

**ФГБОУ ДО «Федеральный центр дополнительного образования и организации отдыха и оздоровления детей»
ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова»
ГАОУ ДПО «Владимирский институт развития образования имени Л.И. Новиковой»**

2021

Материалы конференции реализации проекта «Организационно-методическое сопровождение по созданию и реализации дополнительных общеобразовательных программ в области генетики»

(Москва, 2021 г.)



Сборник трудов конференции

УДК 575
ББК 28.04
О 64

О 64 Организационно-методическое сопровождение по созданию и реализации дополнительных общеобразовательных программ в области генетики. Материалы конференции реализации проекта (Москва, 2021 г.) // Материалы конференции — М.: Мир науки, 2021. — Режим доступа: <https://izd-mn.com/PDF/54MNNPK21.pdf> — Загл. с экрана.

ISBN 978-5-6047491-6-6

Сборник подготовлен в рамках реализации в 2021 г. проекта «Организационно — методическое сопровождение по созданию и реализации дополнительных общеобразовательных программ в области генетики» на базе ФГБОУ ДО ФЦДО г. Москвы.

Методические рекомендации предназначены для педагогов, реализующих дополнительные общеобразовательные программы в области генетики, для методистов образовательных учреждений, курирующих работу по организации образовательного процесса в данном направлении и для специалистов, организующих работу лабораторий соответствующего профиля.

Сборник содержит необходимый инструментарий для создания и реализации дополнительных общеобразовательных программ: образцы программ, лабораторный практикум и дидактические материалы. Дополнением к учебно-методическому комплексу стали эссе педагогов и школьников, выполненные в процессе апробации представляемых программ. Эссе раскрывают ценностные ориентиры, которые обосновывают значимость данного проекта.

ISBN 978-5-6047491-6-6

- © Коллектив авторов
- © ФГБОУ ДО «Федеральный центр дополнительного образования и организации отдыха и оздоровления детей»
- © ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова»
- © ГАОУ ДПО «Владимирский институт развития образования имени Л.И. Новиковой»
- © ООО Издательство «Мир науки», 2021

Авторы вступительных статей

Козин Игорь Владимирович — директор Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения дополнительного образования «Федеральный центр дополнительного образования и организации отдыха и оздоровления детей».

Заварзин Алексей Алексеевич — кандидат биологических наук, заместитель директора Федерального исследовательского центра «Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР)» по научно-организационной работе.

Полякова Виктория Александровна — проректор по информатизации Государственного автономного образовательного учреждения дополнительного профессионального образования «Владимирский институт развития образования имени Л.И. Новиковой».

Составитель сборника

Федосеева Дарья Николаевна — педагог дополнительного образования Детского технопарка «Кванториум-33», ГАОУ ДПО ВО «Владимирский институт развития образования имени Л.И. Новиковой».

Оглавление

Предисловие

- | | | |
|---|---|---|
| 1 | Вступительная статья
<i>(Козин Игорь Владимирович)</i> | 6 |
| 2 | Вступительная статья
<i>(Полякова Виктория Александровна)</i> | 9 |

Программное обеспечение проекта «Организационно-методическое сопровождение по созданию и реализации дополнительных общеобразовательных программ в области генетики»

- | | | |
|---|--|-----|
| 3 | Дополнительная общеразвивающая программа «Генетические технологии»
<i>(Лешин Александр Анатольевич — автор программы)</i> | 11 |
| 4 | Дополнительная профессиональная программа повышения квалификации «Генетика и генетические технологии растений»
<i>(Лешин Александр Анатольевич, Федосеева Дарья Николаевна — авторы программы)</i> | 106 |
| 5 | Дополнительная общеразвивающая программа «Генетика с основами генной инженерии и биоинформатики»
<i>(Федосеева Дарья Николаевна — автор программы)</i> | 128 |
| 6 | Дополнительная образовательная общеразвивающая программа «Генетика с основами генной инженерии и биоинформатики» (проектная группа)
<i>(Федосеева Дарья Николаевна — автор программы)</i> | 139 |

Методическое обеспечение проекта «Организационно-методическое сопровождение по созданию и реализации дополнительных общеобразовательных программ в области генетики»

- | | | |
|----|--|-----|
| 7 | Лабораторный практикум к дополнительной образовательной программе «Генетика и генетические технологии растений»
<i>(Лешин Александр Анатольевич)</i> | 36 |
| 8 | Образовательные кейсы к дополнительным общеобразовательным программам в области
<i>(Лешин Александр Анатольевич)</i> | 84 |
| 9 | Методические рекомендации по проведению Всероссийских уроков генетики для среднего и старшего школьного возраста (14–18 лет): «Генетика: история и будущее»; «Генетика растений и продовольственная безопасность»
<i>(Мария Валентиновна Севастьянова, Никита Сергеевич Севастьянов)</i> | 149 |
| 10 | Всероссийский конкурс «Геном 15+». Задания и ответы
<i>(Николай Александрович Подгузов)</i> | 201 |
| 11 | Лабораторная работа «Экстракция суммарной ДНК в школьной лаборатории»
<i>(Федосеева Дарья Николаевна)</i> | 231 |

Лаборатория генетических лабораторий

Инфраструктурный лист лаборатории генетических технологий <i>(Специалисты ФГБНУ «Федерального исследовательского центра Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова» — составители)</i>	222
Общие правила техники безопасности в лаборатории генетических технологий <i>(Семен Сергеевич Сабинин — составитель)</i>	225
 <i>Эссе педагогов и школьников, принявших участие в реализации проекта «Организационно-методическое сопровождение по созданию и реализации дополнительных общеобразовательных программ в области генетики»</i>	
Как вовлечь школьников в изучение генетических технологий <i>(Агапова Ирина Борисовна, Агапов Андрей Викторович)</i>	118
Как вовлечь школьников в изучение генетических технологий <i>(Глазунова Елена Джемсовна)</i>	120
Пути внедрения углубленного изучения генетики в образовательные учреждения <i>(Голосная Анна Владимировна)</i>	122
Особенности и пути адаптации школьной лаборатории для проведения курсов углубленного изучения генетики <i>(Икко Наталья Викторовна)</i>	124
Особенности и пути адаптации школьной лаборатории для проведения курсов углубленного изучения генетики <i>(Русских Иван Анатольевич)</i>	126
Палеогенетика <i>(Шелепова Илария)</i>	213
Генетика в современной пищевой промышленности <i>(Хубян Жанна)</i>	215
Генетика и фармацевтика <i>(Жильцова Ксения)</i>	217
Эволюция генетики как науки <i>(Болдина Алина)</i>	218
Вопросы генетики в фантастике <i>(Ковалев Андрей)</i>	219
Мифы нашего времени: ГМО <i>(Кабелюк Наталья)</i>	220

Вступительная статья

Важная, а по сути стратегическая задача — вдохновить подрастающее поколение стать первопроходцами в сфере генетики...

*Поручение Президента Российской Федерации
В.В. Путина Правительству Российской Федерации от
06 июля 2020 года по развитию отечественной генетики*

6 июля 2020 года Президент Российской Федерации В.В. Путин дал поручение Правительству Российской Федерации по развитию отечественной генетики, которое позволит удовлетворить потребность в обеспечении продовольственной безопасности и продовольственной независимости России, снижении технологических рисков в агропромышленном комплексе и осуществить переход к высокопродуктивному экологически чистому агро- и аквахозяйству.

Перед образовательным сообществом были поставлены следующие задачи:

- вдохновить подрастающее поколение вывести отечественную генетику на качественно новый уровень;
- запустить отдельные учебные классы и дисциплины (модули) по генетике для общеобразовательных организаций дополнительного образования детей;
- организовать повышение квалификации педагогических работников общеобразовательных организаций и организаций дополнительного образования в области генетики;
- обеспечить возможность школьникам и педагогам работать на самом современном оборудовании для решения сложных исследовательских задач.

Для исполнения данного поручения федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение дополнительного образования «Федеральный центр дополнительного образования и организации отдыха и оздоровления» (далее — ФГБОУ ДО ФЦДО) при непосредственном участии Федерального исследовательского центра Всероссийского института растениеводства имени Н.И. Вавилова (далее — ВИР) и при поддержке Департамента государственной политики в сфере воспитания, дополнительного образования и детского отдыха в 2021 году реализует проект «Организационно-методическое сопровождение по созданию и реализации дополнительных общеобразовательных программ в области генетики».

Цель проекта — создание и развитие на базе ФГБОУ ДО ФЦДО учебной лаборатории, обеспечивающей учебно-исследовательскую деятельность обучающихся в области генетики и генетических технологий, а также подготовку педагогических кадров для реализации образовательных программ в данной области.

Целевая аудитория проекта — обучающиеся общеобразовательных учреждений и учреждений дополнительного образования (14–18 лет), педагогические работники ДОД и общеобразовательных учреждений Российской Федерации.

Приоритетная задача — выявить и вовлечь талантливых детей и педагогов, интересующей данной темой, в изучение и освоение генетических технологий и их практическое применение.

Благодаря сотрудничеству с ВИРОм, была определена ключевая тема работы лаборатории в 2021 году — Генетика растений.

Ядром проекта ФГБОУ ДО ФЦДО стало создание лаборатории генетических технологий.

В рамках реализации национального проекта «Успех каждого ребёнка» генетическая лаборатория позволила создать образовательное пространство, объединяющее школу, дополнительное образование, высшее образование, научные учреждения и высокотехнологическое производство. Функционирование лаборатории позволит обучающемуся выбрать свой образовательный вектор, получить необходимые знания, определиться с выбором будущей профессии, связанной с генетическими технологиями, а затем применить полученные знания и навыки как в проведении научных исследований, так и в работе на производстве, в секторе сельского хозяйства.

Совместно с сотрудниками ВИРа был разработан учебно-методический комплекс для обучающихся по дополнительной общеобразовательной программе естественнонаучной направленности «Генетические технологии» для апробации на базе лаборатории генетических технологий ФГБОУ ДО ФЦДО и дальнейшего тиражирования в общеобразовательных организациях и организациях дополнительного образования детей.

Для обеспечения функционирования лаборатории ведущими специалистами ВИРа разработана дополнительная общеобразовательная программа «Генетические технологии» для обучающихся в возрасте 13–18 лет на 72 часа, предусматривающая разные форматы обучения: очный, дистанционный, с обязательным включением самостоятельной работы обучающихся и промежуточных и итоговой аттестации в форме защиты исследовательских проектов по направлениям работы лаборатории.

Также совместно со специалистами ВИР и педагогом дополнительного образования детского технопарка «Кванториум-33» ГАОУ ДПО ВО Владимирского института развития образования имени Л.И. Новиковой Федосеевой Д.Н. разработана дополнительная профессиональная программа «Генетические технологии» для проведения курсов повышения квалификации учителей и педагогов дополнительного образования естественно-научного профиля.

Также в УМК вошли:

- образовательные кейсы по теме «Генетические технологии»;
- лабораторный практикум для организации образовательной деятельности по программе «Генетические технологии».

Обучение по дополнительной профессиональной программе «Генетические технологии» в октябре — декабре 2021 года прошло 118 педагогов из 45 субъектов Российской Федерации.

По итогам обучения слушатели, прошедшие аттестацию (тестирование и написание эссе), получили удостоверение о повышении квалификации установленного образца

В целях создания условий для профессионального самоопределения российских школьников через стимулирование интереса к генетике и овладение основными генетическими технологиями 23 апреля 2021 года был проведен Всероссийский урок генетики.

Задачи Всероссийского урока генетики — вовлечение обучающихся в генетические технологии и исследования, популяризация знаний и исследований в сфере генетических технологий и повышение естественнонаучной грамотности обучающихся. Специалистами ФГБОУ ДО ФЦДО подготовлены методические рекомендации, дидактические материалы, мультимедийные презентации и видеоролики к Всероссийскому уроку генетики по двум темам:

Генетика: история и будущее;

Генетика растений и продовольственная безопасность.

В уроке приняли участие 450 тысяч обучающихся из 15 тысяч образовательных организаций 70 субъектов Российской Федерации.

С 29 ноября по 3 декабря 2021 года в рамках проекта проведен Всероссийский конкурс по генетике «Геном 15+».

Цель конкурса — выявление обучающихся с повышенными познавательными интересами к новым современным знаниям, научным исследованиям, проблемам и способам их решения в генетике и сопредельных ей биологических науках (микробиология, молекулярная биология, биохимия).

Особенностью теоретической части конкурса стали задания, основанные на знаниях из области генетики и требующие для решения применения логического и ассоциативного мышления.

В конкурсе приняли участие обучающиеся общеобразовательных организаций и организаций дополнительного образования в возрасте от 15 до 18 лет. Конкурс получил высокую оценку педагогического сообщества.

Представляем вашему вниманию, подготовленный по итогам реализации проекта в 2021 году, сборник методических рекомендаций по организации изучения генетических технологий. Надеемся, что сборник станет методической основой для тиражирования результатов проекта в регионы РФ.

В регионах школьники смогут продолжить свое знакомство с генетическими технологиями в общеобразовательных организациях, а также в учреждениях дополнительного образования, например в детских технопарках «Кванториум», в Домах научной коллаборации и на Экостанциях.

Проект живет, расширяется и развивается! Уже запланированы перспективные направления работы над проектом в 2022 году:

- организация образовательной, исследовательской и просветительской деятельности на базе лаборатории генетических технологий;
- продолжение обучения педагогов на курсах повышения квалификации «Генетические технологии»;
- проведение III Научно-практической конференции «Вовлечение школьников в учебно-исследовательскую деятельность», где будут представлены результаты научно-исследовательской деятельности на базе лаборатории, а также презентации опыта работы образовательных учреждений.

Приглашаем к сотрудничеству все образовательные учреждения регионов по вопросам развития генетических технологий в Российской Федерации.

Козин Игорь Владимирович
ФГБОУ ДО «Федеральный центр дополнительного образования
и организации отдыха и оздоровления детей», Москва, Россия
Директор
Кандидат экономических наук

Вступительная статья

Проект «Организационно-методическое сопровождение по созданию и реализации дополнительных общеобразовательных программ в области генетики» решает крайне важную задачу создания условий для учебно-исследовательской деятельности школьников в области генетики и генетических технологий, а также подготовку педагогических кадров для реализации образовательных программ в данной области.

При этом решение этой задачи должно благополучно пройти «между Сциллой и Харибдой»: с одной стороны, программные материалы должны обеспечивать высокий научный уровень освоения знаний в области генетики, с другой стороны, быть доступными и интересными подросткам. Вторая трудность, которая неизбежно возникает в процессе внедрения проекта в школьном и дополнительном образовании, — это уровень подготовленности и готовности учителей и педагогов дополнительного образования к работе с непростым научным материалом.

Предлагаемый вниманию читателей сборник можно рассматривать как первый удачный шаг на пути решения возникающих проблем. «Просто о сложном» — вот основной принцип материалов, представленных в сборнике.

Дополнительная общеразвивающая программа «Генетические технологии» (для обучающихся 14–18 лет, 72 часа) и комплект образовательных кейсов, разработанные Александром Анатольевичем Леншиным, ведущим специалистом отдела управления проектами ФБГНУ ВИР (г. Санкт-Петербург), обеспечивают не только освоение учебного материала на высоком научном уровне, но и нацелены на гармоничное развитие личности школьника, формирование элементов функциональной грамотности, мотивируют к осознанному выбору профессии.

Высокую эффективность показала апробация дополнительно профессиональной программы повышения квалификации «Генетика и генетические технологии растений», разработанная Александром Анатольевичем Леншиным в соавторстве с педагогом дополнительного образования по направлению «Биоквантум» детского технопарка «Кванториум-33» ГАОУ ДПО ВО ВИРО Дарьей Николаевной Федосеевой (36 часов). Применение дистанционных технологий при реализации программы способствует также развитию цифровой грамотности педагогов, расширяет опыт и практику дистанционного обучения.

Важным подспорьем для педагога является лабораторный практикум к дополнительной образовательной программе «Генетика и генетические технологии растений», включающий 10 лабораторных работ, который обеспечивает знакомство учащихся с практическими приемами осуществления *in vitro* сохранения вегетативно размножаемых культур. Имея под рукой подробное руководство к действию, учитель сможет подобрать оборудование, необходимые материалы и реактивы биотехнологической лаборатории для каждого конкретного занятия, познакомить ребят с правилами работы и использования лаборатории, ключевыми понятиями темы, понять алгоритм своих действий и деятельности обучающихся. Методическую помощь на этапе погружения в материал для учителя окажут примерные вопросы для актуализации знаний, закрепления темы, подведения итогов работы, а также дополнительные задания и список литературы.

Тщательно выверенный и продуманный инфраструктурный лист оснащения лаборатории генетических исследований позволит правильно и своевременно принять необходимые управленческие решения.

Иными словами, каждый из участников проекта (педагоги, методисты, руководители и управленцы) найдет в сборнике те материалы, которые помогут ему достойно выполнить отведенную в проекте роль: создать материальные условия, подобрать кадры, освоить содержание и методику реализации учебных программ.

