

ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ
Институт фундаментальных и прикладных агробиотехнологий
Кафедра лесного хозяйства

Учебно-методическое пособие
для практических занятий и самостоятельной работы по дисциплине
Лесная генетика

Новосибирск 2024

УДК 630.165 (07)

ББК 43.45, Я7

Л 503

Кафедра лесного хозяйства

Составители: к.с.-х. н. О.Е. Якубенко

Рецензент к.с.-х.н. Е.В. Пальчикова

Лесная генетика: учебно-методическое пособие для практических занятий и самостоятельной работы. Новосиб. гос. аграр. ун-т; сост. Якубенко О.Е.: Новосибирск, изд-во НГАУ, 2024. – 63 с.

Учебно-методическое пособие для практических занятий и самостоятельной работы по дисциплине лесная генетика для студентов очной и заочной формы обучения по направлению подготовки 35.03.01 Лесное дело составлены в соответствии с требованиями ФГОС ВО, рабочему учебному плану, ООП и рабочей программе дисциплины.

Утверждены и рекомендованы к изданию учебно-методическим советом института ФиПА.

Содержание

Введение	4
1. Клетка – материальная основа наследственности	5
2. Наследственность.....	14
3. Изменчивость.....	21
4. Контрольная работа	39
4.1. Общие методические рекомендации.....	39
4.2. Требования к оформлению	39
4.3. Вопросы контрольной работы	42
Список литературы	48
Словарь терминов.....	49
Приложение 1	61
Приложение 2	62

Введение

«Генетика относится к фундаментальным разделам биологии и как таковая является составной частью каждого из всех таксономических подразделений биологической науки»

Л.Ф. Правдин

Генетика изучает цитологические и молекулярные основы наследственности и изменчивости, закономерности наследования, генетические основы своеобразного формирования, механизмы эволюции, частную генетику объектов (микроорганизмов, растений, животных, человека).

В.Н. Сукачев говорит о значимости генетических исследований в лесном хозяйстве: «Знание законов генетики поможет избежать ошибок в селекции древесных пород, где ошибки более тяжелы, что при селекции травянистых растений». Основной задачей лесной генетики является познание законов наследственности и изменчивости, фактов их проявления в лесных популяциях и умение использовать полученные знания в практической деятельности. Основные теории современной генетики: концепция наследственности (Г. Мендель, 1865 г.), хромосомная концепция наследственности (школа Т. Моргана) и представление о генетическом полиморфизме (Е. Форд, А. Серебровский).

Наследственность – свойство организма передавать свои признаки потомкам без изменения. Наследственность изучается на разных уровнях организации живой материи: молекулярном, хромосомном, клеточном, организменном и популяционном.

Изменчивость – свойство организма приобретать новые признаки в процессе индивидуального развития. Изменчивость вызывают две большие группы факторов – внешние и наследственные. Ч. Дарвин впервые установил, что изменчивость является основным свойством всех живых организмов и в природе отсутствуют абсолютно идентичные особи по всем признакам и свойствам.

1. Клетка – материальная основа наследственности

Цитология (греч. *cytos*, или *kytos* – клетка) – наука о структуре и жизнедеятельности клетки. Растения и все живые организмы состоят из клеток. Клетка – структурно-функциональная простейшая и обязательная единица живого, это его элемент, основа строения, развития и всей жизнедеятельности организма.

Цитология занимает центральное положение в ряду биологических дисциплин, т.к. исследует клетку как важнейшую структурную единицу живого. Изучение клеточного строения организмов начато в XVII в. (Р. Гук, М. Мальпиги, А. Левенгук); в XIX в. была создана единая для всего органического мира клеточная теория (Т. Шванн, 1839). В XX в. быстрому прогрессу цитологии способствовали новые методы – электронная микроскопия, изотопные индикаторы, культивирование клеток и др.

Основные положения клеточной теории:

1. Клетка – основная единица строения, функционирования и развития всех живых организмов;
2. Клетки всех одноклеточных и многоклеточных организмов сходны (гомологичны) по своему строению, химическому составу, основным проявлениям жизнедеятельности и обмену веществ;
3. Размножение клеток происходит путем их деления, каждая новая клетка образуется в результате деления исходной (материнской) клетки;
4. В сложных многоклеточных организмах клетки специализированы по выполняемым ими функциям, образуют ткани и органы.

Клетка в своей жизни проходит разные фазы: роста, подготовки к делению и деления. Клеточный цикл – переход от деления к синтезу веществ, составляющих клетку, а затем опять к делению.

Митоз

Митоз относится к наиболее распространенному типу деления клеток. Типы размножения организмов как бесполое и вегетативное, ростовые

процессы у растений и животных, происходят на основе митоза. При нормальном ходе митоза после его завершения из одной клетки возникают две генетически идентичных клетки.

В результате митоза клетки проходят интерфазу, профазу, метафазу, анафазу и телофазу, составляющих вместе митотический цикл (рисунок 1).

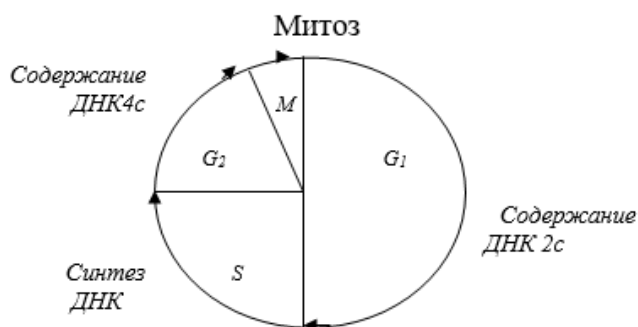


Рисунок 1 – Схема митотического цикла

В интерфазе происходит рост клетки и подготовка ее к делению, синтез ДНК. Интерфаза наиболее продолжительная часть митотического цикла – около 20 ч. В ней различают три периода: предсинтетический (G₁), синтетический (S), постсинтетический (G₂).

Период G₁ – увеличивается объем цитоплазмы, число клеточных органелл, синтез РНК и белков, необходимых для синтеза ДНК.

Период S – синтез ДНК, интенсивный синтез гистонов в цитоплазме и их миграция в ядро, синтез рРНК.

Период G₂ – формируются компоненты нитей веретена деления – белки тубулины.

Митоз складывается из деления ядра клетки – кариокинеза и деления цитоплазмы – цитокенеза. Выделяют четыре стадии: профазу, метафазу, анафазу и телофазу.

Профаза. Появление в ядрах нитчатых структур – митотических хромосом. Этому предшествует повышение активности фосфорилaz, модифицирующих гистонов, в первую очередь, гистон H1. В профазе сестринские хроматиды связаны друг с другом с помощью белков-когезинов, которые образуют эти связи еще в S-периоде, во время удвоения хромосом. К

поздней профазе связь между сестринскими хроматидами сохраняется только в зоне кинетохоров. В профазных хромосомах уже можно наблюдать зрелые кинетохоры, которые не имеют никаких связей с микротрубочками.

Конденсация хромосом в профазном ядре совпадает с резким уменьшением транскрипционной активности хроматина, которая полностью исчезает к середине профазы. В связи с падением синтеза РНК и конденсацией хроматина происходит инактивация ядрышковых генов. Отдельные фибриллярные центры сливаются и превращаются в ядрышкообразующие участки хромосом, в ядрышковые организаторы. Большая часть ядрышковых белков диссоциирует и в свободном виде встречается в цитоплазме клетки или связывается с поверхностью хромосом.

Одновременно с этим происходит фосфорилирование ряда белков (ламины) ядерной оболочки, которая распадается. При этом теряется связь ядерной оболочки с хромосомами. Затем ядерная оболочка фрагментируется на мелкие вакуоли, поровые комплексы исчезают.

Параллельно наблюдается активация клеточных центров – разбираются микротрубочки в цитоплазме и начинается бурный рост множества астральных микротрубочек вокруг каждой из удвоившихся диплосом.

Активированные centrosомы – будущие полюсы веретена деления – начинают расходиться друг от друга на некоторое расстояние. В профазе одновременно с разборкой цитоплазматических микротрубочек происходит дезорганизация эндоплазматического ретикулума (он распадается на мелкие вакуоли, лежащие по периферии клетки) и аппарата Гольджи, который теряет свою околядерную локализацию, разделяются на отдельные диктиосомы, беспорядочно разбросанные в цитоплазме.

Заканчивается профаза разрушением ядерной оболочки. После разрушения ядерной оболочки митотические хромосомы без особого порядка лежат в зоне бывшего ядра.

Метафаза. В метафазе продолжается постоянное обновление микротрубочек за счет сборки и разборки тубулинов. Во время метафазы

хромосомы располагаются центромерными участками к центру веретена, а плечами – к периферии. У растений часто в метафазе хромосомы лежат в экваториальной плоскости веретена без строгого порядка. К концу метафазы завершается процесс обособления друг от друга сестринских хроматид. Их плечи лежат параллельно друг другу, между ними хорошо видно разделение хромосомы. До конца метафазы хромосомы связаны в центромерных участках.

Анафаза начинается с деления каждой центромеры. Сестринские хроматиды каждой хромосомы расходятся к разным полюсам, каждая хроматида приобретает функции самостоятельной хромосомы. На каждом полюсе оказывается такое же число хромосом, какое было у исходной клетки до их удвоения.

Телофаза начинается с остановки хромосом и кончается началом реконструкции нового интерфазного ядра и разделением исходной клетки на две дочерние. В телофазе хромосомы начинают деконденсироваться и увеличиваться в объеме. Начинает строиться новая ядерная оболочка. После замыкания ядерной оболочки начинается формирование новых ядрышек. Начинается и заканчивается процесс разрушения митотического аппарата. Происходит цитокенез – деление клетки, образуется клеточная перегородка.

Мейоз

Мейоз – деление клеточного ядра, предшествующее образованию половых клеток и связанное с уменьшением числа хромосом, свойственного соматической клетке. В результате мейоза из одной диплоидной клетки образуются четыре гаплоидные. В результате сложных процессов, происходящих в мейозе, достигается редукция числа хромосом и рекомбинация генетического материала.

Мейоз протекает сходно почти у всех организмов. Он состоит из двух последовательных делений: первого (редукционное) и второго (эквационное),

репликация ДНК предшествует только первому делению. В мейоз, как и в митоз, вступают хромосомы, состоящие из двух сестринских хроматид.

Начало профазы мейоза (стадия лептотены) характеризуется появлением длинных и тонких хроматиновых нитей, имеющих небольшие вздутия – хромомеры. Многочисленные электронно-микроскопические исследования показали, что на стадии лептотены формируются осевые тяжи – будущие боковые элементы синаптонемных комплексов (белковый комплекс, формирующийся между гомологичными хромосомами).

В зиготене происходит попарное сближение и конъюгация гомологичных хромосом. Каждую пару конъюгирующих гомологичных хромосом называют бивалентом. На светомикроскопических препаратах стадию зиготены идентифицировать достаточно трудно.

На стадии пахитены гомологичные хромосомы выстраиваются параллельно и плотно примыкают друг к другу. Хромомерное строение хромосом проявляется особенно четко. На протяжении всей пахитены гомологичные хромосомы находятся в тесном контакте, объединенные синаптонемным комплексом. Именно для пахитены характерен репаративный синтез ДНК, т.е. процесс кроссинговера.

В диплотене происходит укорочение хромосом, что приводит к отталкиванию гомологов. Синаптонемный комплекс распадается. В некоторых участках по длине бивалента хромосомы продолжают оставаться соединенными. Эти участки представляют собой хиазмы. Если от зиготены до конца пахитены целостность бивалента обеспечивает синаптонемный комплекс, то от диплотены до метафазы I, бивалент сохраняется благодаря хиазмам.

В диакинезе – стадии, которая отличается от диплотены большей степенью укорочения хромосом, биваленты легко сосчитать. Хорошо выявляется морфология бивалентов, определяемая местом прошедшего кроссинговера, и локализацией хиазм. Отчетливо просматривается связь одного бивалента с ядрышком.

В метафазе I отсутствует ядерная оболочка, биваленты собраны в экваториальной зоне, утолщены, соединены с нитями веретена центромерными районами. Ядрышко и ядерная оболочка отсутствуют.

В анафазе I расхождение бивалентов сопровождается отталкиванием сестринских хроматид. Распределение гомологичных хромосом между полюсами абсолютно правильное.

В телофазе I хромосомы постепенно теряют свою форму и деспирализуются. Формируется два ядра. В конце фазы происходит цитокинез. Образуются две клетки.

После интеркинеза и короткой профазы, протекающей обычным образом, наступает метафаза II.

Метафаза II отличается от метафазы I тем, что одновременно в двух клетках видно по веретену. При втором делении центромеры ведут себя как двойные структуры. Они организуют нити веретена, направленные к обоим полюсам, и таким образом выстраиваются по экватору веретена.

