Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

А. И. Юсов

ОБЩАЯ ГЕНЕТИКА

Учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных работ для
студентов, обучающихся в бакалавриате по направлению подготовки
35.03.04 Агрономия

Калининград
Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ»
2023

УДК 575

Рецензент

кандидат биологических наук, доцент кафедры агрономии и агроэкологии
института агроинженерии и пищевых систем ФГБОУ ВО «КГТУ»
Е.А. Барановская

Юсов, А. И.

Общая генетика**:** учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных работ для студентов, обучающихся в бакалавриате по направлению подготовки 35.03.04 Агрономия / А.И. Юсов. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2023. – 26 с.

В учебно-методическом пособии по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Общая генетика» представлены учебно-методические материалы по выполнению лабораторных работ, включающие цели лабораторного занятия, план его проведения, перечень используемых материалов и оборудования, алгоритм проведения опыта для направления подготовки 35.03.04 Агрономия, форма обучения очная, заочная.

Табл. 1, список лит. – 4 наименования

Учебно-методическое пособие рассмотрено и рекомендовано к изданию в качестве локального электронного методического материала кафедрой агрономии и агроэкологии 12 октября 2023 г., протокол № 3

Учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных работ рекомендовано к изданию в качестве локального электронного методического материала методической комиссией института агроинженерии и пищевых систем ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» 31 октября 2023 г., протокол № 8

УДК 575

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Калининградский государственный технический университет», 2023 г.
© Юсов А. И., 2023 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ…… 4
1 СОДЕРЖАНИЕ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ И МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИХ ВЫПОЛНЕНИЮ…….…… 5
2 ТРЕБОВАНИЯ К ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ…….…… 22
3 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ТЕКУЩЕЙ АТТЕСТАЦИИ…… 23
4 СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ..……... 25

ВВЕДЕНИЕ

Целью освоения дисциплины является формирование систематизированных знаний, умений и навыков в области общей генетики, являющихся основой для решения профессиональных задач агрономии.

Генетика – наука о наследственности и изменчивости организмов. Основоположником генетики считают Грегора Менделя, опыты которого по изучению характера наследования отдельных признаков в гибридных потомствах гороха позволили установить ряд закономерностей, которые впоследствии были названы тремя законами Менделя. Кроме того, Г. Мендель является первооткрывателем гибридологического анализа – основного метода генетических исследований, который применяется и в настоящее время.

В настоящее время генетика, разбившись на множество комплексных направлений, будучи ключевой наукой биологии, развивается исключительно глубоко и быстро. Вскрыв диалектику в материальных процессах наследственности, изменчивости, индивидуального развития и в эволюции, стала одной из основ философского материализма. Наблюдается все более тесная интеграция генетики, селекции, ветеринарии, биохимии и других наук.

Дисциплина «Общая генетика» относится к общепрофессиональному модулю основной профессиональной образовательной программы бакалавриата по направлению подготовки 35.03.04 Агрономия.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

знать:

– хромосомную и молекулярную теории наследственности;

– основы генетического анализа при планировании генетических экспериментов; методы гибридизации;

– структуру государственного сортоиспытания;

– основные сорта полевых культур и их характеристики;

– организацию семеноводства, сортосмены и сортообновления;

– технологии производства семян для воспроизводства сортового посевного материала;

– принципы апробации;

уметь:

– решать генетические задачи;

– проводить опыты, согласно утвержденной методики;

– использовать современные методы исследований в генетике, селекции и семеноводстве полевых культур в профессиональной деятельности;

– составлять схемы селекционной работы с разными по способу опыления группами сельскохозяйственных растений;

– составлять план производства семян в семеноводческом хозяйстве;

– рассчитать потребность в площади и семенах под семеноводческие посевы;

владеть:

– методами отбора и гибридизации;

– основами создания питомников сортоиспытания и первичного семеноводства;

– методами выращивания семенного материала основных сельскохозяйственных культур;

– навыками ведения документации селекционного процесса, сортоиспытаний, семеноводства, описания сорта;

– методами определения качества семенного материала.

1. СОДЕРЖАНИЕ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ И МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИХ ВЫПОЛНЕНИЮ

Лабораторные работы предназначены для формирования систематизированных знаний и получения практических навыков в области общей генетики, являющихся основой для решения профессиональных задач агрономии.

Отчет по выполнению лабораторной работы должен содержать краткий конспект теоретического материала по теме работы, результаты выполнения лабораторной работы и вывод.

При подготовке к защите лабораторной работы по данной теме следует ответить на контрольные вопросы. Оценка результатов выполнения задания по каждой лабораторной работе производится при представлении студентом отчета о работе и на основании ответов студента на вопросы по теме лабораторной работы.

Защита результатов лабораторных работ является формой контроля текущей успеваемости студента.

Тематический план лабораторных работ (ЛР) представлен в таблице.

Таблица 1 – Объем (трудоёмкость освоения) и структура ЛР

Номер лабораторной работы	Содержание лабораторной работы	Количество часов ЛР	
		очная форма	заочная форма
1	Биологическое значение полового и бесполого размножения	2	2
2	Биология и морфология дрозофилы как объекта генетических исследований	4	
3	Анализ результатов моногибридного скрещивания дрозофилы	2	
4	Анализ результатов ди- и полигибридных скрещиваний	2	
5	Взаимодействие неаллельных генов	2	

Номер лабораторной работы	Содержание лабораторной работы	Количество часов ЛР	
		очная форма	заочная форма
6	Моделирование репликации ДНК и процессов транскрипции и трансляции у прокариот в норме и в различных типов генных мутации	2	
7	Определение частот аллелей и генотипов в популяции	2	2
Итого		16	4

Содержание лабораторных работ

Лабораторная работа 1. Биологическое значение полового и бесполого размножения

Цель работы. Формирование знаний о биологическом значении полового и бесполого размножения и процессов лежащие в их основе.

Задание. Выполнение лабораторной работы включает в себя краткий конспект теоретического материала по теме работы, результаты выполнения лабораторного задания и вывод. При подготовке к защите лабораторной работы следует ответить на контрольные вопросы.

Оборудование и материалы. Письменные и чертежные принадлежности, световой микроскоп в комплекте (набор объективов, предметные и покровные стекла, препаровальные иглы, пипетки, пинцеты), временные и постоянные микропрепараты.