Таким образом, появление сборника как своего рода итога работы по проекту в 2021 году способствует созданию единой информационной и организационной среды для реализации дополнительных общеобразовательных программ в области генетики, обеспечивает благоприятные условия для создания генетических лабораторий на местах, апробации и реализации дополнительных общеобразовательных программ по генетике, а также дополнительных профессиональных программ повышения квалификации педагогов.

Первые шаги сделаны. Уверенного и успешного продвижения по начатому пути!

Полякова Виктория Александровна
*ГАОУ ДПО «Владимирский институт развития образования
имени Л.И. Новиковой», Владимир, Россия
Проректор по информатизации*

Дополнительная общеразвивающая программа «Генетические технологии»

Министерство просвещения Российской Федерации
Федеральное государственное образовательное учреждение дополнительного
образования "Федеральный центр дополнительного образования и организации
отдыха и оздоровления детей"
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный
исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений
имени Н.И. Вавилова» (ВИР)

СОГЛАСОВАНО Протокол Педагогического совета от «15» сентября 2021 г. № 6	УТВЕРЖДАЮ Директор ФГБОУ ДО ФЦДО И.В. Козин «15» сентября 2021 г.
---	---



ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ОБЩЕРАЗВИВАЮЩАЯ ПРОГРАММА «ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ»

Направленность: естественнонаучная

Для обучающихся: 14-18 лет

(72 ч.)

Автор программы:
Леншин Александр Анатольевич
ведущий специалист
отдела управления проектами ВИР

Санкт-Петербург, 2021

Раздел 1. Комплекс основных характеристик программы

Пояснительная записка

Актуальность программы

Программа предусматривает получение знаний о генетических и фундаментальных основах агробиотехнологии, формирует понимание значимости биотехнологических подходов для сохранения и расширения генетического разнообразия культурных растений и их диких родичей, позволяет овладеть основными навыками современных молекулярно-генетических методов, а также биотехнологических методов сохранения и оздоровления растений.

Освоение программы поможет обучающимся применять новые полученные знания при подготовке и участии в олимпиадах различного уровня, разовьет их нестандартное мышление и креативный подход в решении практических задач, поможет при подготовке к поступлению в ВУЗы соответствующего профиля. Данная программа даст возможность обучающимся сформировать представление о генетических и междисциплинарных направлениях и сделать в будущем верный профессиональный выбор.

Программа разработана в соответствии с требованиями нормативно-правовых актов:

1. Федеральный Закон от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации».
2. Приказ Министерства просвещения РФ от 09.11.2018 № 196 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по дополнительным общеобразовательным программам».
3. Концепция развития дополнительного образования детей в Российской Федерации до 2020 года, утверждена распоряжением правительства РФ от 04.09.2014 г. № 1726-р.
4. Стратегия развития воспитания в Российской Федерации до 2025 года, утверждена распоряжением правительства РФ от 29.05.2015 г. № 996-р.
5. Приказ Министерства просвещения РФ от 03.09.2019 № 467 «Об утверждении Целевой модели развития региональных систем дополнительного образования детей».
6. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.4.4.3172-14, утверждены Постановлением главного государственного санитарного врача РФ от 04.07.2014 г. № 41.

Направленность программы

Программа имеет естественнонаучную направленность. Освоение ее содержания способствует получению знаний о фундаментальных основах *in situ* и *ex situ* сохранения генетических ресурсов растений, биотехнологических подходах к расширению и сохранению генетического разнообразия растительных ресурсов, и их эффективному использованию в селекции, а также необходимых для полноценного проявления интеллектуальных и творческих способностей личности ребенка и будущей профориентации.

Уровень программы

Содержание курса предполагает наличие у учащихся базовых учебных естественнонаучных навыков, соответствующих программе старших классов школы, или углубленному дополнительному обучению и/или самообразованию. Исходя из вышеизложенного, программа реализуется на повышенном уровне, предполагающим использование в обучении сложных и нестандартных форм организации материала, также подразумевает узкоспециализированное углубленное изучение содержания программы и обращение к научно-профессиональным теоретическим и практическим знаниям в рамках тематической составляющей программы.

Особенности программы

Программой предусмотрено формирование современного теоретического уровня знаний и практического опыта работы с лабораторным оборудованием, овладение приемами исследовательской деятельности.

Методы организации образовательного процесса предусматривают формирование у обучающихся нестандартного творческого мышления, свободы самовыражения и индивидуальности суждений.

Для полного учета потребностей учащихся в программе используется дифференцированный подход, что стимулирует учащегося к увеличению потребности в индивидуальной, интеллектуальной и познавательной деятельности и развитию научно-исследовательских навыков.

Адресат программы

Дополнительная образовательная программа «Генетика и генетические технологии растений» ориентирована на учащихся подросткового и старшего школьного возрастов: 14–18 лет.

Содержание программы учитывает психолого-педагогические особенности данных возрастных категорий.

В подростковом возрасте учащиеся проявляют свою заинтересованность в той или иной области знаний, научном направлении или профессиональной деятельности. Таким образом происходит формирование познавательной и профессиональной составляющей личности, помогает учащемуся в определении будущего жизненного пути и в профессиональном выборе после окончания школы. Подобного рода заинтересованность стимулирует постоянное желание школьника к познанию нового в выбранной(-ых) области(-ях), расширению и углублению соответствующих знаний, и получению новых в том числе практических навыков, а также мотивирует учащегося на профориентацию.

Особенности комплектования групп учащихся

Количество обучающихся в группе не должно превышать 12–15 человек, с учетом продвинутого характера обучения и проведением практических (лабораторных) занятий.

Состав группы формируется из учащихся одного возраста, однако допустимы смешанные возрастные группы, с учетом мотивации учащихся и уровня сформированных базовых интеллектуальных и практических знаний.

Формы обучения

Дополнительная образовательная программа «Генетика и генетические технологии растений» может быть реализована в очном, дистанционном и гибридном форматах (очно-дистанционном), тем самым реализуя принцип вариативности образовательной деятельности по разнообразию организационных форм проведения занятий.

Программа включает как теоретические, практические, так и комбинированные занятия. Теоретическая часть реализуется в виде лекций с использованием проблемно-интерактивного изложения и взаимодействия с учащимися, что стимулирует познавательную деятельность. Практические занятия проводятся в форме лабораторных работ.

В качестве форм коммуникативного взаимодействия между преподавателем и учащимся программой предусмотрены:

Лекция — устное изложение основных информационно-тематических идей, с применением интерактивного взаимодействия с учащимися, что стимулирует их творческо-мыслительную активную деятельность. Обязательным элементом является визуализация информации в виде мультимедийных презентаций, вовлечение обучающихся в беседу через постановку проблемных вопросов и ситуаций.

Обсуждение — разносторонняя дискуссия, публичное рассмотрение сложных вопросов и проблем, расширение знаний за счет обмена информацией между преподавателем и обучающимся, развитие навыков коммуникативного взаимодействия с группой в виде критического суждения и отстаивания своего суждения.

Практические (лабораторные) работы — овладение ключевыми методами научных лабораторных исследований, предусматривающие активное овладение методами *in situ* и *ex situ* сохранения генетических ресурсов растений, биотехнологическими подходами к расширению и сохранению генетического разнообразия растительных ресурсов, и их эффективному использованию в селекции. В дистанционном (гибридном) формате могут проводиться в виде видеоконференций со съемкой и объяснением на камеру ключевых элементов работы.

Объем и срок освоения программы

Объем дополнительной образовательной программы необходимый для освоения ее на базовом уровне составляет 72 часа. Может быть реализована в экспресс формате.

Режим занятий, периодичность и продолжительность занятий

Два академических часа (1 час 45 минут), 2 раза в неделю. Преподаватель может варьировать в рамках выделенных часов и заранее составленного графика режим занятий.

Экспресс формат предполагает реализацию дополнительной образовательной программы в ускоренные сроки, которые согласовываются и утверждаются организацией, реализующей образовательную программу.

Цель и задачи программы

Цель — Освоение теоретического материала и инновационных экспериментальных методов в области генетики и генетических технологий растений, формирование у обучающихся знаний и системы представлений в области практической генетики и селекции растений, молекулярно-генетических механизмах, определяющих особенности

культивирования *in vitro*, криоконсервации, молекулярных основах генетического редактирования. Расширение и углубление системы общебиологических знаний, навыков и умений, создание предпосылок для развития различных способностей обучающихся, для профессионального самоопределения в рамках естественнонаучной направленности.

Предметные задачи:

Изучение генетических закономерностей в применении к растительным объектам (культурным растениям и их диким родичам), ознакомление с основными методами генетического анализа растений, выработка умений и навыков оценки характера наследования признаков на примере модельных объектов, ознакомление с основными методами генетического редактирования растений, микроразмножения и криоконсервации растительных генетических ресурсов; выработка умений и навыков молекулярно-генетических исследований.

1. Формирование знаний об основных генетических закономерностях, являющихся составной частью современных биологических научных исследований.
2. Ознакомление с основными методами сохранения, генетического анализа и редактирования генетических ресурсов растений.
3. Овладение навыками применения современных молекулярно-генетических методов.

Личностные задачи:

4. Формирование устойчивого естествоиспытательского интереса к изучению дисциплин биологической направленности.
5. Развитие генетического кругозора мышления, формирование установки на бережное отношение к генетическим растительным ресурсам и готовности к активной деятельности по сохранению продовольственной безопасности страны.
6. Формирование навыков коммуникативного взаимодействия, готовности к коллективному взаимодействию при решении научно-исследовательских задач, навыков командной работы.
7. Приобретение необходимых знаний, умений, навыков и опыта практической деятельности для осознанного профессионального выбора.

Метапредметные задачи:

8. Формирование у учащихся умений по организации и планированию самостоятельной работы, применения необходимого инструментария, навыков работы и обработки информации из разных источников.
9. Формирования навыков и умений по формулировке, высказыванию и защите собственного мнения, приобретения опыта участия в групповых обсуждениях, выступлении на публике.

Содержание программы

Учебно-тематический план

№ темы	Наименование раздела	Количество часов		Итого
		теория	практика	
1	Модуль 1. Генетические ресурсы и генетика растений	20	16	36
1.1	Генетические ресурсы и генетическое разнообразие	2	-	2
1.2	Генетика растений: Что особенного?	2	-	2
1.3	Введение в биотехнологию растений: современные методы, тенденции, практическое значение для селекции	2	-	2
1.4	Методы сохранения генетических ресурсов растений	2	-	2
1.5	Методы культивирования in vitro для сохранения генетических ресурсов растений и для ускоренной селекции	2	-	2
1.6	Низкотемпературное хранение семян	2	-	2
1.7	Молекулярно-генетические и физиологические механизмы, определяющие особенности культивирования in vitro	2	-	2
1.8	Клональное микроразмножение растений. Соматическая изменчивость	2	-	2
1.9	Криоконсервация и криохранение	2	-	2
1.10	Оздоровление вегетативно размножаемых культур	2	-	2
1.11	Лабораторная работа № 1	-	2	2
1.12	Лабораторная работа № 2	-	2	2
1.13	Лабораторная работа № 3	-	4	4
1.14	Лабораторная работа № 4	-	2	2
1.15	Лабораторная работа № 5	-	2	2
1.16	Семинар «Криоконсервация семенных и вегетативно размножаемых культур»	-	4	4
2	Модуль 2. Основы практической молекулярной генетики	14	16	30
2.1	Генная инженерия растений. Роль генной инженерии в фундаментальных исследованиях по генетике растений	2	-	2
2.2	Использование генной инженерии в сельском хозяйстве и медицине. Современные тенденции генной инженерии для нужд сельского хозяйства	2	-	2
2.3	Биобезопасность современных агротехнологий	2	-	2
2.4	Классические методы редактирования геномов	2	-	2
2.5	Функциональная организация генов, их маркирование. Модельные растения в современной генетике	2	-	2
2.6	Применение ДНК-маркеров в изучении генетических ресурсов растений и в селекции	2	-	2
2.7	Разнообразие задач, для которых применяется Cas. (Cas-опосредованная модуляция экспрессии генов и окрашивание хромосом)	2	-	2
2.8	Лабораторная работа № 6	-	4	4
2.9	Лабораторная работа № 7	-	4	4
2.10	Лабораторная работа № 8	-	4	4
2.11	Лабораторная работа № 9	-	2	2
2.12	Лабораторная работа № 10	-	2	2
3	Итоговая аттестация в форме защиты проекта	6	-	6
	ИТОГО:	40	32	72

Модуль 1. Генетические ресурсы и генетика растений

Тема 1.1 Генетические ресурсы и генетическое разнообразие

Содержание материала: Современная парадигма изучения генетических ресурсов растений. Основные задачи по управлению и сохранению генетических ресурсов растений, биотехнологические подходы к расширению генетического разнообразия; сохранение генетических ресурсов растений и их эффективное использование в селекции. Формирование современной агробиотехнологии.

Практическая работа: Анкетирование. Инструктаж по технике безопасности. Стартовая диагностика по курсу.

Тема 1.2 Генетика растений: Что особенного?

Содержание материала: Особенности генома растений. Генетические основы селекции. Гибридизация у растений. Гетерозис, полиплоидизация. Методы геномного анализа.

Практическая работа: Интерактивная дискуссия на обсуждаемую тему. Демонстрация мультимедийных материалов, видео и фотоматериалов иллюстрирующих основные тезисы рассматриваемой проблематики.

Тема 1.3 Введение в биотехнологию растений: современные методы, тенденции, практическое значение для селекции

Содержание материала: Развитие биотехнологии растений и ее основные направления. Практическое значение для селекции. Биотехнологические подходы для сохранения генетических ресурсов.

Практическая работа: Интерактивная дискуссия на обсуждаемую тему. Демонстрация мультимедийных материалов, видео и фотоматериалов, иллюстрирующих основные тезисы рассматриваемой проблематики.

Тема 1.4 Методы сохранения генетических ресурсов растений

Содержание материала: Методы *in situ* и *ex situ* сохранения генетических ресурсов растений. Особенности сохранения генетических ресурсов семенных и вегетативно-размножаемых культур.

Практическая работа: Интерактивная дискуссия на обсуждаемую тему. Демонстрация мультимедийных материалов, видео и фотоматериалов, иллюстрирующих основные тезисы рассматриваемой проблематики.

Тема 1.5 Методы культивирования *in vitro* для сохранения генетических ресурсов растений и для ускоренной селекции

Содержание материала: Культивирование растительных клеток и их особенности. История развития метода культуры клеток, тканей и органов. Источники питания растений в условиях *in vitro*. Основные компоненты питательных сред. Введение образцов в культуру *in vitro*. Каллусогенез.

Практическая работа: Интерактивная дискуссия на обсуждаемую тему. Демонстрация мультимедийных материалов, видео и фотоматериалов, иллюстрирующих основные тезисы рассматриваемой проблематики.

Тема 1.6 Низкотемпературное хранение семян

Содержание материала: Первичная подготовка семян, обезвоживание, контроль состояния жизнеспособности и генетического потенциала.

Практическая работа: Интерактивная дискуссия на обсуждаемую тему. Демонстрация мультимедийных материалов, видео и фотоматериалов, иллюстрирующих основные тезисы рассматриваемой проблематики.

Тема 1.7 Молекулярно-генетические и физиологические механизмы, определяющие особенности культивирования *in vitro*

Содержание материала: Системы регуляторов контроля роста и развития растений на генном и биохимическом уровне.

Практическая работа: Интерактивная дискуссия на обсуждаемую тему. Демонстрация мультимедийных материалов, видео и фотоматериалов, иллюстрирующих основные тезисы рассматриваемой проблематики.

Тема 1.8 Клональное микроразмножение растений Соматоклональная изменчивость

Содержание материала: Клональное микроразмножение и его типы. Этапы и техника культивирования растительных тканей на разных этапах клонального размножения. Процесс клонального микроразмножения. Растения-регенеранты. Соматоклоны. Проявление генетической изменчивости.

Практическая работа: Интерактивная дискуссия на обсуждаемую тему. Демонстрация мультимедийных материалов, видео и фотоматериалов, иллюстрирующих основные тезисы рассматриваемой проблематики.

Тема 1.9 Криоконсервация и криохранилище

Содержание материала: Низкотемпературное хранение генетических ресурсов растений. Способы хранения биоматериала. Возможности криоконсервации. Методы криоконсервации семенных и вегетативно размножаемых культур.

Практическая работа: Интерактивная дискуссия на обсуждаемую тему. Демонстрация мультимедийных материалов, видео и фотоматериалов, иллюстрирующих основные тезисы рассматриваемой проблематики. Раздача тем семинарского занятия учащимся.

Тема 1.10 Оздоровление вегетативно размножаемых культур

Содержание материала: Методы *in vitro* для оздоровления и размножения растений. Тестирование микрорастений на наличие инфекций. Криотерапия.

Практическая работа: Интерактивная дискуссия на обсуждаемую тему. Демонстрация мультимедийных материалов, видео и фотоматериалов, иллюстрирующих основные тезисы рассматриваемой проблематики.