В анафазе II происходит равномерное и одновременное расхождение хроматид к полюсам. После завершения расхождения, в двух клетках четко видно по два полюса

В телофазе II происходит деспирализация хромосом, образование сестринских ядер и заложение клеточной стенки. Этот процесс протекает синхронно в обеих клетках. Из каждой материнской клетки в результате двух делений мейоза образуется четыре гаплоидные клетки.

Задания к разделу.

Задание 1. Кратко описать процессы, происходящие в каждой фазе митоза.



Рисунок 3 – Интерфаза

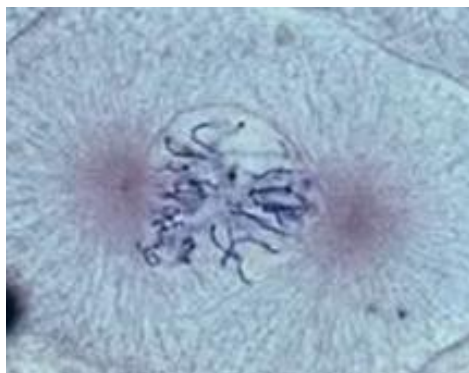


Рисунок 4 – Профаза

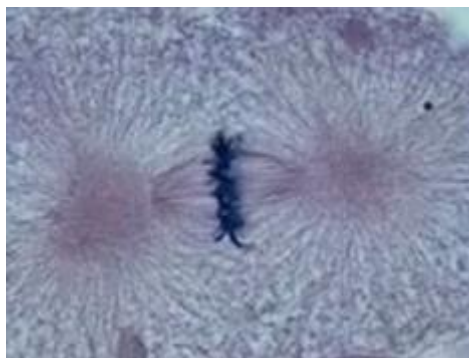


Рисунок 5 - Метафаза



Рисунок 6 – Анафаза

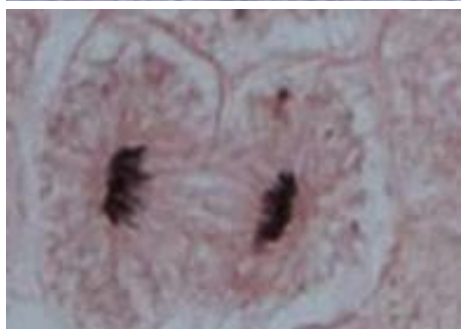


Рисунок 7 – Телофаза

Задание 2. Описать отличительные характеристики митоза и мейоза, заполнить таблицу 1.

Таблица 1 – Отличие митоза и мейоза

Митоз	Мейоз

Задание 3. Процесс митоза, митотический индекс.

Для изучения морфологии хромосом и процесса митоза используют постоянные или временные препараты. Вначале препарат рассматривают на малом увеличении, находят нужную стадию митоза, переводят на большое увеличение и рассматривают все стадии митоза.

Подсчитать количество клеток, находящихся на всех стадиях митоза и интерфазы. Подсчитать клетки в 5 полях зрения, подсчитать митотический индекс. Данные занести в таблицу 2.

Таблица 2 – Определение митотического индекса

№ поля	Количество клеток на стадии						Митотический индекс, %
	И	П	М	А	Т	Всего	
1							
...							
5							

Формула для подсчета митотического индекса (1):

$$\text{MitoticI} = \frac{\text{П} + \text{М} + \text{А} + \text{Т}}{\text{И} + \text{П} + \text{М} + \text{А} + \text{Т}} * 100\% \quad (1)$$

МЕТОДИКА ПРИГОТОВЛЕНИЯ ДАВЛЕННЫХ ПРЕПАРАТОВ КОРЕШКОВ РАСТЕНИЙ

1. Прорастить корешки до нужной длины;
2. Фиксировать уксуснокислым спиртом (1:3) 1-2 ч;
3. Промыть в 70%-м спирте 3 раза по 20 мин;
4. Красить в ацетокармине на кипящей водяной бане 15 мин;

5. Поместить корешок на предметное стекло, отделить конус нарастания, перенести в 45%-ю уксусную кислоту, раздавить.

Приготовление уксуснокислого спирта: 3 части 96% этилового спирта, 1 часть уксусной ледяной кислоты.

Приготовление ацетокармина: 1 г кармина растворяют в 45 мл ледяной уксусной кислоты и 55 мл дистиллированной воды на водяной бане с обратным холодильником в течение 1-2 ч. При отсутствии обратного холодильника в колбу вставляют воронку с влажной фильтровальной бумагой, кармин готовят несколько дней, раствор стараются не кипятить.

Задание 4. Семинар

1. Развитие положений современной генетики.
2. Становление лесной генетики в России и зарубежных странах.
3. Клетка – структурная единица организма. Клеточная теория.
4. Организация клеточных структур. Функции органелл.
5. Митоз, биологическое значение.
6. Мейоз, биологическое значение.
7. Ген – единица наследственности. Аллельные гены.
8. Генотип и фенотип.

2. Наследственность

В широком смысле наследственность – это свойство организма воспроизводить себе подобных. В более узком понимании наследственность – это свойство генов направлять по определенному типу построение специфической белковой молекулы, развитие признака и план строения организма.

Кроме наследственности в генетике различают также понятие наследования, под которым подразумевают наличие процесса передачи генетической информации от одного поколения к другому, и понятие наследуемости, т.е. генетической обусловленности изменчивости признака для группы организмов.

Материальной основой наследственности, связывающей поколения, являются хромосомы, содержащие элементарные частицы – гены, которые несут в себе не признаки и свойства будущих организмов, а лишь задатки, дающие возможность развития этих признаков и свойств. Одним из ученых, занимавшихся характером наследования признаков, отличающих родителей друг от друга, являлся Г. Мендель.

Менделизм как учение о дискретной наследственности основано на количественном анализе гибридного скрещивания, характеризует первый этап становления генетики. Проведенные исследования позволили выявить ряд закономерностей, имеющих значение для генетики:

1. Дискретное наследование.
2. Наследственные факторы парные.
3. Гены определяют относительное постоянство наследственной единицы – гипотеза «чистоты гамет».

Основные законы наследственности были открыты Г. Менделем в 1865 г. и опубликованы под названием «Опыты над растительными гибридами», в 1866 г. в трудах Общества естествоиспытателей, переоткрыты законы в 1900 г.

Первый закон Менделя – закон единообразия гибридов первого поколения (рисунок 8).

При скрещивании двух гомозиготных организмов (доминантного и рецессивного), анализируемых по одной паре альтернативных признаков, все потомство единообразно, то есть одинакова по фенотипу, так и по генотипу.

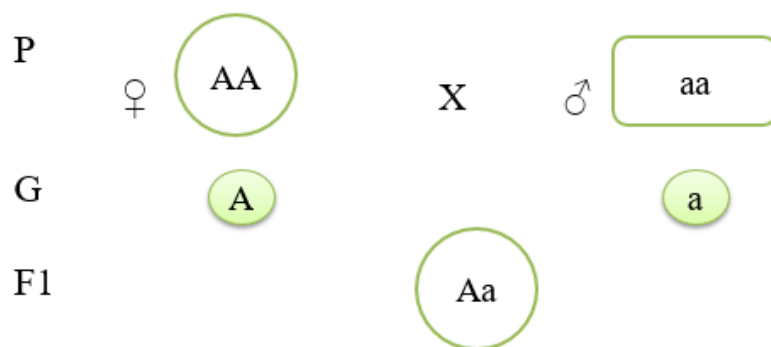


Рисунок 8 – Моногибридное скрещивание гомозиготных особей

В некоторых случаях встречается расхождение гетерозиготных особей по фенотипу с доминантной гомозиготной особью. Это явление получило название неполное доминирование (рисунок 9).

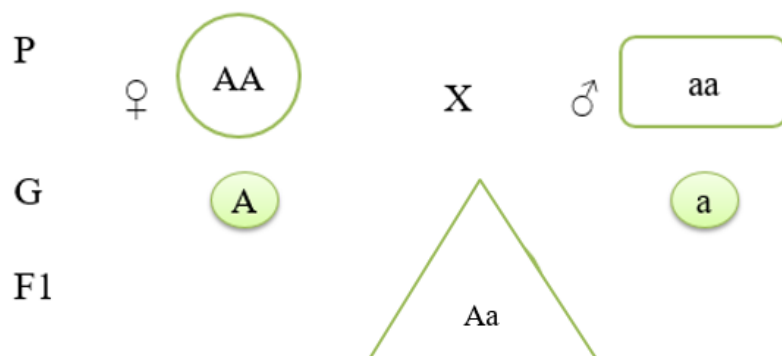


Рисунок 9 – Моногибридное скрещивание гомозиготных особей (неполное доминирование)

Второй закон Менделя – закон расщепления (рисунок 10).

При скрещивании двух гетерозиготных организмов, анализируемых по одной паре альтернативных признаков, в потомстве наблюдается расщепление: по генотипу – 1:2:1, по фенотипу – 3:1.

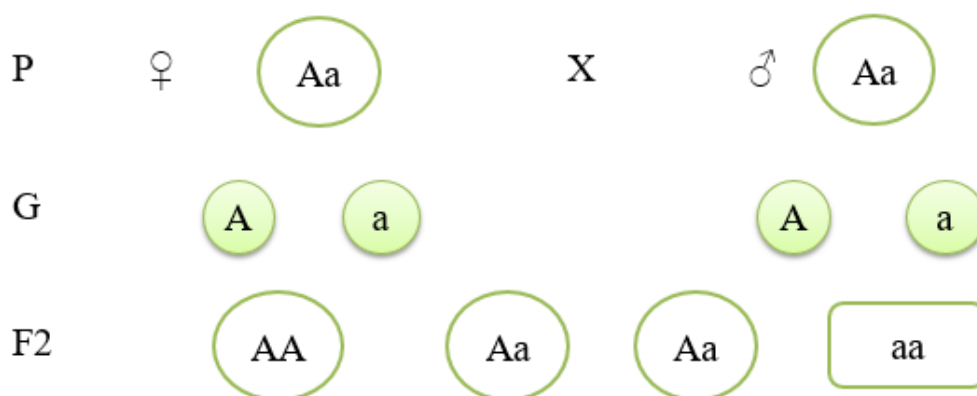


Рисунок 10 – Моногибридное скрещивание гетерозиготных особей

Третий закон Менделя – закон независимого наследования (рисунок 11).

При ди- или полигибридном скрещивании признаки, за развитие которых отвечают гены, находящиеся в разных парах гомологичных хромосом, наследуются независимо и комбинируются у потомства случайным образом. При скрещивании двух дигетерозигот AaBb в потомстве наблюдается расщепление по фенотипу 9:3:3:1.

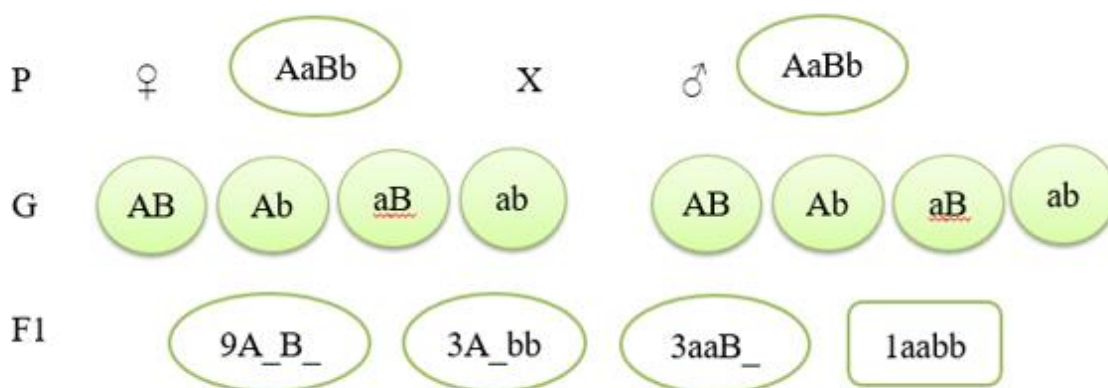


Рисунок 11 – Дигибридное скрещивание гетерозиготных особей

В 1906 г. В. Бэтсон и Р. Пеннет обнаружили, что многие признаки не дают независимого распределения в потомстве. Закон независимого распределения признаков (третий закон Менделя) нарушается. Изучением наследования таких признаков занимался американский генетик Т. Морган.

Т. Морган показал, что закон независимого наследования, сформулированный Г. Менделем, действителен только в тех случаях, когда гены, несущие независимые признаки, локализованы в разных

негомологичных хромосомах. Если же гены находятся в одной и той же хромосоме, то наследование признаков происходит совместно, т.е. сцепленно. Это явление стали называть сцепленным наследованием, а также законом сцепления или законом Моргана.

Т. Морган установил ряд общих генетических закономерностей:

- наследование признаков, сцепленных с полом, полностью соответствует распределению половых хромосом в мейозе и сочетанию их при оплодотворении. На основании этого можно сделать вывод, что гены, определяющие данные признаки, находятся в половой хромосоме;
- тип скрещивания, когда гены матери наследует сын, а гены отца дочь называется крисс-кросс.