Теоретические сведения. Размножение обеспечивает самовоспроизведение живых организмов, необходимое для существования вида. В основе размножения лежит генетическая информация, зашифрованная в ДНК.

Размножение может быть бесполое и половое. При половом размножении имеет место половой процесс, заключающийся в обмене клеток генетическим материалом. Чаще всего происходит образование специализированных половых клеток с гаплоидным (одинарным) набором хромосом − гамет с последующим их слиянием − оплодотворением.

Бесполое размножение может происходить путем митоза (у микроорганизмов и других одноклеточных), спорами (у папоротников), почкованием (у гидры), частями организма и вегетативными органами (вегетативное размножение растений). При бесполом размножении обеспечивается быстрое образование многочисленного потомства с теми же признаками, что и у родителей. Что полезно в благоприятных условиях, например, летом у водорослей.

Половое размножение приводит к образованию новых сочетаний генов, что повышает шанс на выживание части потомства при изменении условий среды. Половое размножение делает возможным естественный отбор на основе наследственной изменчивости − основной движущий фактор эволюции.

Человек применяет вегетативное размножение плодовых растений (черенкование смородины, прививка яблони, корневые отпрыски у малины, усы у земляники) для сохранения ценных качеств сорта, которые будут утеряны при половом размножении. Половое размножение у таких растений незаменимо при выведении новых сортов.

При скрещивании разных сортов растений, пород животных возникает явление гетерозиса − гибридной силы. Такое потомство обладает повышенной выносливостью (мул − гибрид осла и кобылы), быстрее растут (бройлерные цыплята), более урожайны (гибриды F1 у огурцов).

Ход работы. Перед выполнением лабораторной работы необходимо изучить теоретический материал темы.

Выполнение лабораторной работы включает в себя:

– подготовка оборудования, временных и постоянных микропрепаратов;

– определение стадии митоза на временных и постоянных микропрепаратах;

– зарисовать стадии митоза в рабочей тетради.

Выводы. Выводы к лабораторной работе должны основываться на результатах проведенных исследований и соответствовать теме и цели лабораторной работы.

Форма отчета по лабораторной работе. Отчет по лабораторной работе должен включать в себя: номер и название лабораторной работы, цель работы, краткий конспект теоретического материала по теме работы, результаты выполнения лабораторного задания в соответствие с ходом выполнения работы и вывод.

Контрольные вопросы

1. Какие изменения в клетке предшествуют делению?
2. Охарактеризуйте фазы митоза.
3. Каково биологическое значение митоза?
4. Сравните между собой митоз и мейоз, выделите черты и сходства, и различия.
5. Каково биологическое значение мейоза?
6. Есть ли принципиальные различия между бесполым и половым размножением?
7. Какая форма бесполого размножения используется в сельском хозяйстве? Приведите примеры.
8. Приведите примеры разных форм бесполого размножения.
9. Какие существенные различия имеются в строении женских и мужских половых клеток?

Лабораторная работа 2. Биология и морфология дрозофилы как объекта генетических исследований

Цель работы. Формирование знаний о биологии и морфологии дрозофилы.

Задание. Выполнение лабораторной работы включает в себя краткий конспект теоретического материала по теме работы, результаты выполнения лабораторного задания и вывод. При подготовке к защите лабораторной работы следует ответить на контрольные вопросы.

Оборудование и материалы. Письменные и чертежные принадлежности, оборудование и материалы для приготовления питательных сред, бинокуляр, предметные стекла, препаровальные иглы, пинцеты, раствор для наркотизации мух.

Теоретические сведения. Дрозофила является одним из самых ценных для биологических исследований организмов. Целый ряд важнейших научных открытий был совершен при использовании мухи дрозофилы в качестве генетического объекта. В частности, работы Т. Моргана по разработке хромосомной теории наследственности, изучению генетики пола и сцепленного с полом наследования, также исследования по искусственному получению мутаций, вопросам природы гена, экспрессии гена, выяснение некоторых генетических механизмов эволюционных процессов и др. Муха дрозофила является чрезвычайно удобным объектом для генетических исследований. Она неприхотлива в содержании, исключительно плодовита, имеет короткий период развития от яйца до взрослого насекомого, обладает чётко выраженными морфологическими признаками, большим разнообразием мутационных рас с чётким фенотипическим проявлением и малым числом хромосом.

Перечисленные качества и возможность проработки основных закономерностей наследственностей в течение непродолжительного времени с низкими затратами на проведение опытов делают дрозофилу особенно популярным объектом для проведения исследований идентификации различных мутантных линий мухи дрозофилы и использованию генетической номенклатуры, разведению объекта исследований в лабораторных условиях, постановке моно-, ди- и тригибридных скрещиваний, постановке скрещиваний и анализе потомства при сцепленном наследовании, наследовании признаков, сцепленных с Х-хромосомой.

Ход работы. Перед выполнением лабораторной работы необходимо изучить теоретический материал темы.

Выполнение лабораторной работы включает в себя:

– приготовление питательной среды для культивирования дрозофилы;

– посадка мух на питательную среду для размножения;

– по окончании этапа размножения провести наркотизацию мух, подсчитать их количество с учетом половых различий;

– результаты работы оформить в виде таблицы.

Выводы. Выводы к лабораторной работе должны основываться на результатах проведенных исследований и соответствовать теме и цели лабораторной работы.

Форма отчета по лабораторной работе. Отчет по лабораторной работе должен включать в себя: номер и название лабораторной работы, цель работы, краткий конспект теоретического материала по теме работы, результаты выполнения лабораторного задания в соответствие с ходом выполнения работы и вывод.

Контрольные вопросы

1. Биология развития дрозофилы.
2. Дайте характеристику стадий личиночного периода дрозофилы.
3. Инвентарь и оборудование, необходимые при работе с дрозофилой.
4. Состав питательных сред для культивирования дрозофилы и их приготовление.
5. Как происходит наркотизация мух?

Лабораторная работа 3. Анализ результатов моногибридного скрещивания дрозофилы

Цель работы. Формирование знаний об изменении наследственных признаков в популяции дрозофилы.