Тема 1.11 Введение образцов в культуру *in vitro*

Лабораторная работа № 1 ([Приложение 2](#))

Содержание материала: Состав питательных сред и их приготовление. Подготовка и стерилизация инструментов.

Практическая работа: Выполнение лабораторной работы.

Тема 1.12 Введение образцов в культуру *in vitro*

Лабораторная работа № 2 ([Приложение 2](#))

Содержание материала: Подготовка растительного материала, стерилизация эксплантов.

Практическая работа: Выполнение лабораторной работы.

Тема 1.13 Введение образцов в культуру *in vitro*

Лабораторная работа № 3 ([Приложение 2](#))

Содержание материала: Микроразмножение и укоренение растений в культуре *in vitro*.

Практическая работа: выполнение лабораторной работы.

Тема 1.14 Введение образцов в культуру *in vitro*

Лабораторная работа № 4 ([Приложение 2](#))

Содержание материала: Знакомство с методами среднесрочного и длительного хранения микрорастений (*in vitro* и *in situ*) / Высадка *in vitro* растений в грунт.

Практическая работа: Выполнение лабораторной работы.

Тема 1.15 Низкотемпературное хранение генетических ресурсов растений

Лабораторная работа № 5 ([Приложение 2](#))

Содержание материала: Проверка всхожести семян до и после низкотемпературного хранения.

Практическая работа: Выполнение лабораторной работы.

Тема 1.16 Криоконсервация

Семинар «Криоконсервация семенных и вегетативно размножаемых культур» ([Приложение 2](#))

Содержание материала: Семинар «Криоконсервация семенных и вегетативно размножаемых культур».

Практическая работа: Дискуссия на тему, обсуждение подготовленных докладов. Отработка навыков представления информационных материалов на определенную тему. Отработка навыков коммуникативного взаимодействия между выступающим и группой слушателей, ответы на вопросы. Итоговая диагностика по модулю.

Модуль 2. Основы практической молекулярной генетики

Тема 2.1 Генная инженерия растений Роль генной инженерии в фундаментальных исследованиях по генетике растений

Содержание материала: Генная инженерия растений. Экспериментальная модификация генома. Применение генно-инженерных методов модификации геномов. Изучение фундаментальных проблем функционирования генов у растений. Улучшение качества и хозяйственно ценных признаков важных сельскохозяйственных культур.

Практическая работа: Инструктаж по технике безопасности. Стартовая диагностика по разделу.

Тема 2.2 Использование генной инженерии в сельском хозяйстве и медицине Современные тенденции генной инженерии для нужд сельского хозяйства

Содержание материала: Трансформация растений. Общий принцип проведения работ. Природные генные векторы у растений. Агробактерии в качестве вектора для трансформации растений. Альтернативные методы трансформации растительных клеток. Особенности и практическое использование трансгенных растений.

Практическая работа: Интерактивная дискуссия на обсуждаемую тему. Демонстрация мультимедийных материалов, видео и фотоматериалов, иллюстрирующих основные тезисы рассматриваемой проблематики.

Тема 2.3 Биобезопасность современных агротехнологий

Содержание материала: Этические аспекты достижений в биотехнологии растений. Правовые основы биоэтики. Научные подходы к оценке биобезопасности сельского хозяйства. Агротехнологии будущего.

Практическая работа: Интерактивная дискуссия на обсуждаемую тему. Демонстрация мультимедийных материалов, видео и фотоматериалов, иллюстрирующих основные тезисы рассматриваемой проблематики.

Тема 2.4 Классические методы редактирования геномов

Содержание материала: Методы редактирования генома растений. Гомологичная рекомбинация (gene targeting), сайт-специфическая рекомбинация. Использование методов редактирования генома.

Практическая работа: Интерактивная дискуссия на обсуждаемую тему. Демонстрация мультимедийных материалов, видео и фотоматериалов, иллюстрирующих основные тезисы рассматриваемой проблематики.

Тема 2.5 Функциональная организация генов, их маркирование Модельные растения в современной генетике

Содержание материала: Молекулярная структура генов и их хромосомная организация. Технологии рекомбинантных ДНК. Молекулярное маркирование. Модельные растения.

Практическая работа: Интерактивная дискуссия на обсуждаемую тему. Демонстрация мультимедийных материалов, видео и фотоматериалов, иллюстрирующих основные тезисы рассматриваемой проблематики.

Тема 2.6 Применение ДНК-маркеров в изучении генетических ресурсов растений и в селекции

Содержание материала: ДНК-маркеры в растениеводстве. Процесс создания новых форм. Наборы ДНК-маркеров генов хозяйственно ценных признаков. Генетическое картирование и использование ДНК-маркеров в процессе традиционной селекции. Идентификация генов. Генетический контроль. Применение ДНК-маркеров в селекции.

Практическая работа: Интерактивная дискуссия на обсуждаемую тему. Демонстрация мультимедийных материалов, видео и фотоматериалов, иллюстрирующих основные тезисы рассматриваемой проблематики.

Тема 2.7 Разнообразие задач, для которых применяется Cas

Содержание материала: Роль генетического редактирования для развития генетики и селекции. Гены-мишени для генетического редактирования растений. Доместикация de novo.

Практическая работа: Интерактивная дискуссия на обсуждаемую тему. Демонстрация мультимедийных материалов, видео и фотоматериалов, иллюстрирующих основные тезисы рассматриваемой проблематики.

Тема 2.8 Молекулярно-генетические методы для сохранения генетических ресурсов растений и эффективного использования их в селекции

Лабораторная работа № 6 ([Приложение 2](#))

Содержание материала: Подготовка лабораторной посуды и инструментов для проведения молекулярно-генетических работ и особенности работы с высокоточными приборами. Техника безопасности при работе в генетической лаборатории.

Практическая работа: Выполнение лабораторной работы.

Тема 2.9 Молекулярно-генетические методы для сохранения генетических ресурсов растений и эффективного использования их в селекции

Лабораторная работа № 7 ([Приложение 2](#))

Содержание материала: Выделение ДНК из растительной ткани.

Практическая работа: Выполнение лабораторной работы.

Тема 2.10 Молекулярно-генетические методы для сохранения генетических ресурсов растений и эффективного использования их в селекции

Лабораторная работа № 8 ([Приложение 2](#))

Содержание материала: Подготовка реакционной смеси и постановка ПЦР.

Практическая работа: Выполнение лабораторной работы.

Тема 2.11 Молекулярно-генетические методы для сохранения генетических ресурсов растений и эффективного использования их в селекции

Лабораторная работа № 9 ([Приложение 2](#))

Содержание материала: Методы визуализации результатов ПЦР.

Практическая работа: Выполнение лабораторной работы.

Тема 2.12 Молекулярно-генетические методы для сохранения генетических ресурсов растений и эффективного использования их в селекции

Лабораторная работа № 10 ([Приложение 2](#))

Содержание материала: Оценка результатов ПЦР методом электрофореза.

Планируемые результаты реализации программы «Генетика и генетические технологии растений»

В ходе реализации программы «Генетика и генетические технологии растений» должны быть созданы условия для достижения следующих результатов:

Предметные результаты:

Учащиеся должны знать:

- основные понятия, термины, теории, законы и принципы, заложенные в тематическое направление данной дополнительной образовательной программы;
- значение генетики растений в народном хозяйстве, ее роль в селекции;
- основные достижения и перспективы развития генетики растений;
- особенности структурно-функциональной организации генома растений;
- теоретические основы и методы генетических исследований растений;
- новейшие исследования в области практической генетики и селекции растений;
- молекулярно-генетические механизмы, определяющие особенности культивирования *in vitro*, криоконсервации;
- молекулярные основы генетического редактирования;
- передовые методы создания генно-инженерных растений;
- достижения в современной агрогенетике;
- основные молекулярно-генетические методы и методы генетического редактирования растений.

Учащиеся должны уметь:

- использовать научную терминологию;
- ориентироваться в современной научной литературе по генетике растений и в вопросах, связанных с анализом генетической структуры популяций;
- применять методы генетического анализа растений;
- работать с классическими объектами генетических исследований, проводить анализы результатов;

- применять методы микроразмножения и криоконсервации растительных генетических ресурсов;
- выполнять задания по биологии, углубленного уровня;
- выполнять задания (олимпиадные, проектные и пр.) повышенного уровня сложности;
- применять ключевые подходы к биоинформатической обработке данных и уметь реализовывать их на практике.

Личностные результаты:

- постоянный познавательно-исследовательский интерес к изучению биологических дисциплин;
- сформированное мышление естественнонаучной направленности;
- готовность и способность осознанного выбора образовательной траектории с учетом на профориентацию;
- готовность к публичным выступлениям на конкурсах различного уровня (олимпиады, конференции и пр.);
- приобретение углубленных знаний в области генетических ресурсов.

Метапредметные результаты:

- умение формировать исследовательскую задачу;
- умение использовать для практических задач необходимый инструментарий;
- умение находить и использовать необходимые информационные источники, анализировать и обрабатывать полученную информацию;
- навыки тайминга (организация и планирование индивидуальной работы).

Раздел 2. Комплекс форм аттестации

Формы аттестации

В начале реализации дополнительной образовательной программы, при формировании групп учащихся, проводится вводное собеседование с претендентами для выявления уровня развития по данному направлению учебных и научных знаний и их творческих способностей. Аттестацию рекомендовано проводить диагностическими методами с целью определения степени имеющихся знаний у учащихся, их способностей (в том числе творческих), получения сведений для совершенствования настоящей дополнительной общеобразовательной программы и улучшения подобранных или поиска новых методов обучения и оценки знаний.

Вводное собеседование (стартовая диагностика) включает в себя определение у учащегося имеющихся базовых биологических знаний, умений и навыков; проводится в виде устного собеседования, либо в форме анкетирования.

Материалы собеседования (ведомость) или анкетирования (анкетные листы) являются формой фиксации результатов стартовой диагностики учащихся.

Текущий контроль (промежуточная аттестация) помогает выявить уровень освоения материала, проанализировать его для внесения необходимых корректив по ходу реализации программы. Проводится в течении всего срока реализации дополнительной программы, на каждом занятии (независимо от его формы — лекция, практическое занятие, семинар). Осуществляется в форме наблюдения за работой каждого учащегося, его активностью и вовлеченностью в процесс, также в форме беседы, опроса в начале каждого занятия, анализа вовлеченности выполнения практических заданий в ходе лабораторных работ. Такие формы позволяют своевременно зафиксировать результат освоения отдельных вопросов и произвести корректировки при необходимости. Результаты текущего контроля фиксируются преподавателем в виде ведомости наблюдений (ведомости текущего контроля) для дальнейшего анализа и обобщения итогов по разделам дополнительной образовательной программы, а также итога в целом по всей программе.

Итоговая аттестация проводится в форме защиты исследовательского проекта и является необходимым элементом завершения освоения дополнительной образовательной программы. Помогает отслеживать в индивидуальном порядке уровень освоения знаний учащимся.

Итоговый контроль включает не только оценку выполнения исследовательского проекта, а также различные формы контроля и позволяет оценить в целом достижения учащегося и уровень освоения им реализуемой дополнительной общеобразовательной программы.

Оценочные материалы

Оценочные материалы — пакет диагностических материалов, позволяющих зафиксировать достижение учащихся планируемых результатов. К формам оценочных материалов по данной дополнительной образовательной программе относятся ведомости текущего контроля (работы на лекциях и выполнения практических работ), а также результаты итоговой аттестации (итоговая ведомость). *Подробные аттестационные материалы приведены в [Приложении 1](#) к настоящей программе дополнительной образовательной программы.*

Раздел 3. Комплекс организационно-педагогических условий

Условия реализации программы

Материально-техническое обеспечение

Для реализации дополнительной общеобразовательной программы «Генетические технологии» необходимо наличие учебной аудитории, соответствующей действующим санитарным правилам и нормам и обеспеченной стандартной учебной мебелью в соответствии с комплектностью учебных групп. Аудитория должна быть оснащена стандартным компьютерным оборудованием — компьютер для преподавателя и компьютеры для выполнения самостоятельной работы учащимися (по возможности) с доступом к сети Интернет и соответствующим лицензионным программным обеспечением, МФУ (цветной принтер, сканер), мультимедийное оборудование (проектор, проекционный экран, акустическая система).

Обязательным условием для реализации программы является наличие специализированной лаборатории, оснащенной специальным оборудованием для проведения генетических практических работ.

Программа «Генетические технологии» также может быть реализована в дистанционном/гибридном (очно-дистанционном) формате. В связи с этим учебная аудитория и компьютерное оборудование в ней должны обеспечивать возможности преподавателя и учащихся к использованию платформы для организации дистанционного обучения.

Кадровое обеспечение

Для реализации дополнительной образовательной программы необходимо привлечение в качестве преподавателей дополнительного образования педагогов с высшим естественнонаучным образованием (особенно в области генетики), без предъявления требований к квалификационной категории, обладающих достаточным опытом в организации и проведении проектной и исследовательской деятельности с учащимися, владеющих инновационными технологиями организации учебного процесса и имеющих высокие ИКТ-компетенции.

К реализации дополнительной образовательной программы на основе сетевого взаимодействия могут быть привлечены преподаватели из числа действующих работников организаций-партнеров и/или профильных организаций.

Информационно-методическое обеспечение

Для реализации дополнительной образовательной программы «Генетические технологии» информационно-методические материалы (ИММ) разрабатываются преподавателем индивидуально в соответствии с тематическим содержанием. К примерному перечню ИММ относятся: мультимедийные презентации к темам занятий, разработанные конспекты лекционных и практических занятий, наглядные пособия для иллюстрации отдельных тезисов определенных тем, информационная и справочная дополнительная литература, методические материалы.

Календарный учебный график

Учебный график утверждается нормативно-правовым актом (приказом или распоряжением) организации реализующей дополнительную образовательную программу и учитывает специфику календарно-тематического плана.

Основная литература

1. Анисимова И.Н., Алпатьева Н.В., Абдулаев Р.А., Карабицина Ю.И., Кузнецова Е.Б. Скрининг генетических ресурсов растений с использованием ДНК-маркеров: основные принципы, выделение ДНК, Постановка ПЦР, Электрофорез в агарозном геле // Методические указания, СПб, 2018.
2. Дунаева С.Е., Пендинен Г.И., Антонова О.Ю., Швачко Н.А., Ухатова Ю.В., Шувалова Л.Е., Волкова Н.Н. Сохранение вегетативно размножаемых культур в *in vitro* и крио коллекциях // методические указания, СПб, 2017.
3. Журавлева Г.А. Генная инженерия в биотехнологии. Издательство: Эко-Вектор, 2016 г.
4. Иванов В.И. Генетика. М.: Академкнига ИКЦ, 2008.
5. Инге-Вечтомов С.Г. Генетика с основами селекции. Санкт-Петербург: Издательство Н-Л, 2015.
6. Клаг У.С., Каммингс М.Р., Спенсер Ш.А., Палладино М.А. Основы генетики. Техносфера, 2016.
7. Кребс Дж., Голдштейн Э., Килпатрик С. Гены по Льюину. М.: Лаборатория знаний, 2017.
8. Редактирование генов и геномов (в 3-х томах). отв. ред. С.М. Закиян, С.П. Медведев, Е.В. Дементьева, Е.А. Покушалов, В.В. Власов — Новосибирск: Издательство СО РАН, 2018, 386 с., ISBN 978-5-7692-1580-3.

Дополнительная литература

1. Альбертс Б. и др. «Молекулярная биология клетки.» В 3 т. R&D Dynamics, 2013.
2. Батыгина, Т.Б. Эмбриология растений / Т.Б. Батыгина и др. // М.: Агропромиздат, 1990.
3. Герасимова С.В., Хлесткина Е.К., Кочетов А.В., Шумный В.К. Система CRISPR/Cas9 для редактирования геномов и особенности ее применения на однодольных растениях // Физиология растений. 2017. Т. 64. № 2. С. 92–108.
4. Гилберт, С. Биология развития. т. 1–3. / Гилберт // М.: Мир, 1993–95.
5. Жимулев И.Ф. Общая и молекулярная генетика. Сибирское университетское издательство, 2007 г.
6. Короткова А.М., Герасимова С.В., Шумный В.К., Хлесткина Е.К. Гены сельскохозяйственных растений, модифицированные с помощью системы CRISPR/Cas. Вавиловский журнал генетики и селекции. 2017; 21(2): 250–258. DOI 10.18699/VJ17.244.
7. Лутова Л.А., Н.А. Проворов, О.Н. Тиходеев, И.А. Тихонович, Л.Т. Ходжайова, С.О. Шишкова Генетика развития растений // Центр «Интеграция», 2000.