Опыты Томаса Морган позволили сформировать основные положения хромосомной теории наследственности:

1. Главными клеточными структурами, ответственными за передачу наследственной информации, являются хромосомы, которые содержат элементарные носители генетической информации – гены.
2. В хромосомах гены расположены линейно. В пределах одной хромосомы гены образуют одну группу сцепления. Число групп сцепления равно гаплоидному числу хромосом.
3. В мейозе между гомологичными хромосомами может происходить кроссинговер, благодаря которому осуществляется рекомбинация генов, что является основой биологического разнообразия видов и базой для естественного отбора организмов.

Основываясь на положениях хромосомной теории наследственности открыты законы сцепления и линейного расположения генов.

Закон сцепления Т. Морган

Гены, находящиеся в одной хромосоме, образуют группу сцепления и наследуются вместе. Количество групп сцепления равно гаплоидному числу хромосом.

Закон линейного расположения генов (Т. Морган и А. Стёртевант)

Если известна частота перекреста между генами АВ и ВС, то частота перекреста между АС равна либо сумме, либо разности двух предыдущих величин (расстояние между генами в хромосоме пропорциональна % кроссинговера между ними).

Задание 5. Решить задачи

1. Красная окраска плодов рябины доминирует над желтой. Опишите полученный результат при скрещивании гомозиготных особей различающихся по окраске плодов. Какое соотношение генотипов и фенотипов будет наблюдается при скрещивании полученных гибридов между собой.

2. Устойчивость к раку у лиственницы доминирует над восприимчивостью. Какое потомство F₁ получится от скрещивания гомозиготных устойчивых особей с растениями, поражаемых болезнью? При скрещивании между собой полученных гибридов?

3. Ген раннего созревания сосны доминирует над поздним созреванием. Какими окажутся растения F₁, которые получились в результате опыления гомозиготного раннесозревающего растения пыльцой позднесозревающего? Соотношение генотипов и фенотипов в F₂? Какой будет результат скрещивания особи позднего созревания с гибридом F₁?

4. У лиственницы ген быстрого роста доминирует над геном медленного. Напишите генотипы исходных форм, если в потомстве отмечается расщепление по признаку 3:1? Какое заключение об исходных генотипах следовало бы сделать, получив расщепление 1:1? Напишите схему скрещивания.

5. Зеленый цвет проростков обусловлен доминантным признаком, а желтый рецессивным. Скрестили гомозиготные особи с отличающимися признаками. Определите процентное соотношение окраски проростков березы второго поколения.

6. Определите соотношение генотипов при скрещивании дигомозиготных особей березы по разным признакам. Если известно, что зеленый цвет проростков и матовые листья доминируют над желтой окраской проростков и глянцевыми листьями.

7. У ели колючие хвоинки и красные шишки – доминантные признаки, а мягкие хвоинки и фиолетовые шишки – рецессивные. В результате скрещивания гетерозиготных особей получено 100 потомков. Сколько из них будут иметь фиолетовые шишки и колючие хвоинки?

8. Ель сибирская имеет форму кроны: пирамидальную и яйцевидную, которые передают это свойство своему потомству. При селекционной инвентаризации на пробной площади из 975 деревьев: 733 – пирамидальная форма; 241 – яйцевидная форма. Напишите генотипы исходных родительских форм. Какому расщеплению соответствуют полученные результаты.

9. У древесных растений доминантный признак – устойчивость к болезням. Напишите соотношение генотипов в первом поколении при скрещивании гетерозиготной особи и рецессивной гомозиготой.

10. При скрещивании вяза с широкими листьями (доминантный признак) с вязом с узкими листьями (рецессивный признак) потомство имеет промежуточную форму листа. Каким будет потомство от скрещивания двух особей с листьями промежуточной ширины? Что получится, если скрестить узколиственное растение с растением, имеющим листья промежуточной ширины?

11. При селекционной инвентаризации осинников выделено три формы осины (*Populus tremula* L) по цвету коры: зеленые, светло-серые и темно-серые в соотношении 144 : 290 : 120. Напишите генотипы исходных родительских форм. Определите соотношение по фенотипу и генотипу.

12. Доминантный ген колючести облепихи находится в X-хромосоме. Каким будет потомство от скрещивания колючего мужского экземпляра с женским растением без колючек? Выращенное из полученных семян женское

растение было скрещено с мужским экземпляром без колючек. Какими будут мужские и женские экземпляры от этого скрещивания?

13. У сортов груши основная окраска плода красная, желтая и зеленая. Красная окраска обусловлена доминантной аллелью А, желтая – рецессивной аллелью а. Доминантная аллель В нейтральна, тогда как рецессивная аллель b эпистатична, определяя зеленую окраску. Определить соотношение гибридов в F1 и F2, если скрещиваются зеленоплодный сорт с генотипом AAbb и красноплодный дигетерозиготный AaBb.

Задание 6. Семинар

1. Наследственность и наследуемость.
2. Менделизм как учение о дискретной наследственности.
3. Цитологические основы ди- и полигибридного скрещивания.
4. Неполное доминирование, цитологические основы.
5. Неаллельное взаимодействие генов. Статистический характер расщепления.
6. Хромосома. Морфология, строение, функции. Кариотип.
7. Хромосомная теория Т. Моргана. Сцепленное наследование признаков.
8. Генетические карты.
9. Внеядерная наследственность.
10. Методы изучения цитоплазматического наследования.

3. Изменчивость

Изменчивость – способность организмов изменять свои признаки и свойства. Все лесные насаждения состоят из множества форм деревьев, различающихся своими морфологическими, экологическими, физиологическими, фенологическими и другими признаками.

Наряду с наследственностью и отбором изменчивость является основой эволюции. В зависимости от масштаба исследований выделяют несколько уровней изменчивости: межвидовая и внутривидовая.

Межвидовая изменчивость – изменчивость, представленная между особями разных видов. Проявляется на границе ареалов различных видов в зонах межвидовой гибридизации. При этом в популяции одного вида наблюдается значительная примесь признаков другого вида. Пример, ель финская (гибрид европейской и сибирской), лиственница Чекановского (естественный гибрид сибирской и даурской) и т.д.

Внутривидовая изменчивость – изменчивость, представленная между особями одного вида. Внутривидовая изменчивость обусловлена тремя главными причинами:

- различиями в условиях местообитания;
- генетическими различиями между особями;
- взаимодействиями между генотипами и условиями местопроизрастания.

В основе любых межгрупповых различий лежит индивидуальная изменчивость. Индивидуальная изменчивость – проявление генотипической дифференциации особей в пределах вида. Она обусловлена перекрестными скрещиваниями, мутациями, варьированием условий окружающей среды.

Различные представления категорий и форм изменчивости могут носить фенотипический и генотипический характер. Уровень фенотипической изменчивости определяется генотипическим разнообразием признаков в популяции (наследуемости) и влиянием факторов внешней среды. Факторы

внешней среды являются существенной причиной возникновения модификационной или ненаследственной изменчивости.

Для эволюционного процесса имеет значение только наследственная изменчивость, которая возникает у отдельной особи и передается по наследству. Установлены различные причины изменения и нарушения наследственной программы – перестройка ДНК и хромосом, что приводит к возникновению мутаций.

Наследственную изменчивость подразделяют на комбинативную и мутационную. Комбинативная изменчивость представляет собой результат рекомбинации генов и рекомбинации хромосом, несущих различные аллели, и выражается в разнообразии организмов – потомков, получивших новые комбинации дискретных единиц генетического материала, уже существовавших у родительских форм.

Существуют три основных источника комбинативной изменчивости:

1. Рекомбинация генов, основанная на явлении кроссинговера.
2. Независимое расхождение негомологичных хромосом в анафазу I мейоза и различные комбинации негомологичных хромосом в гаметах.
3. Случайная встреча гамет при оплодотворении.

Мутационная изменчивость – возникновение новых вариантов дискретных единиц генетического материала. Мутация (лат. *mutatio*) – устойчивое изменение в последовательности ДНК.

Мутационная теория (Г. де Фриз):

1. Мутации возникают внезапно, скачкообразно, без переходов.
2. Мутации наследственны, т.е. стойко передаются из поколения в поколение.
3. Мутации не образуют непрерывных рядов, не группируются вокруг среднего типа, они проявляются качественными изменениями.
4. Мутации не направлены – мутировать может любой локус, вызывая изменения как незначительных, так и жизненно важных признаков в любом направлении.
5. Одни и те же мутации могут возникать повторно.

6. Мутации индивидуальны, т.е. возникают у отдельных особей.

Классификация типов мутаций:

А. По проявлению в гетерозиготе

1. Доминантные мутации.
2. Рecessивные мутации.

Б. По отклонению от нормы

1. Прямые мутации – мутации, которые изменяют информацию, закодированную в ДНК, в результате чего изменение от организма дикого типа идет прямым образом к организму мутантного типа.

2. Реверсии – мутация, которая восстанавливает фенотип дикого типа в клетках.

В. В зависимости от причин, вызывающих мутации

1. Спонтанные, возникающие без видимой причины, т.е. без каких-либо индуцирующих воздействий со стороны экспериментатора.

2. Индуцированные мутации – изменчивость под влиянием внешних факторов.

Г. По локализации в клетке

1. Ядерные.
2. Цитоплазматические.

Д. По отношению к возможности наследования

1. Генеративные.
2. Соматические.

Е. По характеру изменения генома

1. Геномные мутации – изменение числа хромосом.
2. Хромосомные мутации, или хромосомные перестройки – изменение структуры хромосом.
3. Генные мутации – изменения генов.

Процесс возникновения мутаций называют мутагенез, организмы, у которых произошли мутации, – мутантами, а факторы среды, вызывающие появление мутаций, – мутагенами.

Центральная догма молекулярной биологии:

1. ДНК является генетическим материалом. Мутации наследуются.
2. Мутантная последовательность ДНК передается молекуле РНК.
3. Видоизменённая последовательность РНК может при трансляции дать изменённый белок.

Строение и функции нуклеиновых кислот

Материальным носителем наследственной информации являются молекулы нуклеиновых кислот (НК). Нуклеиновая кислота представляет собой макромолекулу, построенную из многих повторяющихся единиц – нуклеотидов. Нуклеотид состоит из азотистого основания, сахара, остатка фосфорной кислоты.

Азотистые основания в структуре нуклеотида представляют собой производные одного из двух классов соединений – пуринового или пиримидинового ряда. В нуклеиновых кислотах присутствуют два пуриновых производных – аденин (А) и гуанин (Г) и три пиримидиновых – цитозин (Ц), тимин (Т), урацил (У).

Сахар в составе нуклеотида содержит пять углеродных атомов, т.е. представляет собой пентозу. В зависимости от вида пентозы различают два типа нуклеиновых кислот – дезоксирибонуклеиновую кислоту (ДНК) и рибонуклеиновую кислоту (РНК).

Молекула ДНК представляет собой две параллельные неразветвленные полинуклеотидные цепи, закрученные вокруг общей оси в двойную спираль.

Пространственная структура ДНК удерживается множеством водородных связей, образуемых азотистыми основаниями, направленными внутрь спирали.

Функции ДНК:

- носитель генетической информации;
- воспроизводство и передача наследственной информации;
- реализация генетической информации.

Азотистые основания в молекуле ДНК могут образовывать пары: А-Т, Г-Ц. Водородные связи в молекуле ДНК образуются только между комплементарными основаниями: между аденином и тиминами образуется две, между гуанином и цитозином – три водородные связи. Эти пары называют уотсон-криковскими парами.

В зависимости от функций молекул РНК, все РНК могут быть разделены на несколько классов:

- Информационная РНК (иРНК). Функция: переносят информацию о структуре белка от ДНК к рибосомам, является транскриптом (копией) смысловой ДНК, матрица для синтеза белка.

- Транспортная РНК (тРНК). Функция: перенос аминокислоты в рибосомы.

- Рибосомальная РНК (рРНК). Функция: в комплексе с белками образуют рибосому, в которой происходит синтез белка.

Репликация

Репликация – процесс, осуществляемый комплексом ферментов и белков, выполняющих топологическую функцию.

Принципы репликации:

1. Комплементарность,

Каждая дочерняя нить образуется по матрице материнской нити, комплементарно – А-Т, Г-Ц.

2. Антипараллельность

Две комплементарные нити антипараллельны, т.е. 3' – концу соответствует 5' – конец.

3. Униполярность (направленность)

Синтез двух новых цепей идет в противоположных направлениях. Новая нить наращивается всегда от 5' – к 3' – концу.

4. Полуконсервативность

Две цепи исходной молекулы ДНК расходятся вследствие разрыва слабых водородных связей между азотистыми основаниями. Каждая из них

служит матрицей для образования новой цепи ДНК, а возникающие между азотистыми основаниями водородные связи соединяют старую и новую цепи, восстанавливая целостность молекулы. В результате каждая новая клетка получает гибридную молекулу ДНК, состоящую из одной материнской и одной дочерней цепи.