Задание. Выполнение лабораторной работы включает в себя краткий конспект теоретического материала по теме работы, результаты выполнения лабораторного задания и вывод. При подготовке к защите лабораторной работы следует ответить на контрольные вопросы.

Оборудование и материалы. Письменные и чертежные принадлежности, оборудование и материалы для приготовления питательных сред, бинокуляр, предметные стекла, препаровальные иглы, пинцеты, раствор для наркотизации мух.

Теоретические сведения. В моногибридном скрещивании родительские организмы отличаются по одной паре контрастных альтернативных признаков. Например, серое и черное тело у дрозофилы. Скрещивание особей с такими альтернативными признаками и является моногибридным. В первом поколении этого скрещивания появляются гибридные особи. Из двух альтернативных вариантов у гибридов первого поколения развивается только один доминантный признак (серое тело у дрозофилы), а второй – рецессивный – не проявляется (черное тело у дрозофилы). Преобладание у гибрида первого поколения признака одного из родителей Мендель назвал доминированием, а закон получил название первого закона Менделя или единообразия гибридов первого поколения. При скрещивании гибридных особей первого поколения между собой во втором поколении наблюдается появление потомков с признаками обоих родителей. Причем, расщепление признаков подчиняется строгим количественным закономерностям: ¾ всех гибридов второго поколения несут доминантный признак (серое тело дрозофилы), а ¼ – рецессивный (черное тело дрозофилы). Расщепление во втором поколении в определенном количественном соотноше-

нии доминантных и рецессивных форм называется законом расщепления или вторым законом Менделя.

Ход работы. Перед выполнением лабораторной работы необходимо изучить теоретический материал темы.

Выполнение лабораторной работы включает в себя следующие этапы:

– отобрать виргинных самок и поставить их на скрещивание;

– получить F1 и проанализировать его;

– поставить на скрещивание мух F1;

– получить F2 и проанализировать его;

– результаты работы оформить в виде таблицы.

Выводы. Выводы к лабораторной работе должны основываться на результатах проведенных исследований и соответствовать теме и цели лабораторной работы.

Форма отчета по лабораторной работе. Отчет по лабораторной работе должен включать в себя: номер и название лабораторной работы, цель работы, краткий конспект теоретического материала по теме работы, результаты выполнения лабораторного задания в соответствие с ходом выполнения работы и вывод.

Контрольные вопросы

1. Как производится отбор виргинных самок?
2. Как различаются дрозофилы при прямом скрещивании по признаку формы глаз?
3. Какая форма глаз у мух от возвратного скрещивания F1 с доминантной родительской формой?

Лабораторная работа 4. Анализ результатов ди- и полигибридных скрещиваний

Цель работы. Формирование знаний о ди- и полигибридных скрещиваниях

Задание. Выполнение лабораторной работы включает в себя краткий конспект теоретического материала по теме работы, результаты выполнения лабораторного задания и вывод. При подготовке к защите лабораторной работы следует ответить на контрольные вопросы.

Оборудование и материалы. Письменные принадлежности; гербарные, натуральные и мультимедийные образцы растений.

Теоретические сведения. Дигибридное скрещивание – это скрещивание родительских особей, различающихся по двум парам альтернативных признаков и, соответственно, по двум парам аллельных генов.

Полигибридное скрещивание – это скрещивание особей, различающихся по нескольким парам альтернативных признаков и, соответственно, по нескольким парам аллельных генов.

Георг Мендель скрещивал растения гороха, отличающиеся по окраске семян (желтые и зеленые) и по характеру поверхности семян (гладкие и морщинистые). Скрещивая чистые линии гороха с желтыми гладкими семенами с чистыми линиями, имеющими зеленые морщинистые семена, он получил гибриды первого поколения с желтыми гладкими семенами (доминантные признаки). Затем Мендель скрестил гибриды первого поколения между собой и получил четыре фенотипических класса в соотношении 9: 3: 3: 1, т. е. в результате во втором поколении появилось два новых сочетания признаков: желтые морщинистые и зеленые гладкие. Для каждой пары признаков отмечалось отношение 3: 1, характерное для моногибридного скрещивания: во втором поколении получилось 3/4 гладких и 1/4 морщинистых семян и 3/4 желтых и 1/4 зеленых семян. Следовательно, две пары признаков объединяются у гибридов первого поколения, а затем разделяются и становятся независимыми друг от друга.

На основе этих наблюдений был сформулирован третий закон Менделя или закон о независимом наследовании: расщепление по каждой паре признаков идет независимо от других пар признаков. В чистом виде этот закон справедлив только для генов, локализованных в разных хромосомах, и частично соблюдается для генов, расположенных в одной хромосоме, но на значительном расстоянии друг от друга.

Мендель сформулировал также закон чистоты гамет, согласно которому гамета чиста от второго аллельного гена (альтернативного признака), т. е. ген дискретен и не смешивается с другими генами.

При моногибридном скрещивании в случае полного доминирования у гетерозиготных гибридов первого поколения проявляется только доминантный аллель, однако рецессивный аллель не теряется и не смешивается с доминантным. Среди гибридов второго поколения и рецессивный, и доминантный аллель может проявиться в своем – чистом – виде, т. е. в гомозиготном состоянии. В итоге гаметы, образуемые такой гетерозиготой, являются чистыми, т. е. гамета А не содержит ничего от аллели а, гамета а – чиста от А.

На клеточном уровне основой дискретности аллелей является их локализация в разных хромосомах каждой гомологичной пары, а дискретности генов – их расположение в разных локусах хромосом.

Ход работы. Перед выполнением лабораторной работы необходимо изучить теоретический материал темы.

Выполнение лабораторной работы включает в себя следующие этапы:

– изучить исходные (родительские) растения по анализируемым признакам;

– проанализировать растения гибридов первого поколения и установить характер наследования двух рассматриваемых признаков, выявить доминантные и рецессивные признаки;

– проанализировать растения гибридов второго поколения и установить характер наследования изучаемых признаков;

– определить теоретически ожидаемое расщепление в F1;

– рассчитать фактически полученное расщепление в F1.

Выводы. Выводы к лабораторной работе должны основываться на результатах проведенных исследований и соответствовать теме и цели лабораторной работы.