8. Лутова Л.А., Ежова Т.А., Додуева И.Е., Осипова М.А. Генетика развития растений. Изд-во Н-Л, 2010. 432 с.
9. Лутова, Л.А. Биотехнология высших растений. Издательство Санкт-Петербургского университета, 2010.
10. Медведев С.С. Физиология растений. Изд-во СПбГУ. СПб. 2004. Учебник для университетов.
11. Медведев С.С., Шарова Е.И. Биология развития растений. Том 1. Начала биологии развития растений. Фитогормоны. Изд-во Санкт-Петербургского университета. 2010. 367 с.
12. Рыбчин В.Н. Основы генетической инженерии. Издательство СПбГТУ, 1999.
13. Стрыгина К.В., Хлесткина Е.К. Редактирование генов пшеницы, ячменя и кукурузы с использованием системы CRISPR/Cas. Биотехнология и селекция растений. 2020; 3(1): 46–56. DOI: 10.30901/2658-6266-2020-1-02.
14. Тихонова Н.Г., Хлесткина Е.К. Генетическое редактирование для улучшения плодовых и ягодных культур. Садоводство и виноградарство. 2019; (4): 10–15. <https://doi.org/10.31676/0235-2591-2019-4-10-15>.
15. Хлесткина Е.К., Чухина И.Г. Генетические ресурсы растений: стратегия сохранения и использования. Вестник Российской академии наук, 2020, том 90, № 6, с. 22–27. DOI: 10.31857/S0869587320060043.
16. Хлесткина Е.К., Шумный В.К. Перспективы использования прорывных технологий в селекции: система CRISPR/Cas9 для редактирования генома растений. Генетика. 2016. Том 52. № 7. Стр. 774–787. DOI: 10.7868/S0016675816070055.
17. Щелкунов С.Н. Генетическая инженерия. Сибирское университетское издательство. 2004.

Оценочные (аттестационные) материалы

Вводное собеседование (стартовая диагностика)

Включает в себя определение имеющихся базовых биологических знаний, умений и навыков учащегося; проводится в виде устного собеседования, либо в форме анкетирования.

Примерный перечень вопросов стартовой диагностики:

1. Генетика — наука о наследственности и изменчивости организмов.
2. Основные методы генетики.
3. Гибридологический анализ, моно-, ди- и полигибридное скрещивание.
4. Основные понятия генетики: ген, аллель, признак, гомозигота и гетерозигота, доминантность и рецессивность, генотип, фенотип и норма реакции.
5. Законы наследственности, установленные Г. Менделем, и условия их выполнения.
6. Цитологические основы выполнения законов Г. Менделя.
7. Полное и неполное доминирование.
8. Хромосомная теория наследственности.
9. Сцепленное наследование и его цитологические основы, нарушение сцепления.
10. Кроссинговер (перекрест хромосом) и его значение.
11. Генотип как целостная исторически сложившаяся система.
12. Понятие о взаимодействии и множественном действии генов.
13. Роль генотипа и факторов внешней среды в формировании фенотипа.
14. Формы изменчивости организмов: модификационная и наследственная изменчивость, мутационная и комбинативная изменчивость, их роль в природе.
15. Причины мутаций. Влияние окружающей среды на мутационный процесс, мутагены.
16. Генетика — теоретическая основа селекции. Понятие сорта растений.
17. Основные методы селекции растений и животных: мутагенез, полиплоидия, гибридизация, искусственный отбор.
18. Современные биотехнологии: генная и клеточная инженерия, микробиологический синтез.
19. Клетка как основа наследственности и воспроизведения.
20. Что такое криоконсервация и ее значение.
21. Связь биотехнологии с другими науками.
22. Клетка как основная форма организации живой материи.
23. Конструирование векторных молекул. Разнообразие векторов (плазмидные векторы, космиды, векторы на основе бактериофагов и вирусов.).
24. Клеточная теория, ее историческое значение и современная интерпретация.
25. Молекулярные механизмы мутации. Принципы направленного мутагенеза.

26. Мутагены, особенности действия и тестирование в окружающей среде.
27. Генетический код, организация генов, трансляция генетического кода.
28. Основные методы генной инженерии: рестрикционный анализ, молекулярная гибридизация, полимеразная цепная реакция и секвенирование.

Промежуточная аттестация

Преподаватель ведет учет достижений учащихся в форме ведомости текущего контроля, в которой фиксирует результаты прохождения разделов, учитывая участие обучающихся в различных мероприятиях программы (выполнение лабораторных работ, проектная деятельность, семинар, работа во время дискуссии, ответы на вопросы, активность на занятиях), используя стандартную оценочную шкалу от 1 до 5 баллов.

Примерная форма ведомости текущего контроля

№ п/п	Ф.И.О. учащегося	Работа на уроке	Выступление на семинаре	Участие в дискуссии на семинаре	Выполнение лабораторных работ	Работа над проектом	Защита проекта
1	Иванов И.И.						
2.	Петров П.П.						
...							

Итоговая аттестация

Итоговая аттестация проводится в форме защиты исследовательского проекта и является необходимым элементом завершения освоения дополнительной образовательной программы. Помогает отслеживать в индивидуальном порядке уровень освоения знаний учащимся.

В ней выделяют несколько логических частей проектной работы, которые являются структурой творческого научно-исследовательского проекта.

Структура проекта:

- титульный лист;
- оглавление;
- введение;
- основная часть состоит:
- теоретическая часть (обзор);
- практическая часть;
- заключение;
- список использованной литературы/интернет-ресурсов;
- приложение (таблицы, схемы и пр.).

Оглавление: раскрывает содержание проекта: введение, основная часть, заключение, приложение, список литературы.

В введении раскрываются следующие моменты:

Тема — формулируется одним предложением. В теме должны быть отражены объект и предмет исследования.

Цель научно-исследовательской работы — это ее конечный результат, к которому должен прийти исследователь в конце своей работы. Одно исследование может быть направленно на достижение только одной цели.

Задачи — это поэтапные действия, которые нужно предпринять для достижения поставленной цели. По задачам ученикам легче составить и написать план основной части исследования. Формулировку задач можно начинать со слов: изучить, проанализировать, подобрать, описать, объяснить и т. д.

Объект и предмет исследования. Объект исследования может быть явление, какой — либо предмет, организм. Предметом исследования является конкретная сторона, с которой будет изучаться объект.

Актуальность темы обязательное требование в любой проектной работе. Обоснование ее включает оценку значимости проекта, значимость предполагаемых результатов и возможность их использования на практике.

Методы, которые могут быть использованы: теоретические, практические (экспериментальные) и эмпирические (наблюдение, тестирование).

Новизна предполагает определение того нового, что получит исследователь в результате научной работы.

Основная часть.

I. Теоретическая часть.

Дается обзор и анализ литературы, излагается теория рассматриваемого вопроса, рассматриваются методики выполнения работы.

II. Практическая часть.

Варианты идей и предложений по решению проблемы, рассматриваемой в научно-исследовательском проекте.

В *Заключении* формулируются основные выводы, полученные результаты, которые должны соответствовать общей цели и конкретным задачам.

Список используемой литературы/интернет-ресурсы: приводится перечень литературы, используемой в написании проекта.

Творческий проект может содержать *приложение* в виде таблиц, схем и пр.

Требования к оформлению текстовой части проекта

Страницы должны иметь поля: левое — 25 мм, верхнее — 15 мм, правое — 15 мм, нижнее — 15 мм. Шрифт Times New Roman, кегль 14, межстрочный интервал — 1,5. Нумерация страниц справа, внизу страницы (титульный лист считается первой страницей, но номер на нем не ставится). Все страницы должны быть скреплены. Текст должен быть напечатан с одной стороны. Каждый раздел проекта начинается с новой страницы.

План защиты проекта

- представить тему творческого проекта;
- сообщить о цели и задачах проекта;

- аргументировать выбор темы;
- дать краткую характеристику ранее проведенных исследований по теме проекта, основанную на доступных (литературных и/или интернет-источниках);
- рассказать о выполнении проектного исследования, примененных методах для решения поставленных задач, основные результаты проектной работы, решение проблем, возникших в ходе практической работы, если это необходимо — объяснить экономическую целесообразность проекта.
- сделать заключение и/или выводы по теме проекта.

Оценка на итоговой аттестации

Оценка	Критерии
Отлично	Учащийся показал творческое отношение к обучению, в совершенстве овладел всеми теоретическими вопросами, показал все требуемые умения и навыки.
Хорошо	Учащийся овладел всеми теоретическими вопросами дисциплины, показал основные умения и навыки.
Удовлетворительно	Учащийся имеет недостаточно глубокие знания по теоретическим разделам дисциплины, показал не все основные умения и навыки
Неудовлетворительно	Учащийся имеет пробелы по отдельным теоретическим разделам специальной дисциплины и не владеет основными умениями и навыками

Также аттестация проектной деятельности учащегося может быть проведена в бальной системе оценок по нескольким параметрам, сумма общих баллов будет определять степень проработанности проекта

Перечень критериев аттестации проектной деятельности и их расшифровка	Баллы
1. Обоснование и постановка цели	0–4
Цель не сформулирована	0
Цель сформулирована, но план реализации отсутствует	1
Цель сформулирована, но план дан схематично	2
Цель ясно сформулирована, дан подробный план ее реализации	3
Цель ясно сформулирована, имеется подробный план ее реализации, проект выполнен точно в соответствии с поставленной целью	4
2. Полнота использованной информации, разнообразие источников	0–4
Информация по проекту слабо проработана	0
Основная часть информации не относится к теме проекта	1
Проект включает незначительный объем информации, относящейся к проекту	2
Проект включает содержит недостаточно полную информацию, относящуюся к теме проекта	3
Проект содержит достаточно полную информацию, относящуюся к теме проекта	4
3. Соответствие выбранных средств цели и содержанию работы	0–4
Цель, заявленная в проекте не достигнута	0
Основная часть работы не относится к теме проекта, неадекватно подобраны средства, использованные в проекте	1
Цель, заявленная в проекте, в основном достигнута, выбранные средства не достаточные для ее достижения	2
Проект целостный, выбранные средства достаточны, но не совсем эффективно использованы	3
Цель достигнута, выбранные средства достаточны и уместно использованы	4
4. Творческий и аналитический подход к работе	0–4
Проект не содержит индивидуальных заключений и представляет нетворческое обращение к теме проекта	0
Проект содержит самостоятельные размышления, но описательного характера, не использован творческий подход	1
В проекте предпринята попытка к самостоятельному анализу и представлен личный взгляд на тему проекта, применены элементы творчества	2
Проект содержит творческий подход, содержит размышления с элементами аналитических выводов, но анализ недостаточно глубок	3
Проект глубоко проработан с личными размышлениями и анализом, собственным оригинальным взглядом автора	4

Перечень критериев аттестации проектной деятельности и их расшифровка	Баллы
5. Анализ процесса и результата работы	0–4
Не попыток проанализировать результат работы	0
Анализ отсутствует или/и частично заменен простым описанием хода и порядка работы	1
В проекте представлен последовательный обзор хода работы по достижению заявленных в ней целей	2
В проекте представлен исчерпывающий обзор и проведен слабый личный анализ процесса	3
В проекте представлен исчерпывающий обзор и проведен глубокий личный анализ процесса	4
6. Личная заинтересованность автора, его вовлеченность в работу	0–4
Работа показывает формальное отношение автора	0
Работа несамостоятельная, демонстрирует незначительный интерес автора к теме проекта	1
Работа самостоятельная, демонстрирует определенный интерес автора к работе	2
Работа полностью индивидуальная, демонстрирующая глубокий интерес автора	3
Работа полностью индивидуальная, демонстрирующая глубокий интерес и полную вовлеченность автора в тему проекта	4
7. Качество подготовки презентации	0–4
Презентация отсутствует	0
Однообразие содержания слайдов (представлена только текстовая информация)	1
Информация разнообразна, но не все слайды свободно читаемы	2
Нарушены общепринятые правила оформления презентации (чрезмерно большое количество слайдов и т. п.)	3
Высокое качество презентации	4
8. Качество устного выступления	0–4
Выступление плохо подготовлено	0
В изложении материала отсутствует логика	1
Выступление логически выстроено, при этом речь не отвечает литературным нормам (используются слова-паразиты, длительные паузы для подбора нужных слов и т. п.)	2
Есть логика в изложении, речь грамотная, несвободное владение материалом, нарушение регламента выступления	3
Выступление тщательно подготовлено; соблюдается регламент; учащийся свободно владеет материалом	4
9. Соответствие требованиям оформления письменной части	0–4
Текстовая часть проекта отсутствует	0
В текстовой части работы отсутствует четкая структура, допущены ошибки в оформлении	1
Предприняты попытки оформить текстовую часть проекта в соответствии с установленными правилами, но проект недоработан	2
Текстовая часть проекта отличается четким и грамотным оформлением, имеются незначительные неточности	3
Текстовая часть проекта отличается четким и грамотным оформлением в точном соответствии с правилами оформления	4
10. Глубина раскрытия темы проекта	0–4
Тема проекта не раскрыта	0
Тема проекта раскрыта фрагментарно	1
Тема проекта в целом раскрыта	2
Тема проекта раскрыта в большем объеме, автор продемонстрировал знания по теме проекта	3
Тема проекта раскрыта исчерпывающе, автор продемонстрировал глубокие и всесторонние знания по теме проекта	4

Максимальное количество баллов, которые может набрать учащийся — **40 баллов**

Шкала распределения баллов по стандартной шкале оценок

Оценка	Количество баллов
Отлично	31–40
Хорошо	21–30
Удовлетворительно	11–20
Неудовлетворительно	0–10

Перечень практических занятий

Практическое занятие

Лабораторная работа № 1. Введение образцов в культуру *in vitro*

Состав питательных сред и их приготовление. Подготовка и стерилизация инструментов.

Практическое занятие

Лабораторная работа № 2. Введение образцов в культуру *in vitro*

Подготовка растительного материала, стерилизация эксплантов.

Практическое занятие

Лабораторная работа № 3. Введение образцов в культуру *in vitro*

Микроразмножение и укоренение растений в культуре *in vitro*.

Практическое занятие

Лабораторная работа № 4. Введение образцов в культуру *in vitro*

Знакомство с методами среднесрочного и длительного хранения микрорастений (*in vitro* и *in cryo*) / Высадка *in vitro* растений в грунт.

Практическое занятие

Лабораторная работа № 5.

Низкотемпературное хранение генетических ресурсов растений

Проверка всхожести семян до и после низкотемпературного хранения.

Практическое занятие

Лабораторная работа № 6. Молекулярно-генетические методы для сохранения генетических ресурсов растений и эффективного использования их в селекции

Подготовка лабораторной посуды и инструментов для проведения молекулярно-генетических работ и особенности работы с высокоточными приборами. Техника безопасности при работе в генетической лаборатории.

Практическое занятие

Лабораторная работа № 7. Молекулярно-генетические методы для сохранения генетических ресурсов растений и эффективного использования их в селекции

Выделение ДНК из растительной ткани.

Практическое занятие

Лабораторная работа № 8. Молекулярно-генетические методы для сохранения генетических ресурсов растений и эффективного использования их в селекции

Подготовка реакционной смеси и постановка ПЦР.

Практическое занятие

Лабораторная работа № 9. Молекулярно-генетические методы для сохранения генетических ресурсов растений и эффективного использования их в селекции

Методы визуализации результатов ПЦР.

Практическое занятие

Лабораторная работа № 10. Молекулярно-генетические методы для сохранения генетических ресурсов растений и эффективного использования их в селекции

Оценка результатов ПЦР методом электрофореза.

Практическое занятие

Семинар «Криоконсервация семенных и вегетативно размножаемых культур».

Семинарское занятие проводится в формате дискуссии — мини конференции. Учащиеся получают заранее перечень тем для подготовки к семинарскому занятию. Готовят устное сообщение с небольшой мультимедийной презентацией, иллюстрирующей основные разделы доклада учащегося. Далее учащийся выступает с докладом перед аудиторией не более 7 минут. Преподаватель проводит дискуссию в виде «вопрос-ответ» по каждому выступлению с вовлечением всех учащихся в обсуждение. Преподаватель оценивает не только выступление учащегося с докладом, но и его работу с аудиторией и в дискуссиях по темам других выступающих. Результат оценки заносится в ведомость текущего контроля.

Требования к текстовой части доклада (по содержанию соответствует устному докладу). При подготовке документа предполагается использование современных текстовых редакторов типа Microsoft Word или других издательских систем. Шрифт Times New Roman, размер шрифта 14, межстрочный интервал 1,5, поля документа справа, сверху, снизу 1,5 см, слева 2,5 см, выравнивание текста по ширине, абзацный отступ 1,5, нумерация страниц справа внизу.

Требования к презентации. При подготовке презентаций предполагается использование современных общеиспользуемых редакторов типа PowerPoint и др. Презентация должна состоять из интерактивных слайдов (не менее 10 страниц, с возможностью просмотра видеоклипа, прослушивания звукозаписи или запуска другого приложения, если требуется) с установленной структурой и тематической связью между слайдами. При выполнении работы учащийся должен выполнить информационную постановку задачи, донести информацию до слушателя в доступной и наглядной форме, не перегружая слайды текстовой информацией, использовать графические объекты, шаблоны, стили, картинки и графики. Важно указывать авторство иллюстративного и текстового материала в виде ссылок на источники. Слайды необходимо пронумеровать.