5. Потребность в затравке

Для начала синтеза дочерней молекулы ДНК по матричной молекуле ДНК необходима затравка (РНК-pol), для того чтобы ферменту ДНК-pol I начать процесс репликации. РНК-pol синтезируются параллельно дезоксирибонуклеиновым нитям по комплементарному принципу. Затравка – 3'– гидроксильный конец двуцепочечной ДНК, который должен быть спарен с матрицей.

6. Прерывистость

Ведущая цепь ДНК синтезируется непрерывной, в то время как отстающая цепь синтезируется в виде фрагментов. Синтез по обратной цепи ДНК идет короткими фрагментами и должны сшиваться при помощи лигазы. Одна цепь – непрерывная (лидирующая), а вторая образуется прерывисто (отстающая или запаздывающая)

Этапы репликации:

- Инициация. Инициация начинается с образованием свободного 3' конца гидроксильной группы и присоединения праймера в виде рибонуклеопротеида. Формируется комплекс ферментов, осуществляющих синтез дочерней ДНК и наступает элонгация.
- Элонгация. Осуществляется подстановка нуклеотидов в соответствии с принципом комплементарности при участии фермента DNA-pol I. После окончания синтеза дочерней цепи ДНК в репликационной вилке (рисунок 12) синтез завершается и наступает терминация.

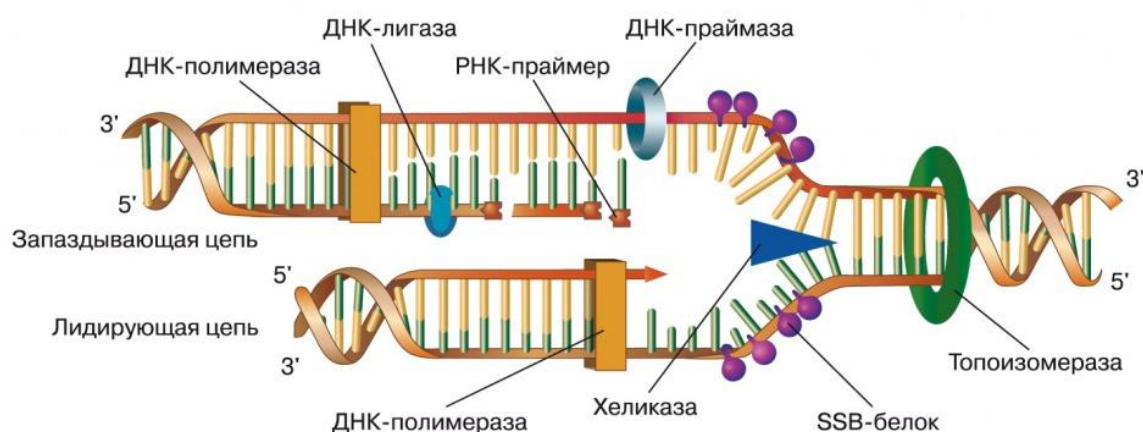


Рисунок 12 – Репликационная вилка

- Терминация. Отсоединение полисомы и высвобождение ферментов.

Точность репликации очень высокая, ошибка может возникнуть в результате нарушения деятельности DNA-pol I. Такие нарушения должны опознаваться и устраняться в процессе репарации при помощи ферментов DNA-pol II, DNA-pol III.

Генетический код

Генетический код – система записей информации, о последовательности расположения аминокислот в белках с помощью последовательности расположения нуклеотидов ДНК. Записывается на языке РНК.

Свойства генетического кода:

1. Код триплетен. Каждая аминокислота из 20 зашифрована последовательностью из трёх нуклеотидов – триплет (кодон).
2. Код вырожден (избыточен). Каждая аминокислота шифруется более чем одним кодоном (от двух до шести). Исключение составляют 2 аминокислоты: метионин (АУГ) и триптофан (УГГ), каждая из них кодируется только одним триплетом.
3. Код однозначен. Каждый кодон шифрует только определенную аминокислоту.

4. Наличие межгенных знаков препинания или непрерывность: считывание происходит непрерывно, триплет за триплетом, без пропусков. Имеются особые сигналы окончания трансляции: стоп – кодоны (УАА, УАГ, УГА).

5. Компактность или отсутствие внутригенных знаков препинания. Внутри гена каждый нуклеотид входит в состав значащего кодона.

7. Неперекрываемость – соседние триплеты не перекрываются; каждый нуклеотид входит в состав только одного триплета.

6. Код универсален.

Транскрипция

Процесс переписывания генетической информации с ДНК на иРНК называется транскрипцией (от лат. *transcriptio* – переписывание).

Принципы транскрипции:

- Комплементарность

РНК-полимераза синтезирует комплементарную реплику с транскрибируемого участка ДНК (А -У, Г-Ц, Т-А).

- Антипараллельность

Синтезируемая цепь РНК направлена антипараллельно транскрибируемому участку.

- Униполярность

Синтез нуклеотидной цепи всегда направлен 5' → 3'.

- Беззатравочность

Транскрипция начинается с нуклеотидтрифосфата и не требует затравочных олигонуклеотидов.

- Ассиметричность

Транскрибируется лишь одна из цепей ДНК - матричная цепь.

Транскрипция состоит из стадий:

1. Инициация (начало синтеза) – РНК-полимераза узнает промотор (участок ДНК, имеющий сродство к данному ферменту). Матрицей для

синтеза иРНК может служить одна из цепей ДНК, которая называется матричной. РНК – полимеразы на матричной цепи раскручивает ближайший виток спирали ДНК и двигается по ней в направлении от 3' – к 5' – концу. Образующаяся цепь РНК наращивается от 5' к 3' – концу. Первым нуклеотидом в иРНК всегда является пуриновый: аденин или гуанин, т.к. стартовыми кодонами служат АУГ или ГУГ.

2. Элонгация (удлинение цепи). Нарастание иРНК по принципу комплементарности.

3. Терминация – Окончание транскрипции. Специфическая терминация бывает ρ - независимой и ρ - зависимой.

- ✓ ρ - независимая. В синтезируемой РНК формируется шпилька. Шпилька меняет конформацию РНК-полимеразы и фермент теряет сродство к ДНК.
- ✓ ρ - зависимая. ρ - фактор – белок четвертичной структуры, обладающий АТФ-азной активностью – узнает 5'-конец синтезируемой РНК (длина приблизительно 50 нуклеотидов), садится на него и двигается по РНК с такой же скоростью, с которой РНК-полимераза движется по ДНК. В терминаторе много Г-Ц пар, РНК-полимераза замедляет ход, ρ -фактор изменяет конформацию фермента и синтез РНК прекращается.

Трансляция

Трансляция – процесс синтеза белка из аминокислот на матрице РНК, осуществляемый рибосомой.

Этапы:

1. Рекогниция – подготовительный этап трансляции, образуются ковалентные связи между тРНК и соответствующей аминокислотой (АК):

1 стадия – активирование АК

2 стадия – присоединение АК к тРНК (аминоацелирование – осуществляется ферментами аминоацил-тРНК-синтетазой (кодаза, АРСаза). Аминоацил-тРНК-синтетаза – фермент синтетаза, катализирующий образование аминоацил-тРНК в реакции этерификации определенной

аминокислоты с соответствующей ей молекулой тРНК. Для каждой аминокислоты существует своя аминоацил-тРНК-синтетаза. АРСазы обеспечивают соответствие нуклеотидным триплетам генетического кода (антикодону тРНК) встраиваемых в белок аминокислот, и, таким образом, обеспечивают правильность происходящего в дальнейшем считывания генетической информации с иРНК при синтезе белков на рибосомах).

2. Инициация – узнавание рибосомой стартового кодона и начало синтеза. Сначала иРНК «узнает» малую субъединицу рибосомы (в ее лидерной последовательности у 5' – конца есть сайт связывания с рибосомой). Происходит их связывание в специфичном участке рРНК. Далее – доставка первой аминокислоты (формилметионина) в пептидильный участок малой субъединицы рибосомы. Происходит объединение большой и малой субъединиц.

3. Элонгация – синтез белка. вход в аминоацильный участок следующей аминоацил – тРНК, образование пептидной связи, выход в цитоплазму свободной тРНК, перемещение рибосомы по иРНК на один кодон.

4. Терминация – узнавание стоп-кодона и отделение продукта. (обрыв цепи), когда в рибосому поступают терминирующие кодоны: УАА, УАГ, УГА. Вместо тРНК в аминоацильный участок рибосомы должен войти белок – фактор освобождения. Происходит распад рибосомы.

Для увеличения «производительности» синтеза белка по одной молекуле иРНК могут работать сразу несколько рибосом, такая структура называется полисомой. Многие белки рибосомы играют не только структурную роль, но и каталитическую: в первой стадии участвуют иницирующие белки, в последней – рилизинг – фактор; имеются белки, катализирующие образование пептидной связи.

Организация центров в рибосоме

Пептидилтрансфераза отрывает формилметионин в Р-центре и переносит его в А-центр. Образуется пептидная связь между

формилметионином и аминоацил-тРНК. Рибосома претерпевает конформационные изменения и сдвигается на один кодон. Формилметиониновая тРНК покидает рибосому. Второй кодон оказывается напротив Р-центра. Сюда же переходит тРНК, несущая на хвосте дипептид. В Асп-центр попадает третий кодон, а в А-центр очередная аминоацил-тРНК. Теперь в Р-центре отрывается дипептид, переносится в А-центр и соединяется с третьей аминоацил-тРНК. Так продолжается до тех пор, пока в Асп-центр не приходит терминирующий кодон. Полипептид отрывается в Р-центре, переносится в А-центр и, т.к. присоединиться ему не к чему, он отваливается от рибосомы. Рибосома диссоциирует и малая субъединица сканирует иРНК.

Задание 7. Индивидуальная изменчивость клена остролистного по размерам листьев.

Работу проводят с целью установления различий размера листьев клена остролистного в зависимости от стороны света. Изучают степень варьирования длины и ширины листьев. Измерение длины и ширины листьев проводят с точностью до 0,1 см. Результаты измерений заносят в таблицу 4.

Таблица 4 – Первичные данные измерений

№ п/п	Длина листа (l), см	Ширина листа (d), см
Север		
Запад		
Юг		
Восток		
Σ		
\bar{X}		

Для проверки достоверности полученных результатов и установления различий между размерами листьев клена остролистного в зависимости от сбора с каждой стороны света проводят статистическую обработку

определяют статистические показатели: σ (среднеквадратическое отклонение); m (ошибка средней арифметической величины); C_v (коэффициент вариации); p (показатель точности опыта).

По методу Ермолаева среднеквадратическое отклонение вычисляют по формуле:

$$\sigma = \frac{\max - \min}{k},$$

где \max , \min - максимальное и минимальное значения измеряемого показателя;

k - коэффициент Ермолаева (таблица 5).

Таблица 6 – Значение коэффициентов Ермолаева (k)

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0		1,0	1,13	1,69	2,06	2,33	2,53	2,70	2,85	2,97
10	3,08	3,17	3,26	3,34	3,41	3,47	3,53	3,59	3,64	3,69
20	3,73	3,78	3,82	3,86	3,90	3,93	3,96	4,00	4,03	4,06
30	4,09	4,11	4,14	4,16	4,19	4,21	4,24	4,26	4,28	4,30
40	4,32	4,34	4,36	4,38	4,40	4,42	4,43	4,45	4,47	4,48
50	4,50	4,51	4,53	4,54	4,56	4,57	4,59	4,60	4,61	4,63

Остальные статистические показатели ошибку (m), коэффициент вариации (C_v), точность (p) определяют по формулам:

$$m = \pm \frac{\sigma}{\sqrt{n}},$$

где n - число наблюдений.

$$C_v = \frac{\sigma}{x} * 100,$$

где x - среднее арифметическое значение изучаемого показателя.

$$p = \frac{m * 100}{x}.$$

Результаты вычислений сводят в таблицу 7, отдельно по длине и ширине листьев всех сторон света. Анализ таблиц позволяет сравнить полученные данные (по длине и ширине листьев), выделить сторону света с крупными или мелкими листьями, оценить уровень изменчивости изучаемых признаков (по C_v), степень достоверности полученных результатов (p , \bar{x}/m).

Таблица 7 - Результаты статистической обработки данных по длине / ширине листьев

Сторона света	\bar{x} , см	$\pm \sigma$, см	$\pm m$, см	C_v , %	P , %
Север					
Юг					
Запад					
Восток					

Уровень изменчивости (по Мамаеву) считается низким при $C_v < 12\%$, средним при $C_v = 13-20\%$, высоким при $C_v = 21-40\%$ и очень высоким при $C_v > 40\%$. Точность опыта считается достаточной при $p < 5\%$.

Достоверность результатов исследования оценивается отношением x/m : результаты достоверны при $\bar{x}/m > 3$.