Форма отчета по лабораторной работе. Отчет по лабораторной работе должен включать в себя: номер и название лабораторной работы, цель работы, краткий конспект теоретического материала по теме работы, результаты выполнения лабораторного задания в соответствие с ходом выполнения работы и вывод.

Контрольные вопросы

1. Какое скрещивание называют дигибридным?
2. Какие растения использовал Г. Мендель для дигибридного скрещивания?
3. Как рассчитывается теоретически ожидаемое расщепление в F2 при дигибридном скрещивании?
4. Как строится решетка Пеннета?

Лабораторная работа 5. Взаимодействие неаллельных генов

Цель работы. Формирование знаний о комплементарном взаимодействии генов, эпистазе и полимерии

Задание. Выполнение лабораторной работы включает в себя краткий конспект теоретического материала по теме работы, результаты выполнения лабораторного задания и вывод. При подготовке к защите лабораторной работы следует ответить на контрольные вопросы.

Оборудование и материалы. Письменные принадлежности; гербарные, натуральные и мультимедийные образцы растений.

Теоретический материал. Очень редко развитие того или иного признака определяется одним геном. Часто один ген обусловливает развитие нескольких признаков. Такое явление называется плейотропным действием гена. Распространено и обратное – один признак контролируется несколькими генами.

Неаллельные гены – это гены, расположенные в различных участках (локусах) хромосом и кодирующие неодинаковые белки. Неаллельные гены могут взаимодействовать между собой, когда один признак проявляется под действием совокупности нескольких генов.

Выделяют три формы взаимодействия неаллельных генов: комплементарность, эпистаз, полимерия.

К комплементарным, или дополняющим друг друга, генам относятся такие неаллельные гены, которые при совместном проявлении обусловливают развитие нового признака. На примере наследования окраски цветков у душистого горошка можно понять сущность комплементарного действия генов. При скрещивании двух растений с белыми цветками у гибридов F1 цветки оказались пурпурными. При самоопылении растений из F1 в F2 наблюдалось расщепле-

ние растений по окраске цветков в отношении, близком к 9:7. Пурпурные цветки были обнаружены у 9/16 растений, белые у 7/16.

Объяснение такого результата состоит в том, что каждый из доминантных генов не может вызвать появление окраски, определяемой пигментом антоцианом. У душистого горошка есть ген А, обусловливающий синтез бесцветного предшественника пигмента – пропигмента. Ген В определяет синтез фермента, под действием которого из пропигмента образуется пигмент. Цветки душистого горошка с генотипом aaBB и AAbb имеют белый цвет: в первом случае есть фермент, но нет пропигмента, во втором – есть пропигмент, но нет фермента, переводящего пропигмент в пигмент.

Комплементарное взаимодействие может давать не два, а три фенотипа. Это происходит в тех случаях, когда двойные рецессивные гомозиготы aabb по фенотипу отличаются от рецессивных гомозигот только по одному гену – aaBb, Aabb. В этом случае расщепление будет 9:6:1. Например, это наблюдается при наследовании формы плодов у тыквы:

Возможно и возникновение четырёх фенотипов. Например, при скрещивании кур с различной формой гребня.

Эпистаз – взаимодействие неаллельных генов, при котором один из них подавляется другим. Подавляющий ген называется эпистатичным, подавляемый – гипостатичным. Если эпистатичный ген не имеет собственного фенотипического проявления, то он называется ингибитором и обозначается буквой *I*.

Эпистатическое взаимодействие неаллельных генов может быть доминантным и рецессивным.

При доминантном эпистазе проявление гипостатичного гена (B, b) подавляется доминантным эпистатичным геном (I > B, b). Расщепление по фенотипу при доминантном эпистазе может происходить в соотношении 12:3:1, 13:3. Последний вариант возникает, когда рецессивная гомозигота по гипостатичному гену фенотипически неотличима от фенотипа I (например, обе формы неокрашены).

Рецессивный эпистаз – это подавление рецессивным аллелем эпистатичного гена в гомозиготном состоянии аллелей гипостатичного гена (ii > B, b). Расщепление по фенотипу может идти в соотношении 9:3:4, 9:7. Последний вариант возникает, когда рецессивная гомозигота по гипостатичному гену фенотипически неотличима от фенотипа ii (например, обе формы неокрашены).

Полимерия – взаимодействие неаллельных генов, при котором степень проявления признака зависит от количества генов. Полимерные гены обозначаются одинаковыми буквами, а аллели одного гена имеют одинаковый нижний индекс.

Например, у пшеницы А – тёмно-красный цвет зёрен, а – белый цвет зёрен. За цвет отвечают два гена – 1 и 2. Первый ген может быть представлен аллелями А1 и а1, второй – аллелями А2 и а2.

В зависимости от того, каких аллелей больше – А или а, оттенок зёрен будет изменяться.

Полимерное взаимодействие неаллельных генов может быть кумулятивным и некумулятивным. При кумулятивной (накопительной) полимерии сте-

пень проявления признака зависит от числа доминантных аллелей всех генов. Чем больше доминантных аллелей генов, тем сильнее выражен тот или иной признак.

При некумулятивной полимерии признак проявляется при наличии хотя бы одного из доминантных аллелей полимерных генов. Количество доминантных аллелей не влияет на степень выраженности признака. Расщепление по фенотипу происходит в соотношении 15:1 для двух генов, 63:1 для трёх генов и т. д. Например, цвет кожи у людей зависит от четырёх генов, поэтому от брака двух мулатов практически никогда не рождаются дети с белой кожей.

Ход работы. Перед выполнением лабораторной работы необходимо изучить теоретический материал темы.

Выполнение лабораторной работы включает в себя следующие этапы:

– ознакомиться с понятием о комплементарном взаимодействии генов: изучить исходные (родительские) растения по рассматриваемому признаку; установить характер наследования признака у растений F1; установить характер наследования признака в F2; выявить наличие факта комплементарного взаимодействия генов; определить соответствие фактически полученного в F2 расщепления теоретически ожидаемому;

– ознакомиться с понятием эпистаз: изучить родительские растения тыквы по окраске плода; проанализировать растения F1, по окраске плодов; проанализировать растения F2, по окраске плодов; установить характер расщепления и определить тип взаимодействия генов;

– ознакомиться с понятием полимерия: изучить родительские растения по окраске семян; изучить F1 по окраске семян, установить характер наследования окраски семян, выявить доминантный и рецессивный признаки; проанализировать F1 по окраске семян, установить характер наследования этого признака.