Примерный перечень тем сообщений семинарского занятия:

1. Генетические банки растений: проблемы формирования, сохранения и использования.
2. Криосохранение генетических ресурсов растений в условиях многолетней мерзлоты.
3. Стратегия сохранения диких сородичей культурных растений.
4. Методы криосохранения генетических ресурсов растений.
5. Биологические свойства семян.
6. Технологии среднесрочного хранения генетических ресурсов растений.
7. Основные этапы схемы криосохранения.
8. Особенности замораживания почек стебля и меристем, культур клеток и тканей.
9. Факторы, влияющие на жизнеспособность клеток после криосохранения.
10. Методы длительного хранения генетических ресурсов растений.
11. Криосохранение вегетативно размножаемых культур.
12. Технологии криосохранения пыльцы плодовых культур и последующее использование.
13. Определение качества семян (всхожесть, энергия прорастания, жизнеспособность, чистота семян, влажность семян, масса 1000 семян, хозяйственная годность семян).
14. Методы восстановления всхожести семян.

Леншин Александр Анатольевич

ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова», Санкт-Петербург, Россия
Ведущий специалист отдела управления

Лабораторный практикум к дополнительной образовательной программе «Генетика и генетические технологии растений»

Введение

Одной из наиболее актуальных задач современной биологической науки является сохранение биоразнообразия, важным компонентом которого являются генетические ресурсы культурных растений и их диких родичей, являющиеся основой для производства продовольствия и ведения сельского хозяйства в России. Актуальность данного вопроса постоянно возрастает, что связано с угрозой утраты генофонда в результате генетической эрозии, урбанизации, воздействия неблагоприятных абиотических факторов среды.

Важные сельскохозяйственные культуры, как плодовые (включая ягодные), орехоплодные, декоративные, картофель, некоторые овощные, можно стабильно воспроизводить только при вегетативном размножении. Практическое решение надежного сохранения генофонда вегетативно размножаемых культур состоит в оздоровлении от инфекций; в создании дублетных коллекций, сохраняемых в контролируемых условиях среды; в оптимизации этих условий, направленных на сохранение высокой жизнеспособности, регенерационной способности и генетической стабильности образцов.

Целью данных лабораторных работ — знакомство учащихся с практическими приемами осуществления *in vitro* сохранения вегетативно размножаемых культур.

Оборудование биотехнологической лаборатории и правила работы

Для организации биотехнологической лаборатории необходимы просторные изолированные помещения, а также современное оборудование и высококачественные реактивы. Для удобства проведения дезинфекции полы, стены и потолок в помещениях должны иметь водостойкое и ультрофиолетоустойчивое покрытие.

Ниже приведен примерный базовый перечень оборудования и материалов биотехнологической лаборатории.

Оборудование моечного помещения: мойки с горячей и холодной водой; дистиллированная вода; дистилляторы и бидистилляторы; сушильные шкафы с режимом работы для сушки посуды — до 100–130 °С, для инструментов — до 170 °С; шкафы для хранения чистой посуды и инструментов, емкости для хранения моющих средств, вытяжные шкафы с эксикаторами для хромпика.

Оборудование помещения для приготовления питательных сред: лабораторные столы; холодильники для хранения маточных растворов солей, гормонов и витаминов; аналитические и торсионные весы; иономер; магнитные мешалки; плитки, газовые горелки; набор посуды (колбы, стаканы, мерные цилиндры, мензурки, пробирки и др.), необходимый набор химических реактивов надлежащей степени чистоты.

Оборудование помещения для стерилизации: автоклавы с режимом работы — давление 1–2 атмосферы и температура 120°C; стеллажи для штативов с питательными средами; шкафы для хранения стерильных материалов. Данное помещение должно быть оборудовано приточно-вытяжной вентиляцией и иметь канализационный слив для отвода конденсата из автоклава.

Оборудование помещения для инокуляции растительных эксплантов на питательные среды: ламинар-боксы, лабораторные столы, стеллажи, бактерицидные лампы, шкафы для материалов и оборудования.

Оборудование культуральных помещений:

световое отделение — источники освещения со спектром близким к спектру дневного света (от 3 до 10 kLx), кондиционер для регуляции температуры (25 ± 2 °C) и влажности воздуха (70 %), стеллажи для штативов с культивируемым материалом;

темновое отделение — с тем же оборудованием, исключая источники освещения. Для культивирования эксплантов на питательной среде желательно использовать термостаты или хладотермостаты, способные с высокой точностью поддерживать задаваемые режимы температуры и влажности воздуха.

Необходимый набор посуды, инструментов и материалов в биотехнологической лаборатории: мерные колбы, колбы Эрленмейера, химические стаканы, мерные цилиндры, чашки Петри, пробирки, бутылки, пипетки, стеклянные палочки, стеклянные и мембранные фильтры, ланцеты (в том числе глазные, хирургические, анатомические), ножницы, пинцеты, ножи, бритвенные лезвия, препарировальные иглы, шпатели, бумага (оберточная, пергаментная, фильтровальная), фольга алюминиевая, вата, марля, шпагат.

Правила работы и использования лаборатории

При работе в стерильном помещении лаборатории все находящиеся в лаборатории обязаны соблюдать следующие правила работы, которые обеспечивают стерильность в работе и исключают возможность возникновения заражений при выполнении работ:

1. Все сотрудники (учащиеся, посетители), находящиеся в лаборатории, должны быть в халатах, сменной обуви (либо бахилах), белой шапочке или косынке.
2. В помещении запрещается прием пищи и хранение продуктов питания.
3. Нельзя вносить в лабораторию посторонние вещи.
4. Запрещается выходить за пределы лаборатории в халатах или надевать верхнюю одежду поверх лабораторного халата.
5. Каждый сотрудник должен пользоваться только своим рабочим местом, учащиеся специально подготовленными индивидуальными рабочими местами;
6. Все манипуляции должны производиться с соблюдением правил стерильности (при работе с учащимися под наблюдением или непосредственно преподавателем): все стерильные работы проводят вблизи пламени горелки (**Внимание, соблюдайте осторожность при работе с открытым пламенем!**), переливание химических (или содержащих возбудителей и/или вирусы) жидкостей производят над лотком с дезинфицирующим раствором (под присмотром преподавателя и/или преподавателем) и т. п.
7. Нужно строго следить за чистотой рук: по окончании работы с зараженным материалом их дезинфицируют. Рабочее место в конце дня приводят в порядок и тщательно дезинфицируют.

8. Весь инвентарь, находившийся в контакте с зараженным материалом, подлежит стерилизации или уничтожению.

Биотехнологическую лабораторию необходимо содержать в чистоте.

Следует регулярно проводить санитарную уборку помещений лаборатории. Обеспечить полную стерильность лаборатории очень трудно и это не всегда необходимо, но значительно снизить количество микроорганизмов в воздухе и на различных поверхностях в лабораторных помещениях возможно, применяя на практике методов дезинфекции.

Для культивирования стерильных проростков необходимо использовать ламинарбоксы, обеспечивающие посадку эксплантов на питательную среду без заражения микроорганизмами. Все поверхности ламинара обрабатываются 96 % спиртом, простерилизованные инструменты, материалы, растительный материал помещают на стол ламинара и включают УФ-излучение. Через 20 минут выключают УФ и включают биофильтры. Для работы в ламинарбоксе надевают стерильный халат и шапочку, руки обрабатывают 96 % спиртом.

Инструменты для работы (пинцеты, скальпели и препарировальные иглы) помещают в стакан с 96 % спиртом. Перед каждой манипуляцией инструменты обжигают на пламени спиртовки. В случае нарушения стерильности на средах хорошо развиваются микроорганизмы (грибы, бактерии), нарушающие состав среды и подавляющие рост растительных эксплантов.

Посуду, халаты, вату, бумагу, дистиллированную воду, питательные среды стерилизуют в автоклавах под давлением пара 1–2 атмосферы и температурой 120 °С в течении 20–60 мин., в зависимости от объема стерилизуемого материала. Колбы, штативы со средой, вату, бумагу, халаты перед автоклавированием заворачивают в целлофановую бумагу, либо помещают в биксы. Металлические инструменты автоклавировать нельзя, так как под действием пара образуется ржавчина. Поэтому их стерилизуют сухим жаром в термостатах с температурой 170–250 °С в течении 1–2 часов.

Лабораторная работа № 1

Введение образцов в культуру *in vitro* — Состав питательных сред и их приготовление. Подготовка и стерилизация инструментов

Цель работы: Ознакомиться с особенностями работы в лаборатории с стерильными условиями, подготовки лабораторных инструментов и рабочих поверхностей, а также с основными принципами приготовления питательных сред для введения растительных образцов в культуру *in vitro*.

Оборудование и реактивы: Ламинарный бокс, весы, шпатели, магнитная мешалка, рН-метр, автоклав, спиртовка, нагревательный прибор Steri (Simon Keller AG), простерилизованные инструменты и посуда: химические стаканы (50, 100, 250 мл), штативы с пробирками, чашки Петри; инструменты (пинцеты, скальпели, препаровальные иглы), стакан или колба объемом 1 л, мерные цилиндры — 500 мл, 100 мл, мерные пипетки — 5 мл, 1 мл; реактивы и вещества: моющие средства (стиральный порошок), хромпик, спирт 96 %, готовые растворы макро- и микросолей, Fe-хелата и витаминов, мезо-инозит, сахароза, агар, 1 н HCl и 1 н KOH; ватные пробки или фольга.

Система понятий: Питательная среда — один из основных факторов успешного культивирования тканей и клеток растений. Компонентами питательных сред являются минеральные соли, источник углеводного питания, витамины и фитогормоны. Иногда в состав питательных сред входят органические добавки. Среды по консистенции бывают твердыми или агаризованными, и жидкими, в зависимости от цели исследования. Для приготовления твердых питательных сред используется агар-агар. Жидкие среды используют для культивирования суспензий, каллусов, изолированных органов и тканей. Для введения в культуру, микроразмножения и хранения растений *in vitro* обычно используют твердые среды, представляющие собой гели. Как правило, в качестве гелеобразующего агента используют агар-агар. В настоящее время применяют и другие гелеобразующие агенты, например, фитогель.

Большинство тканей, культивируемых *in vitro*, способны синтезировать все необходимые для жизнедеятельности витамины. Но на первом этапе — при введении в культуру, обязательно добавлять витамины. Для регуляции дифференциации и морфогенеза необходимыми являются регуляторы роста. Подбирая соотношение и концентрацию этих веществ, можно направленно регулировать их органогенное действие.

Культуры растительных тканей в отношении углеродного питания не автотрофны и их необходимо выращивать на питательных сахаросодержащих средах. Значение рН среды влияет на стойкость и усвояемость ряда составляющих питательных сред растительными клетками и тканями. Значение рН большинства растительных тканей лежит в пределах от 5,0 до 7,0. Величину рН среды перед автоклавированием доводят до 6,5–7,0, потому что в дальнейшем она немного уменьшается в результате образования сахарных кислот при автоклавировании. Для удобства и ускорения процесса приготовления питательной среды целесообразно заранее приготовить концентрированные растворы макро- и микросолей, витаминов и регуляторов роста.

Успех введения в культуру часто определяется эффективностью стерилизации. Выбор стерилизующего агента зависит от особенностей экспланта. Для нежных тканей концентрация стерилизующего агента должна быть снижена, чтобы сохранить жизнеспособность экспланта.

Вопросы для актуализации знаний:

1. Что значит стерильная среда?
2. Почему проводить биотехнологические работы нужно в специальных лабораториях?
3. Как вы думаете зачем нужна питательная среда?
4. Почему при введении и в культуру *in vitro* пользуются питательными средами, а не грунтом, например?
5. Какие методы дезинфекции вы знаете?
6. Нужно ли добавлять специальные вещества (микроэлементы, фитогормоны и пр.) в питательную среду? Почему?

Пояснение к работе:

Клеточные технологии культивирования *in vitro* органов, тканей, клеток высших растений, могут облегчить и ускорить традиционный селекционный процесс. Они предлагают новые пути для создания генетического разнообразия и отбора форм с заданными признаками. Кроме того, клеточные технологии эффективны в создании безвирусного материала вегетативно размножаемых растений.

Под методом культуры клеток и тканей понимают выращивание *in vitro* изолированных клеток, тканей, органов в стерильных условиях на искусственных питательных средах. В последние годы интерес к данным методам значительно вырос, они используются в фундаментальных физиологических, цитологических, генетических, селекционных, исследованиях. Клетки растений, культивируемые *in vitro* можно выращивать в виде неорганизованной клеточной массы (каллюс), которая сохраняет способность синтезировать специфические соединения; можно стимулировать и вызывать образование растений-регенерантов, клонов исходному растению.

Ход работы

Часть 1. Стерилизация ламинарбокса и инструментов

Цель работы: освоить методы подготовки помещений, материалов, инструментов, оборудования к работе с культурой растительных тканей; освоить навыки проведения работ в ламинарном боксе.

1. Ознакомиться с устройством биотехнологической лаборатории.
2. Под руководством преподавателя освоить принципы работы автоклава, сушильного шкафа, дистиллятора и другого вспомогательного оборудования.
3. Посуду замочить в растворе гипохлорита натрия, тщательно отмыть в растворах детергентов (стиральный порошок), промыть 8–10 раз проточной водой, поместить (под присмотром преподавателя) на 4–6 часов в хромпик, промыть теплой водой, затем дважды дистиллированной.
4. Чистую посуду поместить в сушильный шкаф на 2 часа при температуре 100–130 °С.
5. Сухую посуду для хранения закрыть ватными пробками, фольгой, целлофаном.
6. Перед началом работы рабочую поверхность ламинар-бокса обрабатывают 96 % спиртом и облучают УФ в течение 20–30 минут. Затем выключают УФ и включают биофильтры.

7. Для работы в ламинар-боксе надевают стерильный халат, руки обрабатывают 96 % спиртом.
8. Пинцеты, скальпели и препарировальные иглы помещают в стакан со свежей порцией 96 % спирта.
9. Перед каждой манипуляцией инструменты стерилизуют, обжигая в пламени спиртовки или газовой горелки.

Примечание: Учитывая, что в спирте могут сохраняться споры бактерий, для стерилизации инструментов предпочтительнее использовать нагревательный прибор Steri (Simon Keller AG). Он создает температуру 250 °С и служит для быстрой стерилизации инструментов в процессе работы.

Часть 2. Приготовление питательных сред

Цель работы: приготовить питательную среду, растворы компонентов, провести стерилизацию приготовленной среды автоклавированием.

Питательные среды, в основном, представляют собой модификации стандартных сред Мурасиге-Скуга, В5 Гамборга и др. Их компоненты можно разделить на шесть групп:

1. Основные неорганические вещества (макроэлементы) — это соединения азота в форме нитратов, нитритов, солей аммония; фосфаты, сульфаты, а также растворимые соли калия, натрия, кальция, магния.
2. Микроэлементы — соли, содержащие йод, бор, марганец, цинк, молибден, медь, кобальт.
3. Источник железа — железо применяют в виде хелатов — наиболее доступная для усвоения форма железа.
4. Источники углерода — применяют ди- или моносахара в концентрации 20–60 г/л, обычно используют сахарозу, иногда глюкозу, фруктозу, мальтозу;
5. Органические добавки — мезоинозит в концентрации 100 мг/л; витамины: В6, В1, РР, С, Е, В12.
6. Фитогормоны (регуляторы роста и развития растений) — в методиках, применяемых для хранения коллекций *in vitro*, используют ауксины, цитокинины, гиббереллины.

Для приготовления 1 л среды Мурасиге-Скуга (МС) необходимо взять: макросоли МС 100 мл (каждого маточного раствора), микросоли МС 1 мл (каждого маточного раствора), Fe-хелат 5 мл, мезоинозит 100 мг, В1 1 мг (1 мл маточного раствора), В6 1 мг (1 мл маточного раствора), РР 0,5 мг (0,5 мл маточного раствора), сахароза 30 г, агар-агар 7 г.

1. Колбу или стакан объёмом 1 л поместить на магнитную мешалку, налить 50–100 мл дистиллированной воды и добавить необходимый объем макро- и микросолей, Fe-хелата, витаминов и фитогормонов (если входят в состав среды).
2. Взвесить необходимое количество мезоинозита, сахарозы. Каждую навеску растворить в отдельной порции воды и добавить к смеси.
3. Довести рН до 6,6–6,8 с помощью раствора 1 н КОН или раствора 1 н НСl.
4. Навеску агара поместить в термостойкую колбу или стакан, залить холодной водой (50–100 мл), оставить на 20 минут для набухания и нагреть, постоянно помешивая до полного растворения агара.

5. Добавить растворенный агар-агар к раствору среды МС и довести до нужного объема (1 л) дистиллированной водой. Среду подогреть до полного растворения всех компонентов.
6. Разлить теплую среду в колбы или пробирки и закрыть ватными пробками или фольгой.

Внимание: Объем среды в колбе для автоклавирования не должен превышать 1/2–2/3 объема колбы.

7. Простерилизовать среду в автоклаве при давлении 0,8–1 атм (температура 115–120 °С) в течение 20–30 минут.

