Донского государственного аграрного университета. – 2020. – № 2–1 (36). – С. 9–14.
14. Сивкин Н.В., Стрекозов Н.И., Чинаров В.И. Совершенствование стад скота симментальской породы по молочной и мясной продуктивности // Молочное и мясное скотоводство. – 2020. – № 2. – С. 16–19.
15. Формирование мясной продуктивности бычков абердин-ангусской породы при различной длительности производственного цикла / А.Ф. Шевхужев, В.А. Погодаев, Д.Р. Смакуев [и др.] // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2018. – № 4 (40). – С. 60–65.
16. Хайруллина О.И. Тенденции производства и потребления основных видов мяса в России // Креативная экономика. – 2021. – Т. 15, № 5. – С. 2245–2260.

REFERENCES

1. Smakuyev D., Shakhmurzov M., Pogodaev V., Shevkhuzhev A., Rebezov M., Kosilov V., Yessimbekov Z., Acclimatization and productive qualities of American origin aberdeen-angus cattle pastured at the submontane area of the northern Caucasus, *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 2021, Vol. 20, No. 7, pp. 433–442.
2. Blagov D.A., Gizatov A.Ya., Smakuyev D.R., Kosilov V.I., Pogodaev V.A., Tamaev S.A., Overview of feed granulation technology and technical means for its implementation, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Ser. "International Scientific and Practical Conference Biotechnology in the Agro-Industrial Complex and Sustainable Environmental Management"*, 2020, No. 613 (1), pp. 012018, DOI: 10.1088/1755-1315/613/1/012018.
3. Kulintsev V.V., Shevkhuzhev A.F., Shakhmurzov M.M., Pogodaev V.A., Smakuev D.R., Productivity of Simmentals Livestock of Austrian Breeding in Climatic Conditions of the Karachay - Cherkess Republic, *International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT)*, 2019, Vol. 9, Iss. 1, pp. 4561–4564.
4. Gorlov I.F., Slozhenkina M.I., Nikolaev D.V. et al., *Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo*, 2022, Vol. 105, No. 3, pp. 56–68. (In Russ.)
5. Dzhulamanov K.M., Gerasimov N.P., *Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo*, 2020, Vol. 103, No. 2, pp. 57–67. (In Russ.)
6. Tyapugin S.E. et al., *Ezhegodnik po plemennoy rabote v myasnom skotovodstve v khozyaystvakh Rossiyskoy Federatsii (2022)* (Yearbook on beef cattle breeding on farms of the Russian Federation (2022)), Moscow, 2023, 218 p.
7. Iskhakov R.G., Levakhin V.I., Titov M.G., *Zootekhnika*, 2007, No. 3, pp. 22–25. (In Russ.)
8. Kravchenko V., *Zhivotnovodstvo Rossii*, 2022, No. 9, pp. 7–8. (In Russ.)
9. Levakhin V.I., Azhmuldinov E.A., Ibraev A.S., *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2014, No. 8, pp. 49–51. (In Russ.)
10. *Metodicheskie rekomendatsii po otsenke myasnoy produktivnosti i kachestva myasa uboynogo skota* (Methodological recommendations for assessing meat productivity and meat quality of slaughter cattle), Moscow, 1990, 86 p.
11. Kosilov V.I., Nikonova E.A., Kharlamov A.V. et al., *Michurinskiy agronomicheskiy vestnik*, 2018, No. 1, pp. 26–32. (In Russ.)
12. Pogodaev, V.A., Sangadzhiev D.A., *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2021, No. 1(87), pp. 243–246. (In Russ.)
13. Radzhabov R.G. Ivanova N.V., *Vestnik Donskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2020, No. 2-1 (36), pp. 9–14. (In Russ.)
14. Sivkin N.V., Strekozov N.I., Chinarov V.I., *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo*, 2020, No. 2, pp. 16–19. (In Russ.)
15. Shevkhuzhev A.F., Pogodaev V.A., Smakuev D.R., Shakhnamirov I.Ya., Delaev U.A., *Vestnik Ryzanskogo gosudarstvennogo agrotexnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva*, 2018, No. 4 (40), pp. 60–65. (In Russ.)
16. Khairullina O.I., *Kreativnaya ekonomika*, 2021, Vol. 15, No. 5, pp. 2245–2260. (In Russ.)