Выводы. Выводы к лабораторной работе должны основываться на результатах проведенных исследований и соответствовать теме и цели лабораторной работы.

Форма отчета по лабораторной работе. Отчет по лабораторной работе должен включать в себя: номер и название лабораторной работы, цель работы, краткий конспект теоретического материала по теме работы, результаты выполнения лабораторного задания в соответствие с ходом выполнения работы и вывод.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение понятию комплементарность.
2. Дайте определение понятию эпистаз.
3. Дайте определение понятию полимерия.
4. Как установить характер наследования признака у растений F1?
5. Как установить характер расщепления и определить тип взаимодействия генов в F2?

Лабораторная работа 6. Моделирование репликации ДНК и процессов транскрипции и трансляции у прокариот в норме и в различных типов генных мутации

Цель работы. Формирование знаний о методах получения мутаций у растений

Задание. Выполнение лабораторной работы включает в себя краткий конспект теоретического материала по теме работы, результаты выполнения лабораторного задания и вывод. При подготовке к защите лабораторной работы следует ответить на контрольные вопросы.

Оборудование и материалы. Письменные принадлежности; образцы растений в виде натуральных объектов; световой микроскоп, предметные и покровные стекла, препаровальные иглы, пинцеты.

Теоретический материал. Понятие о мутациях было введено в науку голландским ботаником де Фризом. Материальной основой генотипа являются хромосомы.

Мутации – это редкие случайно возникшие стойкие изменения генотипа, затрагивающие весь геном, целые хромосомы, их части или отдельные гены. Наряду с резкими наследственными отклонениями гораздо чаще встречаются небольшие мутации, лишь немногим отличающиеся от исходных форм.

Признаки мутаций – скачкообразный характер и наследуемость. Мутации совершаются в различных направлениях и сами по себе не являются приспособительными, полезными для организма изменениями. Многие возникающие мутации неблагоприятны для организма и даже могут вызвать его гибель. Большинство таких мутаций рецессивны. В сочетании с аллельным доминантным геном они фенотипически не проявляются. Но иногда происходят и доминантные мутации, снижающие жизнеспособность или даже вызывающие гибель организма. Различают несколько типов мутаций по характеру изменений генотипа.

Геномные мутации – это мутации, приводящие к изменению числа хромосом. Наиболее распространенным типом геномных мутаций является полиплодия. *Полиплодия* – кратное увеличение числа хромосом. Возникновение полиплоидов обычно связано с нарушением процессов митоза или мейоза. При митотическом делении хромосомы иногда не расходятся к полюсам и не образуют дочерних ядер, а остаются в том же ядре. Если этот процесс происходит не в половой, а в соматической клетке с диплоидным набором хромосом, то сразу возникает клетка, содержащая в два раза больше хромосом, чем диплоидная – тетраплоидная клетка. Она имеет, следовательно, вместо двух гаплоидных наборов четыре (4n). Если это наблюдается при мейозе, то конъюгирующие гомологичные хромосомы не расходятся к противоположным полюсам и возникают диплоидные гаметы. Если такая гамета при оплодотворении сольется с нормальной гаплоидной, то возникает триплоидная зигота (2n). Если обе гаметы окажутся диплоидными, то возникает тетраплоидная зигота (4n).

Полиплодия довольно часто наблюдается в природе у растений и очень редко встречается у животных. Полиплоиды у растений по сравнению с диплоидами часто характеризуются более мощным ростом, большим размером и массой семян

и плодов и т. п. Явление полиплодии широко используют на практике в работе по созданию высокопродуктивных сортов растений. Разработаны методы, позволяющие получать полиплоиды экспериментально, воздействуя на делящуюся клетку ядами, разрушающими веретено деления, но не препятствующими удвоению хромосом.

Среди полиплоидов различают формы, у которых несколько раз повторен один и тот же набор хромосом (автополиплоиды), а также полиплоиды, возникшие у межвидовой гибридизации и содержащие несколько разных наборов ромосом (аллополиплоиды). Примером аллополиплоида может служить мягкая пшеница (42 хромосомы) – основная продовольственная зерновая культура, которая является естественно возникшим гексаплоидом, т. е. содержит три пары геномов, каждый по семь хромосом.

Изменение числа хромосом в генотипе приводит к различным наследственным заболеваниям. Например, у человека добавление в генотип одной лишней хромосомы приводит к развитию врожденного заболевания – болезни Дауна, для которого характерны задержка умственного развития, нарушение работы сердца.

Хромосомные мутации связаны с видимыми преобразованиями хромосом. Например, перемещение части одной хромосомы на другую, ей негомологичную, поворот участка хромосомы и ряд структурных изменений отдельных хромосом и т. д. К основные типам хромосомных мутаций относятся:

1) нормальный порядок генов;
2) дупликация – удвоение участка;
3) делеция – нехватка участка;
4) инверсия – поворот участка на 180°;
5) транслокация – перемещение участка на негомологичную хромосому;
6) центрическое слияние – слияние негомологичных хромосом.

В качестве примера дупликации можно привести хорошо известную мутацию у дрозофилы, затрагивающую структуру глаза – полосовидные глаза. О наличии делеции в изучаемой хромосоме часто судят по проявлению рецессивных генов, находящихся в соответствующей зоне гомологичной хромосомы. Инверсия, «запирает» кроссинговер, так как перевернутый участок не образует пару с гомологичной хромосомой при мейозе. Поэтому инвертированный участок наследуется как целое (суперген). Инверсии, так же как транслокации, регистрируются при изучении мейоза, где отмечаются значительные отклонения от стандартной картины мейоза.

Хромосомные мутации приводят к изменению функционирования генов. Так же, как и полиплодия, они играют серьезную роль в эволюционных преобразованиях видов.

Генные мутации – это качественные изменения отдельных генов, не связанные с видимыми в микроскоп изменениями строения хромосом. Они наиболее распространены. Такие мутации связаны с преобразованием химической структуры ДНК, входящей в состав хромосом. Изменение последовательности нуклеотидов в хромосомной ДНК, выпадение одних и включение других нуклеотидов меняют состав образующейся на ДНК молекулы РНК, а это, в свою очередь, обуславливает новую последовательность аминокислот при синтезе белковой молекулы. В результате в клетке начинает синтезироваться новый белок, что приводит к

появлению у организма новых свойств. Генные мутации следует рассматривать как результат «ошибок», возникающих в процессе удвоения молекул ДНК.