Внимание!!! Проводить автоклавирование может только сотрудник, имеющий разрешение на работу с автоклавом. Учащимся запрещается работать с прибором!!!

Для удобства и ускорения процесса приготовления питательной среды целесообразно заранее приготовить концентрированные растворы макро- и микросолей, витаминов и регуляторов роста. Однако, на первой лабораторной работе целесообразно продемонстрировать (при наличии времени) приготовление маточных растворов используемых при приготовлении питательных смесей.

Для приготовления маточных растворов каждую соль взвешивают и растворяют отдельно в новой порции дистиллированной воды. Растворы хранят в холодильнике при 2–4 °С в посуде из темного стекла не дольше 4–6 недель. Растворы витаминов и фитогормонов готовят в концентрации 1 мг/мл. Растворяют в дистиллированной воде и хранят в замороженном состоянии в морозильной камере. Углеводы и органические добавки взвешивают и добавляют непосредственно в среду.

После добавления в среду всех компонентов добавляют воду до нужного объема и доводят рН раствора до определённого значения.

Маточные растворы микроэлементов готовят в концентрациях, которые в 100 раз превышают необходимые, из расчета, чтобы в 1 мл маточного раствора содержалась масса вещества, необходимая для приготовления 1 л среды. Для приготовления маточных растворов каждую соль взвешивают и растворяют отдельно в новой порции дистиллированной воды.

Растворы витаминов готовят в концентрации 1 мг/мл. Растворяют в 10 мл дистиллированной воды.

Растворы фитогормонов готовят следующим образом:

- цитокинины сначала растворяют в небольшом количестве 1 н раствора щелочи или кислоты;
- ауксины — в капле этанола, подогревают и добавляют соответствующий объем дистиллированной воды;
- гиббереллины растворяют в дистиллированной воде. Концентрация растворов 1 мг/мл.

Растворы витаминов и фитогормонов разливают по 10 мл и хранят в замороженном виде в морозильной камере.

Примерные вопросы для закрепления темы и подведения итогов работы:

Какие основные принципы работы в биотехнологической лаборатории?

Что необходимо подготовить для проведения работ с культурой *in vitro*?

Какие существуют способы подготовки химической посуды и инструментов для работы в биотехнологической лаборатории?

Что такое ламинарный бокс?

Как проводят работы в ламинаре?

Какие требования техники безопасности необходимо соблюдать для работы в биотехнологической лаборатории?

Какие основные принципы составления питательных сред для культур растений *in vitro*?

Перечислите обязательные компоненты сред?

Какие витамины используют в составе сред культивирования?

Какие фитогормоны используют в составе сред культивирования?

Для чего готовят маточные растворы?

Как готовят маточные растворы макро-, микросолей, витаминов и фитогормонов?

Дополнительные задания:

Предложите и изобразите краткие схемы протокола подготовки питательных сред.

Лабораторная работа № 2

Введение образцов в культуру *in vitro* — Подготовка растительного материала, стерилизация эксплантов

Цель работы: Ознакомиться с особенностями подготовки растительного материала для введения в культуру *in vitro*, а также с основными принципами стерилизации растительного материала.

Материал: Семена и/или проростки различных культур.

Оборудование и реактивы: 70 % раствор этилового спирта, дистиллированная стерильная вода, «белизна» (Асе), стаканчики для стерилизующих растворов, пробирки со стерильной питательной средой, инструменты, ламинарбокс.

Система понятий: Основное условие выращивания *in vitro* растительных объектов — это стерильность. Поверхности растений бывают инфицированы эпифитными бактериями, грибами и их спорами. В связи с этим первым шагом для получения изолированных клеток, тканей и органов растений является стерилизация растительного материала. Режим стерилизации устанавливается экспериментально для каждого объекта. Но существуют общие правила, которых следует придерживаться.

Для стерилизации используют разнообразные стерилизующие вещества: хлорамин, «белизна» (Асе); окислители — перекись водорода, перманганат калия, и даже препараты, содержащие ртуть. Правильный выбор стерилизующего вещества заключается в нейтрализации эпифитной микрофлоры и сохранению ткани растения. Применяемое стерилизующее вещество не должно глубоко проникать в ткань и должно легко вымываться. Растительные ткани после стерилизации необходимо промыть в стерильной дистиллированной воде.

Вопросы для актуализации знаний:

1. Почему необходимо стерилизовать растительный материал перед введением в культуру *in vitro*?
2. Какие стерилизующие вещества вы знаете?
3. Какими должны быть стерилизующие вещества, применяемые для растительных объектов?
4. Как вы думаете на какой стадии введения растительного материала в культуру *in vitro* необходимо производить стерилизацию? Почему?

Пояснение к работе:

Растительные экспланты стерилизуют растворами содержащих активный хлор, перекись водорода, спирт, нитрат серебра, антибиотики. Все манипуляции с химическими веществами должны проводиться под присмотром преподавателя.

Для предварительной стерилизации часто применяют 70 % этиловый спирт, в нем промывают стерилизуемый материал (не более 5 минут).

Для стерилизации перекисью водорода растительных тканей обычно используют 10 % раствор в воде.

Гипохлорит кальция (хлорная известь) применяют в виде 5–7 % раствора для обработки почек, завязей, цветков, семян, побегов в течение 5–8 минут.

Гипохлорит натрия используют в виде 0,5–5 % раствора для обработки любых эксплантов в течение 1–20 минут. Время стерилизации и концентрацию подбирают экспериментально для каждого объекта.

Хлорамин применяют в концентрации 1–6 %. Пыльники и молодые зародыши обычно обрабатывают в течение 13 минут, сухие семена — 30–60 минут, затем промывают стерильной дистиллированной водой 2–3 раза.

Растворы, содержащие активный хлор, используют один раз и готовят непосредственно перед работой. Для стерилизации растительного материала часто применяют бытовые хлорсодержащие средства (например, отбеливатель Асе). Концентрацию и время стерилизации подбирают экспериментально для каждого используемого средства.

Ход работы

Цель работы: подобрать концентрацию стерилизующего раствора и время стерилизации семян, которые могли бы обеспечить наивысшую эффективность. Провести стерилизацию семян.

1. Приготовить стерилизующий раствор (например, «белизны», Асе) разной концентрации — 1:1, 1:2, 1:3, 1:4.
2. В марлевые мешочки поместить по 10 семян исследуемых культурных растений.
3. Промыть семена мыльным раствором.
4. Мешочки с семенами погрузить в стаканчики с этанолом на 1–2 минуты.
5. Стерильным пинцетом перенести мешочки в стаканчики с пометкой соответствующей концентрации раствора и выдержать от 10 до 20 минут.
6. Простерилизованные семена промыть стерильной дистиллированной водой — 3 раза по 10 минут.
7. В ламинарбоксе стерильным пинцетом перенести семена на питательную среду (не содержащую гормонов) в пробирки.
8. Пробирки подписать в соответствии с примененной концентрацией и временем, поместить в люминестат при температуре 26 °С, до прорастания.
9. Первичные результаты представить в виде таблицы.
10. Через 3–5 дней проанализировать полученные результаты и занести их в предварительно представленную таблицу.
11. Определить наиболее эффективные условия стерилизации семян.
12. Сделать выводы.

Культура	Концентрация раствора	Время обработки	Количество семян, шт.	Количество инфицированных семян		Всхожесть семян		Эффективность стерилизации, %
				шт.	%	шт.	%	

Примерные вопросы для закрепления темы и подведения итогов работы:

1. Какие методы стерилизации используют при работе в биотехнологической лаборатории?
2. Что такое стерилизация и какие существуют виды стерилизации?

3. Для чего проводят стерилизацию растительного материала?
4. Какие вещества используют для стерилизации семян?
5. Для чего необходимо подбирать режим стерилизации растительного материала?
6. Для чего используют асептические проростки в методах культуры растительных клеток и тканей?

Дополнительные задания:

Составьте таблицу по результатам проведенной лабораторной работы по применению концентраций стерилизующих растворов для семян всех использованных культур.

Лабораторная работа № 3

Введение образцов в культуру *in vitro* — Микроразмножение и укоренение растений в культуре *in vitro*

Цель работы: Овладеть техникой выделения эксплантов, проведения их стерилизации; овладеть техникой выделения зрелых зародышей, получить каллюс, оценить эффективность процесса каллюсогенеза.

Материал: Проростки различных культур и/или черенки вегетативно размножаемых культур.

Система понятий:

В культуре *in vitro* можно размножать растения и получать оздоровленный (безвирусный) посадочный материал. Для оздоровления растений используют культуру апексов или культуру апикальных меристем, так как в стеблевой апекс вирусы проникают медленнее, чем в другие части растений. При культивировании апексов размножение вирусов подавляется реакцией растительного организма на травму, вызванную отсечением верхушки.

Обычно на питательные среды высаживают небольшую часть меристемы до 0,5 мм. В целом закономерность такова: чем меньше величина меристемы, тем больше вероятность получения безвирусных растений. Ее выделение осуществляется в ламинарбоксе с использованием препарировальных инструментов под увеличением бинокулярного микроскопа.

Культивирование растений из апикальных меристем позволяет получать безвирусный оздоровленный посадочный материал практически всех сельскохозяйственных культур. Наиболее полно разработана технология получения безвирусного картофеля.

В культуре тканей используются апексы верхушечных и боковых почек. Регенерацию растений из культуры тканей можно получить, используя один из трех методов: культуру зародышей, органогенез, соматический эмбриогенез. Соматический или неполовой эмбриогенез представляет собой процесс формирования зародышеподобных структур из соматических клеток. Соматический зародыш — это независимая двухполюсная структура, физически не прикрепленная к ткани, из которой она происходит. Такие зародыши в дальнейшем могут развиваться и образовывать регенеранты через стадии, соответствующие тем, что встречаются при развитии зиготы. Подобное явление можно встретить у многих видов растений в условиях *in vitro* при работе с культурами различных типов клеток, тканей и органов, тогда как в природе такие процессы происходят внутри семян. При соматическом эмбриогенезе переноса каллуса на среду без регуляторов роста обычно бывает достаточно для стимуляции более поздних стадий развития зародыша и его последующего прорастания. Образование соматических зародышей из культур клеток, тканей и органов может происходить прямым или косвенным путем.

Формирование соматических зародышей может быть достигнуто путем использования соответствующей питательной среды, условий культивирования и отбора экспланта. Соматический эмбриогенез моркови представляет собой классический пример регенерации растений по типу непрямого соматического эмбриогенеза.

Использование микрочеренков при клональном размножении растений *in vitro* имеет наиболее широкое распространение. В качестве черенков чаще всего используются просыпающиеся почки или верхушки молодых побегов.

У корневищных многолетников используют подземные почки корневища. У луковичных листовые чешуи или центральные почки луковиц. В некоторых случаях используются листовые черенки — растения способные продуцировать особи из фрагментов

листьев или их черешков. При этом главным является отбор черенков на начальных этапах сезонного роста. В этот период их инфицирование значительно меньше и повышенный гормональный фон способствует более эффективному введению. Этот же способ размножения может быть использован и с растениями стерильными после развития растений из каллюсных культур. Микрочеренки отделяются от материнского клона и рассаживаются в новые колбы с агаризованной средой.

Для введения в культуру *in vitro* предпочтительнее использовать выращенный в теплице растительный материал как менее инфицированный фитопатогенами и более молодой. У ягодных растений побеги выращивают в теплице из спящих почек, у древесных растений молодые побеги получают в результате прививки на подвои. Для ягодных и плодовых культур используют верхушки побегов в стадии активного роста. При введении в культуру *in vitro* растительного материала необходимо придерживаться следующих рекомендаций.

Исходные растения должны соответствовать морфологическим характеристикам типичного фенотипа образца. Растения должны быть визуально здоровыми, находиться в стадии активного роста и по возможности быть протестированы на наличие вирусных инфекций. Полевой растительный материал следует отбирать при сухой погоде для минимизации бактериальной и грибной инфицированности.

В качестве эксплантов используют целиком верхушечные и пазушные почки растений или вычлененные из них апикальные меристемы с 1–2 парами листовых примордиев.

Чем меньше размер экспланта, тем ниже его регенерационная способность, но, с другой стороны, при использовании крупных эксплантов увеличивается вероятность присутствия в их клетках фитопатогенов, что впоследствии затруднит оздоровление пробирочных растений. Поэтому для каждого объекта необходимо выбирать оптимальный размер и стадию развития экспланта.

При введении различных культур в культуру *in vitro* — можно пользоваться уже известными протоколами для введения в культуру *in vitro*, микроразмножения, укоренения, и среднесрочного хранения, например, картофеля, малины, жимолости и т. п.

Вопросы для актуализации знаний:

1. Как можно получить безвирусный материал?
2. Что называют эксплантом?
3. Какие части можно использовать в качестве эксплантов?
4. Какие растения предпочтительней выращивать в культуре *in vitro*?
5. Что такое апекс?
6. Что называют примордием?

Пояснение к работе:

Микроклональное размножение — это массовое бесполое размножение в культуре *in vitro*, которое может осуществляться разными методами. Одним из них является метод стимуляции развития уже существующих в пазухах листьев меристем путем снятия апикального доминирования. В культуре почек и вычлененных из них меристем апикальное доминирование подавляют введением в питательную среду веществ с цитокининовой активностью, при образовании микропобегов — путем удаления верхушечной почки. Данный метод достаточно надежен, не вызывает появления мутантных растений при правильном подборе питательной среды и оптимальном числе субкультивирований.

Способность генотипа к микроразмножению характеризуется коэффициентом микроклонального размножения. Коэффициент микроклонального размножения (КМР) — это

число микропобегов, образовавшихся на питательной среде, дополненной цитокинином, из одной почки микрочеренка за определенный период времени. Для вычисления КМР генотипа используют среднее значение, полученное на выборке из 15–20 однопочковых микрочеренков.

Укоренение микрочеренков можно осуществлять как на питательной среде без гормонов (например, у картофеля, луков, чеснока, некоторых ягодных культур), так и с обязательным использованием ауксинов (большинство плодовых культур). В качестве индукторов корнеобразования хорошо зарекомендовали себя ауксины. Однако, их длительное присутствие в питательной среде нежелательно, так как может негативно влиять на дальнейшее развитие корневой системы.

Отмечено, что с увеличением числа субкультивирований повышается укореняемость микропобегов, а сроки появления корней сокращаются.

Для растения каллюс — это группа клеток, возникающая при травмах (травматическая паренхима), защищающая место ранения. В ней накапливаются питательные вещества для регенерации анатомических структур или утраченного органа.

Каллюс в условиях *in vitro* представляет собой ткань, состоящую из дедифференцированных клеток, характеризующихся постоянным неорганизованным ростом и пролиферацией.

Каллюсные ткани могут образовываться из асептически проросшего семени, отрезков стеблей и корней, паренхимы корнеплодов изолированной сердцевины стеблей, из камбиосодержащих тканей стеблей и корней, из листьев, органов цветка, зародышей, плодов.

На питательных средах с ауксинами клетки экспланта утрачивают прежние функции и морфологию, дедифференцируются и переходят к пролиферации. Чем меньше структурно и химически дифференцирована клетка, тем легче получить каллюс.

Клетки каллюса обычно бесцветны, либо имеют зеленоватый оттенок. В зависимости от происхождения, условий культивирования и плотности каллюсных тканей различают каллюсы разной плотности: рыхлые, средней плотности, плотные.

Для образования первичной каллюсной ткани в биотехнологии чаще всего используют экспланты, полученные либо из непосредственно выращенного в естественных условиях растения, либо из асептических проростков (полученных при проращивании стерильных семян в пробирках с питательной средой). В дополнительной стерилизации такие экспланты из пробирок не нуждаются.

Использование микрочеренков при клональном размножении растений *in vitro* имеет наиболее широкое распространение. В качестве черенков чаще всего используются просыпающиеся почки или верхушки молодых побегов.

При введении таких черенков *in vitro* используется этапная стерилизация исходного материала с использованием спирта, перекиси водорода и хлорсодержащих препаратов. При удачном введении в последствии дальнейшее их клонирование осуществляется с использованием микрочеренков, которые представляют собой нарезанные фрагменты побегов с 1–3 узлами, или отделенные пучки мелких побегов, обильно нарастающих в базальной части.

Ход работы (могут быть проведены несколько вариантов)

Вариант 1

Цель работы: освоить технику выделения экспланта из асептических проростков и получить первичную каллюсную ткань.

1. Из асептических растений (5–7 дневных проростков), необходимо отобрать только чистые, лишённые инфекции.

2. В ламинарбоксе стерильным пинцетом достать растение из пробирки и поместить на поверхность стерильной чашки Петри.
3. Поддерживая растение пинцетом, скальпелем разрезать его на экспланты: стебель, листья, корни, гипокотили, эпикотили и т. д. размером примерно 5–10 мм.
4. Экспланты поместить по 5–10 штук в чашки Петри со средой для индукции каллюсогенеза.
5. Чашки Петри подписать с указанием состава среды культивирования, даты посадки, названием объекта, типа экспланта и т. д.
6. Чашки с материалом культивировать в термостате при температуре 26 °С.
7. Начиная примерно через 2 недели после посадки можно уже провести оценку частоты каллюсообразования на эксплантах и сделать выводы.