По окончании работы сделать вывод об изменчивости изучаемых признаков.

Задание 8. Изменчивость семян сосны обыкновенной

С.А. Мамаев (1983) указывает на существование форм сосны обыкновенной по изменчивости окраски семян:

- а) черносеменная (черные, темно-серые);
- б) коричневосеменная (свето-коричневые, палевые, темно-коричневые);
- в) светлосеменная (белые, светло-желтые, светло-серые, серые);
- г) пестросеменная (серые с пятнами, коричневые с пятнами).

Разобрать семена сосны обыкновенной по окраске, записать номер образца и происхождение семян. Определить количество семян каждой фракции в процентном отношении и установить условия произрастания насаждений, в которых были собраны семена (сухие или влажные). Заполнить таблицу 8.

Таблица 8 – Изменчивость семян сосны обыкновенной

№ п/п	Место происхождения	Окраска семян			
		черная	коричневая	пестрая	светлая
1					
...					

Задание 9. Решить задачи

1. Одна из цепочек молекулы ДНК имеет следующую последовательность нуклеотидов: АГТ АЦЦ ГАТ АЦТ ЦГА ТТТ АЦГ ... Какую последовательность нуклеотидов имеет вторая цепочка этой же молекулы?

2. Участок гена имеет следующее строение: ЦГГ ЦГЦ ТЦА ААА ТЦГ. Укажите строение соответствующего участка белка, информация о котором содержится в данном гене.

3. Полипептид состоит из следующих аминокислот: валин–аланин–глицин–лизин–триптофан–валин–серин–глутаминовая кислота. Определите структуру участка ДНК, кодирующего данный белок.

4. Полипептид состоит из следующих аминокислот: аланин–цистеин–гистидин–лейцин–метионин–тирозин. Определите структуру участка ДНК, кодирующего белок и коэффициент специфичности ДНК.

5. Определите продукты транскрипции и трансляции участка молекулы одной цепи ДНК следующего нуклеотидного состава:

...А А Т Т Т Ц А Г Т А Т Г Г Ц Г А Ц Г.

6. В аминокатионном участке рибосомы с кодонами и-РНК последовательно связывались т-РНК, имеющие следующие антикодоны: ААУ, АУА, ГУА, ЦЦУ. Из каких аминокислот был синтезирован пептид?

7. Как изменится структура белка, если из кодирующего его участка ДНК: ААТ АЦА ТТТ ААА ГТЦ удалить пятый и десятый слева нуклеотиды?

8. Участок молекулы ДНК, кодирующий полипептид, имеет в норме следующий порядок азотистых оснований: ААА АЦЦ ААА АТА ЦТГ АТА ЦАА. Во время репликации изменилась рамка считывания в результате удвоения третьего слева нуклеотида. Как отразится данная мутация на строении белка?

9. В одной молекуле ДНК нуклеотиды с гуанином (Г) составляют 13 % от общего числа нуклеотидов. Определите количество (в процентах) нуклеотидов с цитозином (Ц), аденином (А), тиминем (Т) в отдельности в молекуле ДНК и объясните полученные результаты.

10. Химическое исследование показало, что 30 % общего числа нуклеотидов в молекуле и-РНК приходится на урацил, 26 % – на цитозин и 24 % – на аденин. Что можно сказать о нуклеотидном составе соответствующего участка двухцепочечной ДНК, «слепок» с которого является исследованная РНК?

11. Белок рибонуклеазы имеет следующее начало аминокислот: лизин–глутамин–треонин–аланин–аланин–аланин–лизин. Определите количественные соотношения АТГЦ⁺⁺ в соответствующей цепи ДНК.

12. Имеется двуспиральная молекула ДНК, представляющая собой участок гена:

5'-ЦАЦТЦТГЦТТГЦГТТГГАЦГЦАТТААЦ-3'

3'-ГТГ АТАЦГ ААЦГЦАЦТГЦГТААТТГ-5'.

Пусть транскрипция начинается с нуклеотида А в мРНК, происходит слева направо и продолжается до конца.

Ответьте на следующие вопросы:

Какова будет последовательность синтезируемой мРНК?

Какова будет последовательность аминокислот в полипептиде после трансляции этой мРНК?

13. Участок одной из цепей ДНК имеет следующую последовательность нуклеотидов: ГААГЦАТАЦ... Определите последовательность нуклеотидов во второй цепи.

14. Фрагмент одной цепи ДНК имеет следующий состав: – А–А–А–Т–Т–Ц–Ц–Г–Г–Г– . Достройте вторую цепь.

15. Одна из цепочек молекулы ДНК имеет такую последовательность нуклеотидов: ТЦГАТТТАЦГ... Какую последовательность нуклеотидов имеет вторая цепочка той же молекулы?

16. Укажите порядок нуклеотидов в цепочке ДНК, образующейся путем самокопирования цепочки: ААТЦГЦТГАТ...

17. Напишите последовательность нуклеотидов ДНК, дополнительно к следующей: ТАГГЦТААТАГЦ.

18. Участок цепи молекулы ДНК имеет такую последовательность нуклеотидов: АТЦАТАГЦЦГ. Какое строение будет иметь двухцепочечный участок молекулы ДНК?

19. Одна из цепей ДНК с последовательностью нуклеотидов АТТГЦТЦАА используется в качестве матрицы для синтеза и-РНК. Какую последовательность нуклеотидов будет иметь и-РНК?

20. Выпишите последовательность оснований в и-РНК, образованной на цепи ДНК с такой последовательностью: ТТЦГАГТАЦЦАТ.

21. Определите последовательность нуклеотидов участка молекулы и-РНК, которая образовалась на участке гена с последовательностью нуклеотидов: ЦАЦГАТЦЦТТЦТ.

22. Фрагмент одной из цепей ДНК имеет следующую последовательность нуклеотидов АААГАТЦАЦТАТТЦТГТТАЦТА. Напишите строение молекулы и-РНК, образующейся в процессе транскрипции на этом участке молекулы ДНК.

23.Образовавшийся участок молекулы и-РНК имеет следующий состав кодонов: ГЦГ-АЦА-УУУ-УЦГ-ЦГУ-АГУ-АГА-АУУ. Определите, какие коды ДНК будут кодировать эту и-РНК и в какой последовательности они будут располагаться.

24. Определите аминокислотный состав полипептида, который кодируется и-РНК следующего состава: ЦЦУ – ЦЦЦ – ЦЦА – ЦЦГ.

25. Участок молекулы и-РНК имеет следующее строение: АГУАГАУУЦУУУ. В каком порядке расположатся аминокислоты в соответствующем участке белка, синтезируемого на этой РНК как на матрице?

26. Участок гена, кодирующего белок, состоит из последовательно расположенных нуклеотидов: ААЦГАЦТАТЦАЦТАТАЦЦААЦГАА. Определите состав и последовательность аминокислот в полипептидной цепи, закодированной в этом участке гена.

27. Участок гена, кодирующего одну из полипептидных цепей гемоглобина состоит из кодов следующего состава: АЦЦАТТГАЦЦАТГАА. Определите состав и последовательность аминокислот в полипептидной цепи.

28. В систему для искусственного синтеза белка ввели т-РНК, имеющие антикодоны: ЦГА, УУА, АЦА, ЦЦА. Определите, какие аминокислоты смогут участвовать в биосинтезе белка.

29. Часть молекулы белка имеет такую последовательность аминокислот: – лизин – треонин – глицин – валин – аргинин –. Какие т- РНК (с какими антикодонами) участвуют в синтезе этого белка?

30. Участок гена имеет следующее строение: ЦГЦТЦААААТЦГ... Укажите строение соответствующего участка того белка, информация о котором содержится в данном гене. Как отразится на строении белка удаление из гена первого нуклеотида?

31. Определите порядок следования друг за другом аминокислот в участке молекулы белка, если известно, что он кодируется такой последовательностью нуклеотидов ДНК: ТГЦГТТТАТГЦГ...

Задание 10. Семинар «Изменчивость»

1. Биологическая изменчивость, методы ее изучения.
2. Изменчивость. Виды изменчивости.
3. Фенотипическая (модификационная) ненаследственная изменчивость.
4. Наследственная изменчивость.
5. Мутагенез. Классификация мутаций.
6. Значение наследственной изменчивости в эволюции древесных видов.

Хромосомные aberrации.

Геномные мутации.

Методы исследования генома.

10. Секвенирование генома.

Генные мутации.

Задание 11. Семинар «Молекулярные основы изменчивости»

1. Труды ученых в области молекулярной биологии.
2. Структура и функции нуклеиновых кислот.
3. Уровни компактизации ДНК.
4. Молекулярные механизмы мутаций.
5. Репликация. Репликационная вилка.
6. Репарация ДНК.
7. Транскрипция. Принципы и этапы.
8. Трансляция. Рибосома.
9. Белок, его структура и функции.
10. Метод гель-электрофореза.
11. ПЦР-анализ.

4. Контрольная работа

4.1. Общие методические рекомендации

Для обеспечения качественного изучения современных методов и направлений деятельности в качестве самостоятельной работы предусмотрено написание контрольной работы.

Цель контрольной работы – выявить степень усвоения теоретического материала и умение применять полученные знания в решении практических задач.

При выполнении самостоятельной работы студенты должны использовать учебно-методические материалы по дисциплине, специальную литературу, периодические издания: Лесоведение и лесоводство, Лесная таксация и лесоустройство, Лесохозяйственная информация, Лесной журнал, Леса России и хозяйство в них, Лесной вестник. Forest Bulletin, Лесотехнический журнал, Лесоведение, Леспроминформ, Сибирский лесной журнал, Forest Ecology and Management, Forest Policy and Economics и др., а также предметный каталог научной библиотеки университета.

4.2. Требования к оформлению

Ответы на вопросы должны быть краткими и конкретными, отражать главное, существенное. Недопустимо механическое копирование текста учебных и методических пособий.

Текст печатается согласно соответствующим требованиям: формат страницы А4, соблюдая следующие размеры полей: левое – 30 мм, правое – 15 мм, верхнее и нижнее – 20 мм. Абзацный отступ должен быть одинаковым по всему тексту 1,25 см. Шрифт – ХО Thames, кегль 14, межстрочный интервал – полуторный.

Страницы следует нумеровать арабскими цифрами, соблюдая сквозную нумерацию по всему тексту, включая приложения. Номер страницы проставляется в центре нижней части страницы без точки. Приложения, которые приведены и имеющие собственную нумерацию, допускается не

перенумеровать. Титульный лист включают в общую нумерацию страниц. Номер страницы на титульном листе не проставляют.

Разделы должны иметь порядковые номера в пределах всей работы, обозначенные арабскими цифрами и расположенные без абзацного отступа. Подразделы должны иметь нумерацию в пределах каждого раздела. Номер подраздела состоит из номеров раздела и подраздела, разделенных точкой. Ниже через строчку после заголовка печатается основной текст.

Цифровой материал должен оформляться в виде таблиц. Таблицы применяют для наглядности и удобства сравнения показателей. Таблицу следует располагать непосредственно после текста, в котором она упоминается впервые, или на следующей странице. На все таблицы должны быть ссылки. При ссылке следует печатать слово «таблица» с указанием ее номера. Наименование таблицы, при ее наличии, должно отражать ее содержание, быть точным, кратким. Наименование следует помещать над таблицей слева, без абзацного отступа в следующем формате: Таблица Номер таблицы – Наименование таблицы. Наименование таблицы приводят с прописной буквы без точки в конце. Если наименование таблицы занимает две строки и более, то его следует записывать через один межстрочный интервал. Таблицу с большим количеством строк допускается переносить на другую страницу. При переносе части таблицы на другую страницу слово «Таблица», ее номер и наименование указывают один раз слева над первой частью таблицы, а над другими частями также слева пишут слова «Продолжение таблицы» и указывают номер таблицы. При делении таблицы на части допускается ее головку или боковик заменять соответственно номерами граф и строк. При этом нумеруют арабскими цифрами графы и (или) строки первой части таблицы.

Иллюстрации (чертежи, графики, схемы, компьютерные распечатки, диаграммы, фотоснимки) следует располагать в работе непосредственно после текста, где они упоминаются впервые, или на следующей странице (по возможности ближе к соответствующим частям текста). На все иллюстрации

в работе должны быть даны ссылки. При ссылке необходимо писать слово «рисунок» и его номер, например, «в соответствии с рисунком 2» и т. д.

Иллюстрации при необходимости могут иметь наименование и пояснительные данные (подрисуночный текст). Слово «Рисунок», его номер и через тире наименование помещают после пояснительных данных и располагают в центре под рисунком без точки в конце.

Уравнения и формулы следует выделять из текста в отдельную строку. Выше и ниже каждой формулы или уравнения должно быть оставлено не менее одной свободной строки. Если уравнение не уместится в одну строку, оно должно быть перенесено после знака равенства (=) или после знаков плюс (+), минус (–), умножения (x), деления (:) или других математических знаков. На новой строке знак повторяется. При переносе формулы на знаке, символизирующем операцию умножения, применяют знак «X». Ссылки в отчете на порядковые номера формул приводятся в скобках: в формуле (1).