Мутировать могут все гены, контролирующие развитие любого признака организма. Большинство генных мутаций вредно для организма, но некоторые из них в определенных условиях жизни могут становиться полезными.

Соматические мутации связаны с изменениями в строении (изменения нуклеотидов в молекуле ДНК) или числе хромосом в соматических клетках. Они приводят к изменению признака только части организма, развивающегося из измененных клеток. Чем раньше в ходе индивидуального развития возникает соматическая мутация, тем большим оказывается участок тела, несущий мутантный признак (измененную окраску, форму или другое свойство). У животных соматические мутации не передаются последующим поколениям, поскольку из соматических клеток новый организм не возникает. У растений, использующих бесполое или вегетативное размножение, соматические мутации могут иметь важное значение, особенно для селекции, поскольку вновь возникшая соматическая мутация может быть очень широко размножена и в этом отношении она становится подобной генеративной мутации.

Генеративные мутации возникают в клетках половых зачатков и зрелых половых клетках.

Особая группа мутаций сводится к появлению лишних или утере некоторых хромосом. Такие изменения в хромосомном составе происходят при нарушении в силу каких-либо причин нормального хода мейоза, когда вместо нормального распределения хромосом между дочерними клетками обе гомологичные хромосомы оказываются в одной клетке. Обычно такого рода нарушения снижают жизнеспособность организма.

Цитоплазматические мутации затрагивают пластиды. В 1908 г. исследовалось явление пестролистности у растения ночная красавица. При опылении пестролистных растений пыльцой растений с зелеными листьями гибридные растения имели пестрые листья. При опылении растений с зелеными листьями пыльцой растений с пестрыми листьями гибриды имели зеленые листья. В данном случае передача признаков происходит по женской линии. Яйцеклетка содержит пластиды, а в спермиях их нет. Поэтому окраска гибридных особей определяется особенностями яйцеклеток. Кроме того, мутации возможны и в митохондриях.

Основные положения мутационной теории:

1) мутации – это дискретные изменения наследственного материала;

2) мутации – редкие события;

3) мутации могут устойчиво передаваться из поколения в поколение;

4) мутации возникают ненаправленно (спонтанно) и, в отличие от модификаций, не образуют непрерывных рядов изменчивости;

5) мутации могут быть вредными, полезными и нейтральными.

Причины мутаций. Способность к мутированию – одно из основных свойств гена. Каждая отдельная мутация вызывается какой-то причиной. Однако в большинстве случаев эти причины остаются неизвестными. Доподлино известно, что мутации связаны с изменениями во внешней среде.

Ход работы. Перед выполнением лабораторной работы необходимо изучить теоретический материал темы.

Выполнение лабораторной работы включает в себя следующие этапы:

– ознакомиться с методами получения мутаций у растений: провести предпосевную обработку мутагеном семена ячменя сорта Винер;

– ознакомиться с типами структурных изменений хромосом и методами их изучения: определить митотическую активность в меристеме корешков лука-батуна после обработки мутагеном и сравнить с контролем; установить наличие и процент аберраций хромосом у мутантов; определить типы аберраций;

– ознакомиться методами получения полиплоидов: провести колхицинирование проростков ржи; подсчитать число хромосом на препаратах, приготовленных из точек роста проростков.

Выводы. Выводы к лабораторной работе должны основываться на результатах проведенных исследований и соответствовать теме и цели лабораторной работы.

Форма отчета по лабораторной работе. Отчет по лабораторной работе должен включать в себя: номер и название лабораторной работы, цель работы, краткий конспект теоретического материала по теме работы, результаты выполнения лабораторного задания в соответствие с ходом выполнения работы и вывод.

Контрольные вопросы

1. Какие методами получения мутаций у растений применяются в генетике и селекции?
2. Типы структурных изменений хромосом.
3. Как определить типы аберраций.
4. Какие методы применяются для получения полиплоидов?
5. Как проводится колхицинирование проростков ржи?

Лабораторная работа 7. Определение частот аллелей и генотипов в популяции

Цель работы. Формирование знаний об особенностях определения частот аллелей и генотипов в популяции

Задание. Выполнение лабораторной работы включает в себя краткий конспект теоретического материала по теме работы, результаты выполнения лабораторного задания и вывод. При подготовке к защите лабораторной работы следует ответить на контрольные вопросы.

Оборудование и материалы. Письменные и чертежные принадлежности.

Теоретический материал. В процессе эволюции живых организмов ясно прослеживается тенденция к той или иной форме интеграции, которая проявляется, начиная с молекулярного уровня организации и заканчивается биосферным. Интеграция позволяет осуществлять разделение функций между отдельными элементами системы, что делает саму систему более лабильной, жизне-

способной и экономичной. Один из уровней интеграции, существующий между индивидуумом и видом, представлен популяцией.

Популяция – это группа особей одного вида, объединенных общим местом обитания. Она складывается под влиянием условий существования на основе взаимодействия трех факторов: наследственности, изменчивости и отбора. Особи внутри популяции обладают сходной системой приспособлений к условиям среды и из поколения в поколение воспроизводят основные адаптивные признаки.

Популяция является основной единицей эволюции. На эту роль популяция вышла благодаря следующим особенностям:

1. Популяция — самовоспроизводящаяся система, способная к длительному существованию во времени и пространстве, в отличие от индивидуума, жизнь которого ограничена узкими временными рамками и который может не оставить потомства. В основе воспроизводства популяции лежит процесс размножения составляющих ее особей.

2. Популяция является полномочным представителем вида, так как ее генофонд включает все основные гены видового уровня. В то же время в ней испытываются новые гены и их комбинации, за счет чего происходит обогащение видового генофонда.

3. Популяции в результате скрещиваний осуществляется обмен генетической информацией между особями, который изменяет генотипическую структуру популяции, позволяя ей адекватно реагировать на разнообразные воздействия.