Вариант 2

Цель работы: Выделение экспланта апекса побега картофеля и введение его *in vitro*.

1. Подготовить ламинарбокс. Взять клубни картофеля с проростками («растущий» картофель). Отделить растущий побег провести его стерилизацию.
2. Стерилизованный побег (на стерильной чашке Петри) в ламинарбоксе поместить в поле зрения бинокулярного микроскопа.
3. При малом увеличении в центральной части разреза почки найти удлиненный конус нарастания с верхушкой округлой формы. Над конусом нарастания виден свод, образованный зачаточными листьями (примордии), идущими от основания почки.
4. Препарировавшей иглой изолировать апикальную меристему (конус) на 12–13 пластохроне (промежуток времени между инициациями двух листовых бугорков) и перенести на стерильную среду.
5. Изолированные меристемы культивируют в асептических условиях на питательных средах с богатым содержанием макро- и микросолей, с повышенной концентрацией цитокининов. В культуральной комнате с кондиционированным воздухом поддерживают температуру 25 °С, влажность воздуха 70 %, освещенность 5 кЛх и фотопериод 16 часов.

Комментарий: от посадки меристемы на среду до формирования проростков с 5–6 листочками проходит около 30 дней, в некоторых случаях несколько месяцев. Среду по мере роста эксплантов обновляют, а сами проростки периодически пересаживают на новые среды в стерильных условиях.

Вариант 3

Цель работы: освоить микрочеренкование стерильных проростков.

1. Подготовить ламинарбокс и инструменты к работе.
2. В ламинарбоксе извлечь стерильные проростки из колб.
3. Побеги разделить на микрочеренки (междоузлие с почкой) и посадить в питательную среду на глубину междоузлия.
4. Колбу закрыть пленкой и поместить в культуральную комнату.

5. Результаты можно зарисовать через 2–4 недели. Сделать выводы о степени пролиферации почек различных сельскохозяйственных культур.

Примерные вопросы для закрепления темы и подведения итогов работы:

1. Чем различаются между собой каллюсы разной плотности?
2. Какие вещества входят в состав питательных сред, и какую функцию они выполняют в культуре клеток и тканей *in vitro*?
3. Как получают стерильные проростки и для чего их используют?
4. Из каких областей экспланта образуется каллус?
5. Что называют каллюсом?
6. В чем особенности состава питательной среды для индукции каллюсогенеза?
7. Что такое первичный каллюса.
8. Что такое дедифференциация и пролиферация клеток?
9. Охарактеризуйте основные фазы ростового цикла каллюса?
10. Отличаются ли каллюсы различных видов растений? Чем?
11. Цели использования культуры каллюсов в биотехнологии, генетике и селекции?
12. Какие питательные среды используют для индукции каллюсогенеза и культивирования каллюсов?
13. Какие органы растения могут использоваться в качестве экспланта для каллюсной культуры?
14. Критерии классификации каллюсных тканей?
15. В чем разница между первичным каллюсом от пересадочной каллюсной культуры?

Дополнительные задания:

Результаты можно зарисовать через 2–4 недели. Сделать выводы о степени пролиферации почек различных сельскохозяйственных культур.

Лабораторная работа № 4

Введение образцов в культуру *in vitro* — Знакомство с методами среднесрочного и длительного хранения микрорастений (*in vitro* и *in situ*) / Высадка *in vitro* растений в грунт

Цель работы: Овладеть техникой введения генетических ресурсов растений на среднесрочное и длительное хранение, отработка метода дроблет витрификации (на примере картофеля) и получение навыков криоконсервации; получение навыков подготовки и высадки растений из культуры *in vitro* в грунт.

Материал: Подготовленный растительный материал для введения в *in situ* (апексы, одноузловые микрочеренки картофеля и т. п.). Укорененные микрорастения с хорошо развитой корневой системой (картофель, малина, смородина и т. п.) в пробирках — по 1–2 шт. на участника, проавтоклавированная почвосмесь (нужно заранее подготовить — в автоклаве, отличном от основного автоклава — чтоб не смешивать стерильные пробирки и грунт — простерилизовать 20 минут при 120 градусах).

Оборудование и реактивы: Ламинарбокс, Весы аналитические с точностью до 0,01 г, рН-метр, электроплитка с водяной баней или микроволновая печь для растворения агара, холодильник для хранения рабочих растворов и реактивов, автоклав, сушильные шкафы для сушки и стерилизации посуды, ламинарный бокс с горизонтальным потоком воздуха, стереомикроскоп, светоустановки в комнатах с терморегуляцией или климатические камеры, сосуд Дьюара объемом 25 л для хранения жидкого азота, сосуд Дьюара или термос объемом 0,5–1 л для проведения криоконсервации и переноса криоконсервированного материала в криобанк, инструменты и расходные материалы: пинцеты различного размера, препаравальные иглы, скальпели, ножницы, криопробирки объемом 1,8 мл, стерильные мембранные фильтры, жидкий азот.

Горшочки для высадки микрорастений (непрозрачные), пластиковые прозрачные стаканчики для накрывания в целях создания мини-парника — одинаковое количество по числу горшочков, пинцет нестерильный, стол лабораторный, вода для полива микрорастений, слабый бледно-розовый раствор марганцовки для промывания корней микрорастений — по мере загрязнения менять на свежий, банка для раствора марганцовки, световая установка для горшочков (стаканчиков) с растениями.

Система понятий: Введение понятий «среднесрочное» и «длительное» хранение, их общие и отличительные черты. Составление таблицы с основными признаками двух типов хранения.

Введение понятий «активное» и «базовое» *in vitro* хранение. Составление таблицы с основными признаками двух типов хранения. Вывод — базовое *in vitro* хранение — это криохранение.

Факторы, способствующие увеличению длительности беспересадочного хранения микрорастений:

Питательные среды и химические вещества, приготовление питательных сред, замедляющих темпы роста микрорастений.

Условия сохранения (температура, режим освещенности, тип герметизации пробирок).

Обзор методов криохранения, их сходство и отличие друг от друга. Составление и заполнение таблицы.

В настоящее время долгосрочное хранение семян образцов коллекций генетических ресурсов растений проводится в соответствии со стандартами генных банков FAO, согласно которым сохраняется и коллекция в ВИР. Генофонд вегетативно размножаемых культур возможно долгосрочно сохранять в контролируемых условиях среды в криобанках при

сверхнизких температурах. Что касается стандартов сохранения криоколлекций образцов вегетативно размножаемых культур, в частности, — картофеля, — то до последнего времени они находились в стадии активного обсуждения. Данная ситуация связана с тем, что ни один из способов криоконсервации не является унифицированным для определенного растительного объекта. Так, например, в мировой практике для криоконсервации апексов *in vitro* растений картофеля используют методы быстрого замораживания: дроplet-замораживания, витрификации, дроplet-витрификации. Перечисленные методы различаются техникой исполнения отдельных этапов и составом растворов с криопротекторами. Так, при использовании метода витрификации экспланты обрабатывают раствором с криопротектором (чаще всего — PVS2) непосредственно в криопробирке, а в варианте использования метода дроplet-замораживания экспланты погружают в капли жидкой агарозной питательной среды с криопротектором (10 %-ный раствор DMSO), нанесенные на полоски фольги. Метод дроplet-витрификации сочетает особенности двух предыдущих методов: экспланты помещают в капли с раствором криопротектора (чаще всего — PVS2), нанесенные на полоски фольги.

В настоящее время для криоконсервации картофеля наиболее широко используется метод дроplet-витрификации, как наиболее воспроизводимый и наиболее простой в исполнении. Изначально данный метод был разработан Б. Панисом с коллегами для криоконсервации образцов банана, но в дальнейшем оригинальный протокол был многократно модифицирован для различных растительных объектов, в том числе и для картофеля. В ВИР работы по криоконсервации апексов микрорастений образцов картофеля с использованием метода дроplet-витрификации были начаты в 2010 году, при этом протокол Б. Паниса также был существенно модифицирован. В настоящее время четыре модификации оригинального метода дроplet-витрификации Б. Паниса используются в ведущих мировых генбанках для криоконсервации образцов картофеля: в СІР, Перу; USPG, США; NAC, NAAS, RDA, в Южной Корее; в ВИР. Все методы включают шесть общих этапов:

1. Подготовку растительного материала.
2. Изоляцию апексов микрорастений.
3. Обработку эксплантов раствором PVS2 с криопротекторами.
4. Криоконсервацию/погружение в жидкий азот полосок фольги, с каплями раствора PVS2, в которых находятся экспланты.
5. Оттаивание.
6. Посткриогенное восстановление и учет регенерационной способности. Сравнение оригинального и четырех модифицированных методов дроplet-витрификации позволяет заключить, что фактически каждая модификация отличается по продолжительности отдельных этапов, составу культуральных сред и условиям культивирования. По сравнению с оригинальным методом предложенные в ВИР модификации этапов 1, 2 и 6 позволили существенно сократить продолжительность всего цикла криоконсервации.

Вопросы для актуализации знаний:

1. Что называют генетическими ресурсами растений и какие способы их сохранения вы знаете?
2. Зачем сохранять генетические ресурсы?
3. Что называют среднесрочным хранением генетических ресурсов растений?
4. Что такое длительное хранение генетических ресурсов растений?
5. Что из себя представляет криоконсервация растений?

6. Перечислите методы криоконсервации
7. Типы эксплантов, используемые для криоконсервации растений?

Пояснение к работе:

Питательные среды и растворы для криоконсервации:

Безгормональная среда Мурасиге и Скуга (MS) твердая: макроэлементы, микроэлементы, витамины (Murashige, Skoog, 1962), сахароза 30 г/л, агар 7 г/л; pH 5,8. После приготовления среду автоклавируют.

Безгормональная среда MS жидкая: макросоли, микросоли, витамины (Murashige, Skoog, 1962), сахароза 30 г/л; pH 5,8. Среду необходимо проавтоклавируют.

Раствор LS (Loading solution) осмо- и криопротектор на основе MS с добавлением сахарозы 136,8 г/л, глицерола 184 г/л; pH 5,8. Приготовленную среду не автоклавируют и хранят в морозильнике при -20 °С. Перед применением необходимое количество среды стерилизуют через стерильный мембранный фильтр (диаметр пор — 0,45 мкм) (Panis et al., 2005).

Раствор PVS2 (Plant Vitrification Solution, (витрифицирующий раствор): макросоли, микросоли, витамины и глицин по MS (Murashige, Skoog, 1962), сахароза 136,8 г/л (0,4 М), глицерол 300 г/л, этиленгликоль 150 г/л, DMSO 150 г/л; pH 5,8. Среда не подлежит автоклавированию и стерилизуется с помощью стерильных мембранных фильтров с размером пор 0,45 мкм (Sakai et al., 1990). Хранится в морозильнике при -20 °С.

Раствор RS (среда для размораживания): жидкая среда MS с добавлением 410,4 г/л сахарозы, pH в пределах 5,6–5,8. Среду можно автоклавируют.

Среда MSTo для посткриогенной регенерации: макросоли, микросоли, витамины по MS, сахароза 20 г/л, агар 7 г/л, зеатин рибозид 0,5 мг/л, ИУК 0,5 мг/л, ГК 0,2 мг/л (фитогормоны добавляют после автоклавирования); pH 5,8 (Towill, 1983). Для стерилизации безгормональную среду MS автоклавируют. Раствор фитогормонов стерилизуют через стерильный мембранный фильтр (размер пор 0,22 мкм) и добавляют в охлажденную до 50 °С среду MS.

Модифицированный в ВИР метод капель-витрификации для криоконсервации апексов in vitro растений картофеля

Первый этап — подготовка микрорастений. Основная задача — микроразмножение и получение достаточного количества апексов для проведения трех повторностей эксперимента. С этой целью используют одноузловые микрочеренки in vitro растений картофеля, которые высаживают по 15–20 штук в стеклянные сосуды объемом 0,5 л, заполненные 45–50 мл питательной агаризованной среды MS без гормонов с 30 г/л сахарозы на 3–4 недели. Культивирование проводят на светоустановке с освещенностью 3–4 клк, при 20–25 °С с 16-часовым фотопериодом.

Второй этап — изоляция эксплантов — направлен на получение достаточного числа эксплантов для криоконсервации. В качестве эксплантов используют апексы побегов микрорастений. Для изоляции апексов выбирают хорошо развитые микрорастения картофеля. Все работы на данном этапе проводят с использованием стереомикроскопа и стерильных медицинских игл, надетых на два одноразовых шприца — по одному для каждой руки.левой рукой оператор прижимает часть микропобега (микрочеренок), а правой рукой отсекает листья и стебель, оставляя апекс неповрежденным. Верхушечные почки микрорастений размером 1,8–2,5 мм помещают в жидкую среду MS на время изоляции остальных эксплантов.

Отдельно остановимся на числе эксплантов, необходимом для надежного криохранения образца. Для каждого образца криоконсервация выполняется в трех независимых повторностях. В каждой повторности опыта изолируют 60 эксплантов для каждого образца: 10 из них используют в качестве контроля для проверки влияния питательных сред, осмо- и криопротекторов на жизнеспособность эксплантов (без обработки жидким азотом); 20 — погружают в жидкий азот на 1 час для учета регенерационной способности после оттаивания; 30 эксплантов (без оттаивания) передают на длительное криохранение в биокриокомплекс ВИР. Согласно литературным данным одного часа экспозиции эксплантов в жидком азоте достаточно для адекватной оценки эффективности посткриогенной регенерации.

Третий этап — обработка эксплантов криопротектором — проводят для осмо- и криопротекции эксплантов. На этом этапе применяют двухступенчатую инкубацию изолированных эксплантов: сразу после изоляции апексы в чашке Петри помещают на 20 минут при комнатной температуре в раствор LS, после чего их переносят на 30 минут на лед в заранее охлажденный раствор PVS2. Растворы LS и PVS2 содержат смесь осмо- и криопротекторов (LS — сахарозы и глицерола, PVS2 — сахарозы, глицерола, этиленгликоля и DMSO).

Четвертый этап — замораживание эксплантов в жидком азоте заключается в непосредственном воздействии жидкого азота на апексы побегов. Перед погружением в жидкий азот подготавливают полоски алюминиевой фольги (размером 25x5 мм). Стерильным наконечником наносят по 5 капель среды PVS2 на каждую полоску. Переносят по одному экспланту в каждую каплю. Затем полоски фольги с эксплантами погружают в криопробирки, заполненные жидким азотом (по 2 полоски на пробирку), плотно их закрывают и опускают в переносной сосуд Дьюара с жидким азотом. Криопробирки перед началом эксперимента маркируют, обозначив название сорта, номер (или номер каталога, например как в ВИР) и год закладки на длительное криохранение. Сосуд Дьюара с маркированными криопробирками, содержащими апексы побегов, передают в биокриокомплекс на длительное криохранение. Для оценки частоты посткриогенной регенерации образцов достаточно погрузить криопробирку в жидкий азот на один час. Одного часа экспозиции в жидком азоте достаточно для адекватной оценки эффективности регенерации.

Пятый этап — оттаивание. Данный этап необходим для оценки частоты посткриогенной регенерации образцов. Полоски фольги с эксплантами извлекают пинцетом из жидкого азота и быстро погружают их в раствор RS на 15 минут. Затем экспланты переносят в чашки Петри со средой MSTo.

Шестой этап — изучение способности образцов к посткриогенному восстановлению (оценка частоты посткриогенной регенерации). Чашки Петри с эксплантами на среде MSTo помещают на светоустановку с освещенностью 3–4 клк, температурой 20–25 °С и 16-часовым фотопериодом. Эффективность восстановления после криоконсервации для каждого образца оценивают на 8 неделе беспересадочного культивирования по показателям:

- жизнеспособности эксплантов (число, % зеленых почек на питательной среде MSTo; параллельно учитывают и процент некротизировавшихся эксплантов);
- регенерационной способности (число, % эксплантов, сформировавших микропобеги).

Эти показатели вносят в таблицу рекомендуемого образца, вычисляя средние значения по трем независимым повторностям опыта с подсчетом ошибки среднего.

Минимальные значения частоты посткриогенной регенерации образца, передаваемого на длительное хранение в криобанк, четко не регламентированы. Ранее международные организации, занимающиеся вопросами сохранения биоразнообразия, рекомендовали включать в криоколлекции образцы, частота посткриогенной регенерации которых составляет

не менее 20 %. В настоящее время в отдельных генбанках принят более жесткий регламент — для закладки образца в криобанк рекомендуется минимально допустимая частота посткриогенной регенерации эксплантов не ниже 39 %.

В ВИР криоколлекция картофеля формируется согласно следующим требованиям: для определения частоты посткриогенной регенерации каждого образца необходимо проведение трех независимых повторностей криоконсервации. Согласно полученным результатам посткриогенного восстановления образцы дифференцируются на три группы:

- А) образцы с высокой частотой регенерационной способности — выше 40 %;
- Б) образцы, со средними показателями частоты регенерации — от 21 до 39 %;
- В) образцы, с низкой регенерационной способностью — ниже 20 %.