Выравнивание текста – по ширине. Работа скрепляется по левому краю. Ссылки на литературные источники в квадратных скобках – цифрами: [1]. Недопустимо механическое копирование текста. На титульном листе (приложение 1) и в конце работы ставится подпись студента.

Объем контрольной работы не менее 15-20 страниц печатного текста, включая титульный лист, содержание, введение, основную часть, заключение и библиографический список (список литературных источников). Ссылки на библиографические источники обязательны в тексте в соответствии с ГОСТ Р 7.0.100-2018.

Вне зависимости от способа выполнения работы качество напечатанного текста и оформления иллюстраций, таблиц должно удовлетворять требованию их четкого воспроизведения.

Вопросы для контрольной работы студенты выбирают по варианту (приложение 2).

4.3. Вопросы контрольной работы

1. История развития лесной генетики в России и зарубежных странах.
2. Структура клетки и ее органеллы. Функции органелл.
3. Учение о наследственности и изменчивости.
4. Наследственность. Типы наследственности. Ядерное и цитоплазматическое наследование признаков.
5. Изменчивость. Виды изменчивости.
6. Митоз. Биологическое значение.
7. Мейоз. Биологическое значение.
8. Законы Г. Менделя. Значение в лесной генетике.
9. Моногибридное, ди- и полигибридное скрещивание. Характер наследования признака.
10. Аллельное взаимодействие генов.
11. Неаллельное взаимодействие генов. Гены – супрессоры, гены – модификаторы.
12. Законы Т. Моргана. Сцепленное наследование признаков.
13. Хромосомы, их морфология и структура. Кариотип.
14. Молекулярная основа наследственности.
15. Структура ДНК: компоненты, принципы строения, функции. Репликация.
16. Уровни компактизации ДНК. Генетический код, свойства.
17. Структура РНК: компоненты, функции. Транскрипция.
18. Трансляция. Синтез полипептидов.
19. Методы определения генетического состава популяций.
20. Закон Харди – Вайнберга. Дрейф генов.
21. Методы сохранения генофонда лесных популяций.
22. Методы биотехнологии при создании лесных форм.
23. Изменчивость генетического материала. Генные мутации.
24. Геномные мутации: полиплоидия, анеуплоидия.
25. Хромосомные aberrации. Внутри и межхромосомные перестройки.

26. Генетика сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*).
27. Генетика березы повислой (*Betula pendula*).
28. Генетика пихты сибирской (*Abies sibirica*).
29. Генетика лиственницы сибирской (*Larix sibirica*).
30. Генетика дуба черешчатого (*Quercus robur*).
31. Генетика сосны кедровой сибирской (*Pinus sibirica*).
32. Генетика ели обыкновенной (*Picea abies*) и ели сибирской (*Picea obovata*).
33. Полиплоидные формы дуба черешчатого (*Quercus robur*).
34. Полиплоидные формы рода *Populus*.
35. Секвенирование генома. Геномные исследования основных лесообразующих видов.
36. ДНК-маркеры для генетической паспортизации клонов лесных древесных видов.
37. Создание ДНК-коллекций древесных видов как метод сохранения генетического разнообразия.
38. Структурно-функциональная организация геномов лесных древесных видов.
39. Получение селекционного материала древесных видов на основе технологии CRISPR-Cas.
40. Разнообразие форм ели сибирской (*Picea obovata*).
41. Генная инженерия. Перспективы применения геномного редактирования в лесном хозяйстве.
42. Лесные генетические резерваты. Сохранение лесных генетических ресурсов.
43. Генетическая изменчивость популяций лесных древесных видов.
44. Внутривидовая и межвидовая изменчивость рода *Pinus*.
45. Внутривидовая и межвидовая изменчивость рода *Abies*.
46. Внутривидовая и межвидовая изменчивость рода *Picea*.
47. Внутривидовая и межвидовая изменчивость рода *Larix*.

48. Внутривидовая и межвидовая изменчивость рода *Quercus*.

49. Внутривидовая и межвидовая изменчивость рода *Populus*.

50. Внутривидовая и межвидовая изменчивость рода *Betula*.

51. Доминантный ген опушения побегов дуба находится в X-хромосоме. Каким будет потомство от скрещивания опушенной мужской формы с женским без опушения? Выращенные из полученных семян женское растение было скрещено с мужским экземпляром без опушения. Какими получатся мужские и женские особи от этого скрещивания?

52. У березы с широкими листьями при скрещивании между собой образуется потомство с широкими листьями, а у березы с узкими листьями - только потомство с узкими. В результате скрещивания широколистной особи с узколистной возникает растение с листьями промежуточной ширины. Каким будет потомство от скрещивания двух особей с листьями промежуточной ширины? Что получится, если скрестить узколистное растение с растением, имеющим листья промежуточной ширины?

53. Зеленый цвет проростков обусловлен доминантным признаком, а желтый рецессивным. Определите процентное соотношение окраски проростков березы второго поколения, при скрещивании гомозиготных по разным признакам особей.

54. У боярышника ген, обуславливающий красную окраску плодов, доминирует над геном желтой окраски. Какие по окраске плоды окажутся у растений, полученных от скрещивания гомозиготных красноплодных растений с желтоплодными? Какие плоды будут в F₂?

55. У черешни признаки черных плодов определяются геном *bl* и блестящих листьев *br*, наследуются сцеплено и являются рецессивными по отношению к признакам красных плодов и матовых листьев. Скрестили гомозиготное растение черешни, имеющее черные плоды и блестящие листья с растением с красными плодами и матовыми листьями, полученное потомство скрестили между собой. Определите генотипы родителей, генотипы и фенотипы потомства F₁, F₂ каждой группы в двух скрещиваниях.

56. У форм ели сибирской окраска хвои бывает зеленая, голубоватосизая и золотистая. Зеленая окраска обусловлена доминантной аллелью А, голубоватосизая – рецессивной аллелью а. Доминантная аллель В нейтральна, тогда как рецессивная аллель b эпистатична, определяя золотистую окраску. Определить соотношение гибридов в F1 и F2, если скрещиваются форма с золотистой хвоей с генотипом AAbb и дигетерозиготная форма с зеленой хвоей.

57. По форме кроны сосна кедровая сибирская имеет следующие проявления: пирамидальная и яйцевидная, которые передают это свойство своему потомству. При селекционной инвентаризации на пробной площади из 768 деревьев: 585 – пирамидальная крона; 183 – яйцевидная. Напишите генотипы исходных родительских форм. Какому расщеплению соответствуют полученные результаты.

58. У сосны обыкновенной плотность определяется полимерным взаимодействием генов. Различают следующие типы плотности древесины: рыхлая – меньше 500 кг/м^3 , средней плотности – $500\text{--}520 \text{ кг/м}^3$, выше средней – $520\text{--}680 \text{ кг/м}^3$, плотная – $680\text{--}800 \text{ кг/м}^3$, очень плотная – больше 800 кг/м^3 . Скрестили два организма $A1A1a2a2 \times A1a1A2A2$. Какую максимально возможную плотность древесины могут иметь растения F1?

59. Ель зеленошишечной формы скрещена с красношишечной. В F1 половина гибридов имела зеленую окраску шишек. Определить генотип исходных родительских форм, если проявление красной окраски шишек доминантный признак.

60. У березы повислой устойчивость к корневой губке доминирует над восприимчивостью. Форма березы, поражаемой корневой губкой, скрещена с формой, гомозиготной по устойчивости к этому заболеванию. Определить: генотипы и фенотипы гибридов F1, генотипы и фенотипы гибридов F2.

61. У сосны высокорослость и округлые шишки доминируют над низкорослостью и овальной формой шишек. Дигетерозиготную высокорослую сосну с округлыми шишками скрестили с дигомозиготной

карликовой сосной с овальными шишками. Определите соотношение генотипов и фенотипов от данного скрещивания.

62. Устойчивость против обыкновенного шютте сосны доминирует над восприимчивостью. Какое потомство F₁ получится от скрещивания гомозиготных устойчивых особей с растениями, поражаемыми болезнью? Какое расщепление по фенотипу и генотипу будет наблюдаться от скрещивания между собой полученных гибридов?

63. У вяза ген быстрого роста доминирует над геном медленного. Написать генотипы и фенотипы родительских форм, если в потомстве получилось расщепление по признаку: а) 3:1; б) 1:1. При скрещивании каких особей получится фенотипически однородное потомство?

64. Какой последовательностью азотистых оснований ДНК кодируется участок белка, если он имеет следующее расположение аминокислот: фенилаланин - валин - аспарагин - глутаминовая кислота - гистидин - лейцин - глицин.

65. Какой последовательностью азотистых оснований ДНК кодируется участок белка, если он имеет следующее расположение аминокислот: треонин - серин - аспарагин - тирозин - серин - лизин - изолейцин.

66. Какой последовательностью азотистых оснований ДНК кодируется участок белка, если он имеет следующее расположение аминокислот: лизин - глутамин - треонин - аланин - аланин - лейцин - глицин.

67. Установить последовательность азотистых оснований в иРНК, участвующей в синтезе белка, в состав которого входят следующие аминокислоты: аланин - фенилаланин - валин - гистидин - аспарагин - аргинин.

68. Установить последовательность азотистых оснований в иРНК, участвующей в синтезе белка, в состав которого входят следующие аминокислоты: лейцин - аланин - треонин - метионин - пролин - глицин.

69. Последовательность нуклеотидов иРНК: ЦУА ЦАА ГГЦ УАУ. Определите последовательность ДНК, тРНК и аминокислот.

70. Определите генетический код иРНК и двух-цепочную последовательность ДНК, если известна тРНК: ЦЦЦ, ГГА, ЦАГ, ААА, ЦУГ.

71. Фрагмент одной из цепей ДНК имеет следующее строение: АТГ ГЦТ АЦГ АТГ. Определить последовательность аминокислот во фрагменте молекулы белка.

72. В биосинтезе полипептида участвовали тРНК с антикодонами УУА, ГГЦ, ЦГЦ, АУУ, ЦГУ. Определите нуклеотидную последовательность участка каждой цепи молекулы ДНК, который несет информацию о синтезируемом полипептиде, и число нуклеотидов, содержащих аденин (А), гуанин (Г), тимин (Т) и цитозин (Ц) в двуцепочной молекуле ДНК.

73. Определить порядок следования друг за другом аминокислот в участке молекулы белка, если он кодируется указанной последовательностью азотистых оснований в ДНК: ТГА ЦГЦ ГТТ ТАТ ГЦГ.

74. Определить порядок следования друг за другом аминокислот в участке молекулы белка, если он кодируется указанной последовательностью азотистых оснований в ДНК: АЦГ ЦЦЦ АТГ ГЦЦ ГГТ.

75. Определить порядок следования друг за другом аминокислот в участке молекулы белка, если он кодируется указанной последовательностью азотистых оснований в ДНК: ЦГГ ЦАЦ ТЦА ААА ТЦГ.

Список литературы

1. Атабекова А. И. Цитология растений : учеб. / А. И. Атабекова, Е. И. Устинова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1987. – 244 с.
2. Жимулёв, И. Ф. Общая и молекулярная генетика : учеб. пособие для вузов / И. Ф. Жимулёв; под ред. Е. С. Беляева, А. П. Акифьева. – 4-е изд. , стер. - Новосибирск : Сибирское университетское издательство, 2007. - 479 с.
3. Любавская А.Я. Лесная селекция и генетика / А.Я. Любавская. – М. : Лесн. пром-сть, 1982. – 288 с.
4. Матвеева Р.Н. Генетика: лабораторный практикум для студентов всех форм обучения / Р.Н. Матвеева, О.Ф. Буторова. – Красноярск: СибГТУ, 2006. – 55 с.
5. Потоцкая И. В. Генетика лесных древесных пород : курс лекций : учебное пособие / И. В. Потоцкая, С. П. Кузьмина. – Омск : Омский ГАУ, 2018. – 116 с. – ISBN 978-5-89764-667-8. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система.
6. Фалалеев Э.Н. Математическая статистика: учебное пособие / Э.Н. Фалалеев, А.С. Смольянов.- Красноярск, 1985. – 134 с.
7. Царев А.П. Генетика лесных древесных пород / А.П. Царев, С.П. Погиба, В.В. Тренин.– М.: МГУЛ, 2001. – 340 с.
8. Ченцов Ю.С. Общая цитология / Ю.С. Ченцов. – М.: Издательство московского университета, 1984. – 353 с.

Аберрации хромосом – видимые в световой микроскоп структурные изменения хромосом, при которых происходит либо нарушение их непрерывности (образование фрагментов), либо перекомбинация участков внутри одной хромосомы или нескольких хромосом.