Основными характеристиками популяции являются: ее генофонд, численность, ареал и генотипическая структура. Все они динамичны, подвержены временным, иногда очень значительным, колебаниям. Динамические процессы, приводящие к изменению генетической структуры старых и формированию новых популяций, обозначают термином микроэволюция.

Большинство популяций животных и растений складываются на основе свободного скрещивания особей – панмиксии. Это так называемые менделевские, или панмиктические, популяции раздельнополых животных и растений-перекрестников, в которых осуществляется постоянный обмен генетической информацией между ее членами. Иной тип популяций образуют организмы, которым свойственно самооплодотворение или вегетативное размножение. В этом случае обмен генами между особями либо полностью исключен, либо затруднен. Это так называемые закрытые популяции (растения-самоопылители, животные-гермафродиты), которые складываются как группы особей одного вида, имеющие общее происхождение, общий генофонд и общую систему адаптаций. И, наконец, промежуточный тип характерен для популяций растений, в которых самоопыление чередуется с перекрестным, а половое размножение с апомиксисом (факультативные апомикты) или вегетативным размножением. Такие популяции обычно характеризуются сложной генетической структурой.

Особое положение в живой природе занимают популяции человека. Действие биологических факторов, изменяющих генетическую структуру популя-

ции, в первую очередь естественного отбора, изменено в результате деятельности самого человека. С помощью достижений науки, культуры, этики и медицины человек вносит существенные коррективы в процесс конструирования популяций, стремясь свести до минимума риск распространения «вредных» генов. Однако существование человеческих популяций подчиняется тем же законам, которые действуют в других популяциях.

Основной закон генетики популяций был сформулирован в 1908 г. математиком Дж. Г. Харди в Англии и врачом В. Вайнбергом в Германии, независимо друг от друга, на основе данных, относящихся к популяциям человека. Главный постулат этого закона сводится к тому, что частота гена не изменяется от поколения к поколению, а распределение генотипов в каждом поколении соответствует формуле бинома Ньютона, т. е. определяется возведением в квадрат суммы частот двух аллелей.

Рассмотрим процедуру выведения этого закона. Возьмем достаточно большую по численности менделевскую популяцию, в которой присутствуют два аллеля одного гена: А и а. В такой популяции будут встречаться три генотипа: АА, Аа и аа. Обозначим частоту доминантного аллеля через p, а рецессивного через q. В случае свободного комбинирования гамет А и а частота каждого из трех генотипов будет равна: АА = $p \cdot p = p^2$; аа = $q \cdot q = q^2$. Генотип Аа может возникнуть двумя путями: получив ген А – от матери, а ген а от отца, или же наоборот. Вероятность каждого из них равна pq, и, таким образом, общая частота генотипа Аа = $pq + pq = 2pq$.

Особи с генотипом АА будут образовывать один тип гамет с геном А с частотой p^2. У особей с генотипом Аа будут формироваться два типа гамет: половина с А (pq) и половина с а (pq). Особи с генотипом аа дадут все гаметы одного типа с геном а с частотой q^2. Общая частота гамет с геном А, таким образом, будет равна $p^2 + pq = p(p + q) = 1 = p$, а гамет с геном а: $q^2 + pq = q(q + p) = q \cdot 1 = q$.

Следовательно, частота гамет, а значит и структура популяции (соотношение разных генотипов) в ней и в следующем поколении будут такими же. В этом случае говорят, что популяция находится в состоянии равновесия.

Закон Харди-Вайнберга имеет фундаментальное значение. Его формула позволяет рассчитывать частоту разных генотипов в популяции на основании фенотипического анализа.

Одно из интересных следствий, которое вытекает из закона Харди-Вайнберга, состоит в том, что редкие гены присутствуют в популяции в основном в гетерозиготном состоянии. Так, если частота рецессивного аллеля $q = 0{,}01$, то частота его у гомозигот $q^2 = 0{,}0001$, а частота у гетерозигот $pq = 0{,}01 \cdot 0{,}99 \approx 0{,}01$, т. е. в гетерозиготном состоянии находится в 100 раз больше аллелей, чем в гомозиготном.

Из этого следует вывод, что устранить вредную рецессивную мутацию из популяции практически невозможно: всегда будет существовать зона гетерозигот, где она будет прятаться под прикрытием доминантного гена.

Формула Харди–Вайнберга применима для расчетов при следующих условиях:

1) если учитывается одна пара аллелей;

2) спаривание особей и сочетание гамет осуществляется случайно, т. е. нет ограничений на панмиксию;

3) мутации происходят настолько редко, что ими можно пренебречь;

4) популяция достаточно многочисленна;

5) особи с разными генотипами имеют одинаковую жизнеспособность.

Перечисленным условиям вряд ли может соответствовать хотя бы одна природная популяция. Закон справедлив для так называемой идеальной популяции. Но это ничуть не умаляет его значения. В жизни каждой популяции существуют периоды, когда она находится в состоянии равновесия по частотам отдельных генов. И если это равновесие по какой-либо причине нарушается, то популяция его достаточно быстро восстанавливает.

Ход работы. Перед выполнением лабораторной работы необходимо изучить теоретический материал темы.

Выполнение лабораторной работы включает в себя следующие этапы:

– определить частоты различных генотипов в популяции в последующих поколениях при панмиксии с учетом диаллельной схемы;

– составить искусственные популяции сортов сахарной свеклы и других культур.

Выводы. Выводы к лабораторной работе должны основываться на результатах проведенных исследований и соответствовать теме и цели лабораторной работы.

Форма отчета по лабораторной работе. Отчет по лабораторной работе должен включать в себя: номер и название лабораторной работы, цель работы, краткий конспект теоретического материала по теме работы, результаты выполнения лабораторного задания в соответствие с ходом выполнения работы и вывод.

Контрольные вопросы:

1. Как определить долю гомозигот и гетерозигот в популяции?

2. Как определить частоту аллелей А и а в популяции?

3. Сформулируйте и поясните закон Харди–Вайнберга.

4. Как определяются частоты различных генотипов в популяции в последующих поколениях при панмиксии с учетом диаллельной схемы?

5. Как составляются искусственные популяции сортов культурных растений?

2. ТРЕБОВАНИЯ К ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Студент обязан соблюдать действующие в университете правила внутреннего распорядка. Соблюдать действующие Правила пожарной безопасности.