Авторадиография – метод исследования, который позволяет определить распределение в клетках веществ, меченных радиоактивными изотопами. Применение меченных тритием веществ – предшественников нуклеиновых кислот (например, тимидина) – делает возможным изучение митотического цикла и ряда других вопросов цитологии и генетики.

Адаптация – комплекс морфофизиологических и поведенческих особенностей особи, популяции или вида, обеспечивающий успех в конкуренции с другими особями, популяциями или видами и устойчивость к абиотическим факторам среды.

Адаптер – 1) синтетический двухцепочечный олигонуклеотид с одним тупым концом и одним липким. После пришивания адаптера тупым концом к ДНК-мишени эту ДНК-мишень можно встраивать в подходящий вектор, используя приобретенный ею липкий конец; 2) синтетический одноцепочечный олигонуклеотид, у которого после самогибридизации появляются липкие концы и внутренний сайт для рестриктазы. Когда адаптер встраивают в клонирующий вектор, у последнего появляется новый сайт рестрикции.

Аддитивные гены – гены с однозначным действием (их действие суммируется). При взаимодействии такие гены не обнаруживают доминантности (если являются аллельными) или эпистаза (в случае неаллельных генов).

Аддитивный эффект генов (средний эффект генов) – 1) суммарное выражение однозначно действующих генов; 2) среднее отклонение от популяционной средней (μ) тех особей, которые получили данные гены от родителей.

Аденин – пуриновое основание, комплементарное тимину и урацилу. Одно из азотистых оснований, входящих в состав ДНК и РНК.

Аденозинтрифосфорная кислота (АТФ) – нуклеотид, содержащий аденин, рибозу и три остатка фосфорной кислоты; универсальный аккумулятор и носитель химической энергии в живых клетках.

АДФ (аденозиндифосфат) – соединение, участвующее в мобилизации энергии для клеточного метаболизма. Состоит из аденина, рибозы и двух фосфатных групп.

Азотистые основания – химические соединения, входящие в состав нуклеиновых кислот. В молекулах ДНК они представлены аденином, гуанином, цитозином и тиминам. В молекулы РНК вместо тимина входит урацил.

Активатор – 1) вещество, стимулирующее транскрипцию специфического гена или оперона; 2) белок, связывающийся с оператором и ускоряющий транскрипцию.

Аллели – (от греч. *allelon* друг друга, взаимно) различные формы одного и того же гена, расположенные в одинаковых участках (локусах) гомологичных (парных) хромосом, контролирующие один и тот же белок. Все гены соматических клеток, за исключением генов, расположенных в половых хромосомах, представлены двумя аллелями, один из которых унаследован от отца, а другой – от матери. Различия между аллелями обусловлены мутациями.

Аллели кодоминантные – пара аллелей, каждый из которых проявляется фенотипически в гетерозиготе.

Аллели множественные – серия из трёх и более аллелей одного локуса, возникших в результате разных мутаций, и различающихся по фенотипическому проявлению (т.е. обуславливающих разные фенотипы).

Аллельное исключение – продуцирование гетерозиготной клеткой одного из двух возможных аллельных фенотипических вариантов: наблюдается при синтезе аллельных форм иммуноглобулинов, когда одна из аллельных форм не образуется.

Аллельные серии – моногенные наследственные заболевания, вызванные различными мутациями в одном и том же гене, но относящиеся к разным нозологическим группам по своим клиническим проявлениям.

Аллополиплоид – полиплоидный организм, возникший в результате объединения хромосомных наборов различных видов организмов.

Аллополиплоидия – полиплоидия, обусловленная присутствием в одной клетке хромосомных наборов двух различных видов.

Аминоацил-тРНК – молекула тРНК, к 3'-концу которой ковалентно присоединена специфическая аминокислота.

Аминоацил-тРНК-синтетаза – фермент, катализирующий образование молекул специфических аминоацил-тРНК. Например, при использовании аланина, соответствующей ему тРНК (тРНК^{Ala}) и АТФ образуется аминоацил-тРНК^{Ala}.

Аминоацильный сайт, А-сайт – участок рибосомы, в процессе трансляции связывающий транспортные РНК, «нагруженные» аминокислотами (*аминоацил-тРНК*).

Аминокислоты – класс органических соединений, содержащих карбоксильные (–COOH) и аминогруппы (–NH₂) и обладающих свойствами кислот и оснований. Известно около 150 аминокислот. Из них около 20 служат мономерами для синтеза молекул белков.

Амплификатор ДНК (термоциклер) – прибор для проведения ПЦР; позволяет в автоматическом режиме выбирать оптимальные временные и температурные параметры каждого цикла и задавать общее количество циклов.

Амплификация генов – резкое увеличение числа копий генов, в том числе – генов, кодирующих рибосомальную РНК, в клетках с активным синтезом белка (ооциты земноводных и насекомых); увеличение копий генов идет методом обратной транскрипции.

Амфимиксис – обычный тип полового процесса, при котором зародыш образуется в результате слияния женской и мужской гамет.

Анаболический – термин относится к ферментативным реакциям, приводящим к синтезу более сложных биологических молекул из менее сложных (сравните: «катаболический»).

Анализ гибридологический – анализ характера наследования признаков с помощью системы скрещиваний. Сущность его заключается в получении гибридов и дальнейшем их сравнительном анализе в ряду поколений.

Аналоги оснований – пурины и пиримидины, которые несколько отличаются по своей структуре от нормальных азотистых оснований нуклеиновых кислот. Некоторые аналоги оснований (например, 5-бром урацил) могут включаться в нуклеиновые кислоты в процессе их синтеза вместо нормальных компонентов.

Анаэробные микроорганизмы – микроорганизмы, развивающиеся в отсутствие кислорода.

Ангстрем (Å) – единица длины, которую раньше использовали для описания размеров атомов и молекул; $1 \text{ Å} = 0,1 \text{ нм} = 10^{-8} \text{ см} = 10^{-7} \text{ мм}$.

Анеуплоид – организм, имеющий уменьшенное или увеличенное число хромосом одной или нескольких гомологичных пар.

Анеуплоидия – геномная мутация; изменение набора хромосом, не кратное гаплоидному, вследствие утраты или добавления одной или нескольких хромосом; состояние клетки, ткани или организма, при котором одна или несколько целых хромосом из обычного набора или отсутствуют, или представлены дополнительными копиями (например, кариотип $2n+1$; $2n-1$; $2n+2$; $2n+3$) (сравните: «эуплоидия»).

Антиген – генетически чужеродное вещество, вызывающее при введении в организм развитие специфических иммунологических реакций – выработку антител. 2) чужеродная субстанция (вирусной, бактериальной, химической, тканевой природы), инициирующая иммунную реакцию, направленную на удаление этой субстанции; антигенной активностью обладают белки и полисахариды, слабая активность у липидов и нуклеиновой кислоты.

Антикодон – три смежных нуклеотида в молекуле тРНК, которые комплементарны нуклеотидам специфического кодона в молекуле мРНК; их взаимодействие определяет место аминокислоты в полипептидной цепи.

Антимутагены – вещества, которые нейтрализуют действие мутагена в момент его действия в клетке, снижая частоту спонтанных и индуцированных мутаций.

Антипараллельная ориентация – противоположная направленность ($5' \rightarrow 3'$ и $3' \rightarrow 5'$) цепей в двухцепочечной молекуле ДНК.

Антисмысловая РНК – РНК-последовательность, комплементарная какому-то участку или всей молекуле специфической мРНК.

Антисмысловая цепь – 1) Транскрибируемая (кодирующая) цепь в молекуле хромосомной ДНК. 2) Одна из цепей в двухцепочечной молекуле ДНК, нуклеотидная последовательность которой комплементарна нуклеотидной последовательности соответствующей мРНК.

Аутополиплоид – организм, возникший в результате более чем двукратного увеличения одного и того же гаплоидного набора хромосом.

Аутосомы – любые неполовые хромосомы; хромосомы, одинаковые у мужской и женской особи (у человека 22 пары аутосом + 1 пара половых хромосом).

Ахроматин – вещество клеточного ядра, не окрашивающееся характерными для хромосом красителями.

Ген – элементарная единица наследственности, наименьший неделимый элемент наследственного материала, который может быть передан от родителей потомству как целое и который определяет признаки, свойства или физиологическую функцию организма. На молекулярном уровне - это участок молекулы ДНК, кодирующий первичную структуру белков и РНК.

Генотип – сочетание генетических вариантов (аллелей), расположенных на гомологичных хромосомах.

Гетерозиготный – содержащий разные аллели (генетические варианты) в соответствующих локусах гомологичных хромосом.

Гомозиготный – содержащий одинаковые аллели (генетические варианты) в соответствующих локусах гомологичных хромосом.

Гомологичные хромосомы – парные хромосомы из диплоидного набора, одинаковые по форме, размерам и набору генов.

Гуанин – пуриновое азотистое основание, является составной частью нуклеиновых кислот.

Делеция – утрата в результате мутации сегмента ДНК размером от одного нуклеотида до субхромосомного фрагмента, включающего несколько генов. В случае генных полиморфизмов рассматриваются делеции, ограниченные одним геном.

Диплоидный набор – набор хромосом в соматических клетках организма, который содержит два гомологичных набора хромосом, из которых один передается от одного родителя, а второй – от другого.

Доминантный аллель – аллель, проявляющийся в фенотипе гетерозиготных особей.

Инициация – период от подготовки молекулы к синтезу до образования первой пептидной связи.

Инсерция – вставка сегмента ДНК размерами от одного нуклеотида до субхромосомного фрагмента, включающего несколько генов. В случае генных полиморфизмов рассматриваются инсерции, ограниченные одним геном. Интрон – область гена, разделяющая экзоны и не несущая информации об аминокислотной последовательности белкового продукта.

Миссенс-мутация – мутация, приводящая к подстановке несоответствующей аминокислоты в полипептидную цепь.

Мутация – изменение нуклеотидной последовательности ДНК. Чаще всего мутации представляют собой однонуклеотидные замены – миссенс-мутации. Влияние мутации на функцию гена может варьировать от ее полного нарушения до незначительного влияния или отсутствия влияния.

Нуклеотид – структурная единица нуклеиновых кислот. В состав ДНК входят 4 нуклеотида: аденин – А, тимин – Т, гуанин – G, цитозин – С.

Пенетрантность – количественный показатель фенотипической изменчивости проявления гена. Измеряется (обычно в %) отношением числа особей, у которых данный ген проявился в фенотипе, к общему числу особей, в генотипе которых этот ген присутствует в необходимом для его проявления состоянии (гомозиготном – в случае рецессивных генов или гетерозиготном – в случае доминантных генов).

Прокариоты – организмы, клетки которых не имеют оформленного ядра.

Полиморфизм гена – многообразие нуклеотидных последовательностей гена, в том числе его аллельных форм. Прогностический – понятие, характеризующее заключение о предстоящем развитии и исходе, основанное на специальном исследовании.

Промотор – участок молекулы ДНК, к которому присоединяются молекулы РНК-полимеразы, что сопровождается инициацией транскрипции соответствующих генов; как правило, промотор расположен на операторном конце оперона; каждый ген (или оперон) имеет свой промотор, контролирующий его транскрипцию.

Рецессивный аллель – аллель, не проявляющийся в фенотипе гетерозиготных особей.

Терминация – этап завершения синтеза молекулы.

Тимин – одно из пиримидиновых оснований, входящих в состав нуклеиновых кислот.

Химеризм – существование в одном организме клеток разных генотипов.

Хроматиды – две дочерние нити удвоившейся хромосомы, всё еще соединенные одной центромерой.

Хроматин – комплекс ДНК и гистоновых белков; основное вещество клеточного ядра нуклеопротеидного состава, хорошо окрашивающееся основными анилиновыми красителями.

Хроматин половой – участки хроматина, определяющие различие интерфазных ядер у особей разных полов, связанные с особенностями структуры или функционирования половых хромосом. Различают половые Y-

хроматин и Х-хроматин. Y-хроматин – это структурный гетерохроматин Y-хромосомы, выявляемый в интерфазном ядре с помощью флюорохромов в ультрафиолетовом свете. Х-хроматин – интенсивно красящаяся основными красителями структура (размером 0,7-1,2 мкм), находящаяся в ядрах разных типов клеток самок.

Хромомер – конденсированный в виде бусины участок хромосомы, видимый во время клеточного деления. Соседние хромомеры в политенных хромосомах дают характерный рисунок полос каждой из хромосом

Хромонема (хромосомная нить) – нить, включающая центромеру, хромомеры и тонкую нуклеопротейдную нить, связывающую их в профазе; в метафазных хромосомах существует в виде спирали.

Хромосома – субклеточная структура, состоящая из конденсированной молекулы ДНК и гистоновых белков и способная к самовоспроизведению с сохранением структурно-функциональной индивидуальности.

Хромосома акроцентрическая – хромосома, у которой центромера находится вблизи одного из концов, при этом одно из плеч хромосомы длинное, другое – короткое.