Перед началом лабораторной работы студент должен занять место в аудитории согласно расписанию занятий, на столе должны находиться только предметы необходимые для выполнения лабораторной работы.

Во время выполнения лабораторной работы студент должен находиться на своем месте, не допускается хождение по аудитории. Запрещено заниматься посторонними делами, не связанными с учебным процессом (разговаривать, принимать пищу).

При выполнении лабораторной работы пользоваться только исправными приборами, материалами и электроарматурой; не оставлять без присмотра включенное оборудование и электроприборы.

При выполнении лабораторных работ с использованием химических реактивов студент обязан соблюдать правила безопасности: при работе с лабораторной посудой; при работе со спиртовкой и сухим горючим; при работе с химическими реактивами.

Выполнение лабораторных исследований проводится в точном соответствии с утвержденными методиками.

При работе с химическими реактивами студент должен обязательно пользоваться индивидуальными средствами защиты (халат, резиновые перчатки, защитные очки).

При обнаружении неисправного лабораторного оборудования, химических реактивов с истекшим сроком годности и (или) получения травмы в ходе выполнения лабораторной работы студент обязан немедленно сообщить об этом преподавателю.

В случае нарушения требований техники безопасности студент отстраняется от выполнения лабораторной работы.

3. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ТЕКУЩЕЙ АТТЕСТАЦИИ

Лабораторные работы предусмотрены для оценивания поэтапного формирования результатов освоения дисциплины.

Целью лабораторных работ является формирование умений и навыков по освоению методик работы по общей генетике.

В ходе выполнения лабораторных работ у обучающихся должны сформироваться практические умения и навыки, которые могут составлять часть профессиональной подготовки. По результатам выполнения лабораторной работы студент должен защитить свои теоретические и практические знания.

Критерии оценки устного ответа на контрольные вопросы следующие.

«5» (отлично): обучающийся демонстрирует системные теоретические знания, владеет терминологией, делает аргументированные выводы и обобщения, приводит примеры, показывает свободное владение монологической речью и способность быстро реагировать на уточняющие вопросы.

Обучающийся:

– на высоком уровне способен организовать свою работу ради достижения поставленных целей;

– на высоком уровне способен работать самостоятельно;

– на высоком уровне способен к познавательной деятельности;

– на высоком уровне способен применять на практике навыки проведения и описания исследований, в том числе экспериментальных;

– на высоком уровне способен проводить исследования в области общей генетики, обрабатывать полученные результаты;

– на высоком уровне способен ориентироваться в основных проблемах общей генетики.

«4» (хорошо): обучающийся демонстрирует системные теоретические знания, владеет терминологией, делает аргументированные выводы и обобщения, приводит примеры, показывает свободное владение монологической речью, но при этом делает несущественные ошибки, которые быстро исправляет самостоятельно или при незначительной коррекции преподавателем.

Обучающийся:

– на базовом уровне способен организовать свою работу ради достижения поставленных целей;

– на базовом уровне способен работать самостоятельно;

– на базовом уровне способен к познавательной деятельности;

– на базовом уровне способен применять на практике навыки проведения и описания исследований, в том числе экспериментальных;

– на базовом уровне способен проводить исследования в области общей генетики, обрабатывать полученные результаты;

– на базовом уровне способен ориентироваться в основных проблемах общей генетики.

«3» (удовлетворительно): обучающийся демонстрирует неглубокие теоретические знания, проявляет слабо сформированные навыки анализа явлений и процессов, недостаточное умение делать аргументированные выводы и приводить примеры, показывает недостаточно свободное владение монологической речью, терминологией, логичностью и последовательностью изложения, делает ошибки, которые может исправить только при коррекции преподавателем.

Обучающийся:

– на пороговом уровне способен организовать свою работу ради достижения поставленных целей;

– на пороговом уровне способен работать самостоятельно;

– на пороговом уровне способен к познавательной деятельности;

– на пороговом уровне способен применять на практике навыки проведения и описания исследований, в том числе экспериментальных;

– на пороговом уровне способен проводить исследования в области общей генетики, обрабатывать полученные результаты;

– на пороговом уровне способен ориентироваться в основных проблемах общей генетики.

«2» (неудовлетворительно): обучающийся демонстрирует незнание теоретических основ предмета, не умеет делать аргументированные выводы и приводить примеры, показывает слабое владение монологической речью, не владеет терминологией, проявляет отсутствие логичности и последовательностью изложения, делает ошибки, которые не может исправить, даже при коррекции преподавателем. Отказывается отвечать на поставленные вопросы.

Обучающийся:

– на низком уровне способен организовать свою работу ради достижения поставленных целей;

– на низком уровне способен работать самостоятельно;

– на низком уровне способен к познавательной деятельности;

– на низком уровне способен проводить исследования в области экологических проблем ландшафтного дизайна, обрабатывать полученные результаты;

– на низком уровне способен проводить исследования в области экологических проблем общей генетики, обрабатывать полученные результаты;

– на низком уровне способен ориентироваться в основных проблемах общей генетики.

4. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Основная литература

1. Дубинин, Н. П. Общая генетика / Н. П. Дубинин. – Москва: Издательство наука, 1986. – 560 с.

2. Инге-Вечтомов, С. Г. Генетика с основами селекции / С. Г. Инге-Вечтомов. – Санкт-Петербург: Изд-во Н-Л, 2015. – 720 с.

Дополнительная литература

1. Лутова, Л. А. Генетика развития растений: учебник для студентов высших учебных заведений / Л. А. Лутова, Т. А. Ежова, И. Е. Додуева, М. А. Осипова; ред. С. Г. Инге-Вечтомов. – Санкт-Петербург: Изд-во Н-Л, 2010. – 432 с.

2. Карманова, Е. П. Практикум по генетике: учеб. пособие для вузов / Е. П. Карманова, А. Е. Болгов, В. И. Митютько. – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 228 с.

Локальный электронный методический материал

Александр Иванович Юсов

ОБЩАЯ ГЕНЕТИКА

Редактор С. Кондрашова
Корректор Т. Звада

Уч.-изд. л. 2,1. Печ. л. 1,6.

Федеральное государственное
бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Калининградский государственный технический университет»,
236022, Калининград, Советский проспект, 1