Хромосома метацентрическая – хромосома, у которой центромера расположена приблизительно в середине.

Хромосома политенная – гигантская хромосома, состоящая из многих нитей ДНК, возникших в результате нескольких последовательных циклов репликации без их разделения.

Хромосома субтелоцентрическая – хромосома, у которой центромера находится ближе к одному из концов, при этом одно из плеч хромосомы длинное, другое – короткое, но заметно длиннее, чем короткое плечо хромосомы акроцентрической.

Хромосома телоцентрическая – хромосома, у которой центромера находится на одном из концов. Эта хромосома имеет только одно плечо. В настоящее время цитогенетики отрицают существование таких хромосом.

Хромосома типа ламповой щетки – гигантская хромосома, которая образуется в ядре ооцита на стадии диплотены. Почти от всех хромомер этой хромосомы отходят парные петли, которые являются участками активной работы генов.

Хромосомная нестабильность – повышенная частота числовых и структурных аномалий хромосом, наблюдаемая у некоторых организмов.

Хромосомы гомологичные – одинаковые по форме, величине и генетической структуре хромосомы, в одинаковых локусах которых располагаются аллельные гены.

Хромосомы половые – хромосомы, определяющие у разнополых организмов различие кариотипов особей разных полов.

Центриоль – цитоплазматическая органелла, состоящая из девяти триплетов микротрубочек. Центриоль участвует в создании веретена деления. В диплоидной клетке содержатся две пары центриолей. Удвоение центриолей происходит в синтетический период митотического цикла или после него. Вокруг центриоли образуется centrosoma.

Центромера – первичная перетяжка хромосомы, область хромосомы, к которой прикрепляются нити веретена при митотическом или мейотическом делении клетки.

Центросома – область, окружающая центриоль; полагают, что она участвует в организации белковых волокон веретена деления.

Цикл клеточный – период жизнедеятельности клетки от момента ее возникновения в результате оплодотворения или предшествующего деления до гибели или следующего деления с образованием дочерних клеток. У интенсивно делящихся клеток цикл клеточный совпадает с циклом митотическим.

Цикл митотический – период жизнедеятельности клетки от момента ее образования до разделения на дочерние клетки.

Цистрон – участок ДНК, на котором синтезируется мРНК, необходимая для синтеза полноценной полипептидной цепи; генетическая единица, эквивалентная гену и кодирующая отдельный белок.

Цитозин – одно из пиримидиновых оснований, входящих в состав нуклеиновых кислот

Чаргаффа правила – сумма пуриновых оснований равна сумме пиримидиновых оснований; причем количество аденина равно количеству тимина: $A=T$ или $A/T=1$; количество цитозина равно количеству гуанина: $G=C$ или $G/C=1$.

Частота аллеля – отношение встречаемости одного из аллелей данного локуса к сумме встречаемостей всех аллелей у достаточно большого числа индивидуумов в данной популяции.

Числовые мутации – изменение числа хромосом в кариотипе.

Эволюция – процесс исторического развития живой природы путем перехода одних органических форм в другие.

Экзонуклеаза – фермент, гидролизующий концевые фосфодиэфирные связи (на 3'- или 5'-конце) полинуклеотида (сравните: «эндонуклеаза»).

Экзоны – информативные участки структурных генов эукариот, образующие зрелую мРНК.

Экологическая генетика – направление в генетике, изучающее генетические механизмы адаптациогенеза на организменном, популяционном и видовом уровнях.

Экспрессивность – степень фенотипического проявления наследственного признака, кодируемого данным аллелем.

Экспрессия гена – 1) цикл, начинающийся с синтеза РНК на матрице ДНК и завершающийся созданием белковой цепочки; 2) активное состояние гена, т.е. способность к транскрипции и трансляции в данном типе клеток.

Электропорация – в генетической инженерии метод переноса генов в клетки с помощью электрического разряда, вызывающего образование дополнительных пор в клеточной мембране.

Электрофорез – метод разделения сложных молекул (ДНК, РНК или белков) в специальной среде (геле), основанный на разной скорости их перемещения в электрическом поле. В качестве среды для разделения молекул используют крахмальный, ацетатцеллюлозный или полиакриламидный гели.

Экзон – фрагмент гена, кодирующий аминокислотную последовательность белкового продукта данного гена.

Элонгация – период от образования первой пептидной связи до образования последней.

Эндонуклеазы (рестриктазы) – ферменты, разрезающие двухнитевые молекулы ДНК в местах, соответствующих специфическим последовательностям из 4 –12 нуклеотидов (**палиндромам**).

Энхансер – специфический участок ДНК, многократно увеличивающий уровень транскрипции генов, расположенных на той же молекуле ДНК.

Эписома – 1) генетический элемент (молекула ДНК), существующая либо как интегрированная часть молекулы ДНК хозяина, либо как независимо реплицирующаяся молекула ДНК (плазмида), не связанная с хромосомой клетки; 2) внехромосомная суперскрученная кольцевая эукариотическая молекула ДНК.

Эпистаз (**эпистатическое взаимодействие генов**) – взаимодействие неаллельных генов, при котором ген одной аллельной пары подавляет действие гена другой аллельной пары, например $A > B$ или $B > A$, $a > B$ или $b > A$.

Эпистаз доминантный – тип взаимодействия неаллельных генов, когда доминантный аллель одного гена подавляет проявление другого неаллельного гена (доминантного или рецессивного): $A > B$, и $A > b$.

Эпистаз рецессивный – тип взаимодействия неаллельных генов, когда рецессивный аллель одного гена, находясь в гомозиготном состоянии, не позволяет проявиться доминантному или рецессивному аллелю другого, неаллельного гена: $aa > B_$ или $aa > bb$.

Эукариоты – организмы, клетки которых имеют оформленное ядро, окружённое ядерной оболочкой.

Эухроматин – активный хроматин, который обычно не обнаруживается визуально на протяжении всей интерфазы; эухроматиновые участки хромосом активно транскрибируются.

Ядерная оболочка – структура, отделяющая содержимое клеточного ядра от цитоплазмы и состоящая из двух липопротеидных мембран, пронизанных порами. На краях пор наружная мембрана смыкается с внутренней. Между мембранами находится перинуклеарное пространство. Наружная мембрана без перерыва переходит в эндоплазматический ретикулум.

Ядрышковый организатор – определённые участки хромосом, где находятся серии генов, кодирующих рибосомную РНК. Эти участки хромосом в интерфазе формируют ядрышко.

Образец оформления титульного листа

ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ
Институт фундаментальных и прикладных агробиотехнологий
Кафедра лесного хозяйства

Контрольная работа

Лесная генетика

Выполнил: _____
(Ф.И.О., подпись)

Проверил: _____
(Ф.И.О., подпись)

Новосибирск 202_

Последняя цифра зачетной книжки	Первая буква фамилии																						
		А	Б	В	Г	Д	Е (Ё)	Ж	З	И (Й)	К	Л	М	Н	О	П	Р	С	Т	У Ф Х	Ц Ч Ш	Щ Э	Ю Я
	0	1, 29, 57, 65	14, 34, 51, 69	18, 45, 52, 72	5, 32, 51, 74	10, 35, 63, 70	25, 41, 54, 66	4, 31, 53, 75	16, 50, 55, 65	24, 47, 63, 74	10, 39, 56, 65	16, 38, 60, 70	9, 30, 53, 75	21, 49, 55, 71	1, 38, 62, 69	6, 30, 52, 64	22, 42, 51, 70	8, 49, 53, 64	21, 30, 59, 65	12, 38, 71	4, 40, 56, 67	5, 37, 55, 73	9, 35, 54, 69
	1	21, 35, 53, 65	2, 46, 60, 71	15, 48, 51, 74	17, 34, 55, 70	23, 47, 58, 65	14, 37, 51, 73	22, 42, 56, 65	3, 33, 52, 70	11, 36, 63, 74	17, 29, 51, 66	8, 46, 61, 71	15, 45, 53, 68	10, 43, 63, 74	21, 40, 59, 73	2, 37, 62, 70	13, 30, 58, 75	21, 38, 52, 65	18, 47, 57, 72	7, 26, 51, 64	4, 33, 63, 75	8, 37, 53, 64	1, 44, 52, 70
	2	10, 27, 51, 74	22, 35, 57, 67	3, 31, 63, 75	19, 47, 62, 66	16, 40, 58, 68	24, 41, 51, 70	2, 39, 53, 69	7, 34, 52, 68	18, 36, 54, 73	1, 44, 59, 72	20, 48, 52, 64	12, 39, 59, 69	14, 34, 60, 72	22, 36, 61, 75	3, 39, 63, 73	17, 40, 61, 69	14, 33, 55, 71	5, 46, 62, 70	6, 36 63, 73	7, 28, 56, 67	15, 41, 52, 66	25, 48, 55, 72
	3	16, 49, 59, 70	20, 50, 61, 73	25, 37, 51, 66	4, 29, 60, 75	17, 42, 57, 66	15, 45, 52, 71	9, 41, 59, 69	19, 26, 53, 74	23, 48, 55, 66	14, 43, 57, 73	13, 32, 53, 73	20, 31, 56, 64	7, 32, 54, 71	13, 33, 51, 66	12, 27, 54, 75	16, 28, 52, 65	4, 32, 57, 65	8, 31, 53, 75	9, 28, 63, 69	6, 27, 62, 67	3, 39, 53, 73	12, 36, 55, 75
	4	9, 43, 52, 64	24, 41, 59, 75	11, 44, 51, 73	12, 40, 53, 64	5, 50, 63, 67	8, 29, 56, 72	20, 34, 63, 75	6, 42, 52, 65	23, 30, 58, 74	1, 26, 52, 65	19, 49, 60, 74	9, 27, 53, 64	17, 35, 51, 70	20, 36, 57, 68	15, 48, 54, 67	13, 50, 62, 75	19, 39, 54, 66	5, 45, 58, 65	8, 42, 51, 71	5, 33, 52, 64	23, 32, 56, 73	14, 40, 53, 70
	5	23, 35, 60, 69	8, 32, 54, 74	15, 33, 52, 66	1, 46, 53, 67	18, 44, 60, 72	6, 38, 63, 71	11, 34, 53, 67	14, 38, 56, 75	24, 50, 54, 72	18, 30, 59, 73	2, 48, 61, 69	6, 35, 51, 66	24, 46, 58, 73	14, 48, 54, 70	25, 47, 57, 65	12, 49, 62, 70	11, 35, 59, 75	25, 37, 57, 71	6, 29, 52, 74	11, 40, 60, 69	10, 49, 53, 65	18, 46, 51, 73
	6	11, 43, 52, 70	2, 41, 57, 65	7, 45, 63, 75	19, 48, 59, 70	21, 32, 53, 64	4, 30, 57, 65	7, 50, 62, 72	23, 42, 52, 75	13, 37, 51, 66	3, 28, 55, 70	12, 45, 61, 65	3, 41, 59, 74	13, 37, 60, 72	25, 48, 58, 68	18, 29, 61, 74	20, 41, 53, 70	4, 36, 51, 68	15, 40, 62, 72	7, 33, 58, 65	5, 28, 54, 74	10, 43, 55, 75	19, 29, 61, 70
	7	6, 30, 56, 65	13, 38, 63, 68	4, 34, 55, 67	22, 47, 54, 72	10, 48, 61, 74	18, 29, 55, 71	16, 32, 59, 65	8, 44, 54, 69	15, 26, 63, 66	12, 37, 59, 73	25, 39, 56, 67	5, 27, 59, 69	4, 49, 52, 68	9, 45, 51, 70	21, 39, 63, 73	14, 43, 58, 69	7, 36, 55, 71	10, 46, 60, 75	8, 37, 60, 70	6, 40, 53, 66	11, 43, 59, 71	24, 46, 60, 67
	8	25, 50, 62, 72	5, 41, 54, 64	23, 46, 61, 71	2, 31, 62, 70	19, 44, 55, 73	23, 46, 61, 70	17, 50, 60, 75	11, 41, 56, 69	9, 26, 54, 64	1, 41, 51, 75	11, 44, 61, 68	24, 45, 53, 65	10, 49, 56, 64	22, 29, 55, 73	3, 34, 58, 74	6, 31, 55, 66	16, 42, 52, 69	3, 38, 51, 64	7, 31, 55, 67	9, 34, 63, 71	17, 47, 53, 66	1, 43, 52, 70
	9	14, 35, 60, 68	24, 42, 54, 75	1, 39, 57, 72	22, 35, 51, 69	20, 49, 62, 71	10, 33, 63, 74	20, 34, 56, 66	19, 29, 55, 64	13, 28, 60, 75	16, 38, 58, 68	2, 47, 59, 71	20, 31, 51, 70	23, 30, 57, 67	15, 44, 52, 65	5, 26, 55, 64	25, 39, 61, 74	2, 27, 52, 64	20, 50, 62, 72	8, 42, 58, 70	17, 28, 57, 64	22, 40, 52, 74	21, 42, 62, 75