Образцы из первых двух групп (А и Б) считаются надежно сохраняемыми в криобанке, образцы из группы (В) требуют индивидуального подхода — либо увеличения числа повторностей, либо дальнейшей модификации метода капель-витрификации.

Ход работы

Часть 1. Знакомство с методами среднесрочного и длительного хранения микрорастений (*in vitro* и *in cryo*)

Для воспроизведения модифицированного в ВИРе метода капель-витрификации приводим ниже пошаговый протокол криоконсервации образцов из *in vitro* коллекции культурных видов картофеля.

1. Одноузловые микрочеренки *in vitro* растений картофеля высадить по 15–20 штук в стеклянные сосуды объемом 0,5 л, заполненные 45–50 мл питательной агаризованной среды MS без гормонов с 30 г/л сахарозы и культивировать в течение 3–4 недель при 22 ± 2 °С, фотопериоде 16/8.
2. В ламинаре с использованием стереомикроскопа для каждой повторности изолировать стерильными иглами, закрепленными на шприцах, 60 апексов микрорастений картофеля размером 1,8–2,5 мм.
3. Изолированные апексы поместить в стерильную одноразовую пластиковую чашку Петри (диаметром 6 см) с 5 мл жидкой среды MS до окончания изоляции всех остальных эксплантов.
4. Дозатором со стерильным наконечником объемом 1 мл или стерильной пипеткой Пастера объемом 2–3 мл удалить жидкую среду MS из чашки Петри. Следить за тем, чтобы апексы не попадали внутрь наконечника. Наконечник сменить.
5. Дозатором со стерильным наконечником объемом 1 мл или стерильной пипеткой Пастера объемом 2–3 мл добавить в чашку Петри 5–10 мл раствора LS так, чтобы все апексы были им полностью покрыты. Оставить в ламинаре на 20 минут при комнатной температуре.
6. Дозатором со стерильным наконечником объемом 1 мл или стерильной пипеткой Пастера объемом 2–3 мл удалить раствор LS из чашки Петри. Следить за тем, чтобы апексы не попадали внутрь наконечника. Наконечник сменить.
7. Дозатором со стерильным наконечником объемом 1 мл или стерильной пипеткой Пастера объемом 2–3 мл внести в чашку Петри 5–10 мл заранее охлажденного раствора PVS2 так, чтобы все апексы были им полностью

- покрыты. Оставить чашку Петри с апексами в ламинаре на 30 минут на хладоэлементе.
8. Спустя 20 минут инкубации апексов в растворе PVS2 начать подготовку полосок алюминиевой фольги: в стеклянную чашку Петри диаметром 10 см пинцетом поместить 10 полосок стерильной фольги.
 9. Дозатором со стерильным наконечником объемом 10 мкл или диспенсером нанести на каждую полоску по 5 капель раствора PVS2 объемом 2,5 мкл каждая.
 10. Глазным пинцетом переместить по одному апексу из пластиковой чашки Петри в каждую каплю на полоске фольги. 10 апексов оставить в исходной чашке Петри.
 11. Провести маркировку пяти криопробирок, указав название и номер каталога образца, а также год проведения криоконсервации.
 12. Поставить в ламинар пенопластовый штатив для криопробирок.
 13. Налить в штатив жидкий азот.
 14. Открытые маркированные криопробирки по одной ставить в штатив, заполненный жидким азотом; крышки складывать в пустую стеклянную чашку Петри.
 15. Все криопробирки полностью залить жидким азотом.
 16. После 30-минутной инкубации в растворе PVS2 полоски фольги с апексами быстро погрузить по одной в каждую криопробирку, долить азот до краев, и поместить по второй полоске в каждую криопробирку.
 17. Криопробирки закрыть, перенести их из штатива в сосуд Дьюара и поставить в морозильник (температура -18°C) на один час.
 18. Поставить в ламинар стерильную одноразовую пластиковую чашку Петри (диаметром 6 см).
 19. Налить в чашку Петри 15–25 мл раствора RS при помощи стерильной пипетки Пастера объемом 3–5 мл.
 20. Апексы, оставленные в исходной чашке Петри с раствором PVS2 (см. пункт 4.3), глазным пинцетом перенести в чашку Петри с раствором RS и оставить на 15 минут при комнатной температуре (вариант контроля «-LN»).
 21. Через 15 минут контрольные апексы извлечь пинцетом из раствора RS и поместить их в чашку Петри со средой MSTo для посткриогенного восстановления.
 22. Чашку Петри закрыть парафилмом, подписать название образца, номер повторности опыта, дату и слово «контроль» или «-LN», обозначающий отсутствие этапа погружения в жидкий азот.
 23. Чашку Петри поставить на светоустановку.
 24. По прошествии одного часа криоконсервации в жидком азоте достать из морозильника сосуд Дьюара с криопробирками.
 25. Поставить в ламинар пенопластовый штатив для криопробирок.
 26. Налить в штатив жидкий азот.
 27. Пинцетом достать две криопробирки из сосуда Дьюара и поместить их в штатив, аккуратно открыть криопробирки и залить их жидким азотом.

28. Быстрым и точным движением пинцета перенести полоски фольги с эксплантами из криопробирки в чашку Петри с раствором RS и оставить на 15 минут при комнатной температуре.
29. Повторить пункты 20–23 для криоконсервированных апексов. При маркировке чашек Петри подписать «опыт» или «+LN».

**Форма протокола для учета данных по жизнеспособности
и регенерационной способности эксплантов в экспериментах по криоконсервации**

Вариант опыта	Число эксплантов	Неделя	Номер каталога, название вида, сорта		
			число эксплантов		
Повторность			I	II	III
Дата					
Контроль, -LN		0			
		3			
		6			
		8			
Контроль, %		8			
Криоконсервация, +LN Число жизнеспособных эксплантов		0			
		3			
		6			
		8			
Уровень жизнеспособности, %		8			
Криоконсервация, +LN Число эксплантов с регенерантами		0			
		3			
		6			
		8			
Уровень посткриогенной регенерации, %		8			

Существующие методы криоконсервации образцов картофеля не являются универсальными и требуют постоянного совершенствования, что особенно актуально при работе с большими коллекциями, включающими широкое генетическое разнообразие. В настоящее время в мировых генбанках для криоконсервации картофеля наиболее широко используется метод капель-витрификации, разработанный Б. Панисом. По сравнению с оригинальным, предложенные в ВИРе модификации позволяют существенно сократить продолжительность экспериментов по криоконсервации, при этом большая часть (75 %) изученных образцов культурного картофеля имела высокие показатели посткриогенного восстановления (40–95 %). Модифицированный в ВИРе метод капель-витрификации будет использован в ВИР для дальнейших работ по расширению криоколлекции культурных видов картофеля.

Часть 2. Высадка *in vitro* растений в грунт

1. Подготовленные к высадке в почву микрорастения из световой комнаты принести на стол в препараторскую/лабораторную комнату, разместить на столе.
2. Стерилизованную почвосмесь разложить поровну в горшочки по числу микрорастений.
3. Почву в горшочках полить обычной отстоявшейся водой.
4. Вскрыть одну пробирку, колпачок утилизировать или отправить в мойку и на последующее автоклавирование.
5. Пинцетом аккуратно достать укорененное микрорастение, обхватив его близко к зоне корневой шейки.

6. Аккуратно держа микрорастение пинцетом одной рукой — другой рукой поместить корневую часть с прилипшими остатками агар-агара в банку со слабым раствором марганцовки (перманганата калия) и отмыть легкими движениями пальцев эти остатки с корней.
7. В горшочке с пролитой почвой сделать углубление одним-двумя пальцами.
8. В углубление поместить растение, аккуратно присыпать почвосмесью, зафиксировать растение, плотно прижав почву.
9. Сверху на горшочек поместить прозрачный стаканчик, образовав мини-парничок.
10. Поливать понемногу каждые 2–3 дня, следить, чтобы не пересыхал грунт.
11. Стаканчик снять, когда начнут расти новые почки или разворачиваться листья (как при зеленом черенковании).
12. Микрорастения успешно прижились! Теперь это *ex vitro* растения — то есть растения из пробирки.

Примерные вопросы для закрепления темы и подведения итогов работы:

1. Длительность обработки эксплантов криопротекторами.
2. Влияние межвидовых различий на эффективность регенерации эксплантов после оттаивания.
3. Стандарты и регламенты для формирования коллекций генетических ресурсов растений.
4. Способы предобработки микрорастений.
5. Типы эксплантов для криоконсервации.
6. Охарактеризуйте методы криоконсервации.
7. Этапы криоконсервации.
8. Факторы влияющие на посткриогенную регенерацию.

Дополнительные задания:

Составьте сводную таблицу характеристик методов криоконсервации используемых в международной практике.

Лабораторная работа № 5

Низкотемпературное хранение генетических ресурсов растений

Проверка всхожести семян до и после низкотемпературного хранения

Цель работы: Овладеть методами проверки качества семян, энергии прорастания и жизнеспособности до и после низкотемпературного хранения.

Материал: Семена различных культурных растений до закладки на хранение и после нескольких лет хранения при низких температурах.

Оборудование и реактивы: термостат обогреваемый с диапазоном температур от 20 °С до 40 °С; аппарат для проращивания семян на свету типа аппарата Якобсена; печь для прокаливания песка; посуда для промывания и увлажнения субстрата; сита для просеивания песка; цилиндр металлический с сетчатым дном высотой 30 см и диаметром 8 см; чашки Петри или Коха; растильни; увлажнители ложка (капельницы, пипетки, леечки); набор лабораторных луп; микроскоп; весы для взвешивания массы; лампы люминесцентные; термометры со шкалой от 0 °С до 40 °С; счетчик-раскладчик семян; маркеры для песка; трамбовки; совочки; шпатели; пинцеты; препарировальные иглы; розетки; песок кварцевый с размером частиц от 0,5 до 2 мм; бумага фильтровальная; вода водопроводную или дистиллированная.

Система понятий: Всхожесть семян — это количество (выраженное в процентах) нормально проросших семян за определенный период времени, который определяется для каждой культуры индивидуально (7–8 суток). Вычисляется в лаборатории путем проращивания семян в благоприятных условиях. Одновременно со всхожестью высчитывается энергия прорастания, которая характеризует дружность всходов семян (на 3-й день).

Процент всхожести семян учитывается при расчете весовой нормы посева, а также непосредственно влияет на расчет посевной годности семян.

Тест на всхожесть часто является единственным тестом, который фермер может провести для семени, чтобы определить, подходит ли оно для посадки. Когда семена неправильно хранятся или некачественно выводятся, скорость прорастания большинства начинает быстро ухудшаться через некоторое время после посадки. Кроме того, многие сорта имеют период деградации сразу после сбора урожая, который может длиться 1–2 месяца. Зная норму всхожести, промышленники могут скорректировать свои нормы высадки, чтобы достичь желаемой популяции растений.

Энергия прорастания относится к проценту семян в группе образцов, которые проросли в тесте до того момента, когда число прорастающих в день достигает своего пика. Количество дней, необходимых для достижения этого пика, является энергетическим периодом.

Способность к прорастанию — это общее количество семян в образце, которые проросли за время теста, плюс количество семян, оставшихся не проросшими, но все еще здоровыми в конце теста, выраженное в процентах.

Результаты теста на всхожесть часто используются для расчета количества семян, которое необходимо посеять, чтобы получить заданное количество всходов. Однако следует помнить, что фактическое число выживших сеянцев, вероятно, будет намного меньше, чем указано в тесте на всхожесть, из-за потерь из-за неблагоприятной погоды, грызунов и птиц, насекомых и болезней.

Для появления всходов разным культурам требуется различное время, хотя большинство прорастают через 7–14 дней.

Лабораторная всхожесть определяется только в специально созданных идеальных условиях. Именно она указана на упаковках и в паспорте семян, которые мы приобретаем. Обычно ее показатели очень высокие — 95–98 %.

Этапы прорастания семян:

1-й этап — набухание семян: в это время идет быстрое поглощение воды;

2-й этап — стимуляция биохимических процессов под влиянием воды: на этом этапе белки-ферменты активизируются и начинается образование элементов, которые определяют завершающий этап прорастания;

3-й этап — рост зародыша.

Помимо заданных самой природой особенностей, о которых пойдет речь чуть позже, всхожесть семян напрямую зависит от:

- степени их вызревания;
- условий уборки и сушки;
- последующего хранения (чем дольше хранятся семена, тем больше снижается их всхожесть, учтите это).

Снижению всхожести семян есть ряд причин, причем некоторые из них нам по силам предотвратить:

- неправильные условия проращивания (недостаток или избыток воды, слишком низкая или слишком высокая температура и так далее);
- ненадлежащее хранение: например, во влажном помещении семена могут стать стерильными — от влаги внутри семян поднимается температура, они перегреваются и теряют всхожесть;
- незрелые и пересушенные семена;
- существуют так называемые световсхожие семена, которые никогда не взойдут, если будут присыпаны землей или прикрыты плотной тканью, опилками или иным материалом;
- отсутствие необходимой семечку стадии покоя;
- повреждение семян (различными заболеваниями или насекомыми).

Всхожесть семян можно повысить, а прорастание — ускорить с помощью предварительной обработки. Если все сделано правильно, они не только взойдут быстрее, но и расти будут лучше.

Для этого, кроме обыкновенной сортировки и калибровки, можно провести:

- замачивание семян в растворах стимуляторов роста;
- замачивание семян в растворах микроэлементов;
- искусственное;
- закаливание;
- обеззараживание семян.

В РФ имеется стандарт (ГОСТ 12038-84), который распространяется на семена сельскохозяйственных культур и устанавливает методы определения всхожести.

Вопросы для актуализации знаний:

1. Что такое всхожесть семян?
2. Как определить процент всхожести семян?
3. Для чего необходимо определять всхожесть семян?
4. Что может повлиять на всхожесть семян?
5. Как можно повысить всхожесть семян?

Пояснение к работе:

Подготовка к анализу.

Термостаты моют горячей водой с моющими средствами и дезинфицируют 1%-ным раствором марганцовокислого калия или спиртом. В рабочую камеру термостата ставят поддон с водой.

Аппараты типа аппаратов Якобсена перед каждым анализом моют горячей водой с моющими средствами, дезинфицируют 1%-ным раствором марганцовокислого калия или спиртом, а затем ополаскивают и наполняют водопроводной водой.

Растильни, чашки Петри, Коха, и прочие сосуды для проращивания семян, используемые для приготовления ложа, моют горячей водой с моющими средствами, ополаскивают 1%-ным раствором марганцовокислого калия, а затем водой. При проращивании семян на ложе из фильтровальной бумаги посуду перед употреблением дезинфицируют спиртом.

Чашки Петри и Коха допускается стерилизовать в сушильном шкафу при температуре 130 °С в течение 1 ч или кипячением в воде в течение 40 мин.

Песок промывают, высушивают, прокаливают до обугливания помещенных в него полосок бумаги и просеивают. При повторном использовании песок необходимо вновь промыть, прокалить и просеять. После проращивания протравленных семян повторное использование песка не допускается.

К всхожим относят нормально проросшие семена, у кормовых бобовых трав, вики и люпина к всхожим относят также твердые семена.

При учете энергии прорастания подсчитывают и удаляют только нормально проросшие и явно загнившие семена, а при учете всхожести отдельно подсчитывают нормально проросшие, набухшие, твердые, загнившие и ненормально проросшие семена.

К числу нормально проросших семян относят семена, имеющие:

- хорошо развитые корешки (или главный зародышевый корешок), имеющие здоровый вид;
- хорошо развитые и неповрежденные подсемядольное колено (гипокотиль) и надсемядольное колено (эпикотиль) с нормальной верхушечной почечкой;
- две семядоли — у двудольных;
- первичные листочки, занимающие не менее половины длины coleoptily, — у злаковых.

У культур, семена которых прорастают несколькими зародышевыми корешками (например, пшеница, рожь, тритикале, ячмень, овес), к числу нормально проросших относят семена, имеющие не менее двух нормально развитых корешков размером более длины семени и росток размером не менее половины его длины с просматривающимися первичными

листочками, занимающими не менее половины длины колеоптиля. У ячменя и овса длину ростка учитывают по той его части, которая вышла за пределы цветковых чешуй.

У культур, семена которых прорастают одним корешком (например, горох, кукуруза, просо, капуста и т. д.), к числу нормально проросших относят семена, имеющие развитый главный зародышевый корешок размером более длины семени и сформировавшийся росток. При этом у культур, относящихся к двудольным растениям, кроме лекарственных, росток должен иметь семядоли и хорошо развитый неповрежденный гипокотиль (у видов, выносящих семядоли на поверхность) или эпикотиль с нормальной верхушечной почечкой (у видов, не выносящих семядоли на поверхность), а у относящихся к однодольным — росток должен быть размером не менее половины длины семени и иметь просматривающиеся в колеоптиле первичные листочки. У нормально проросших семян подсолнечника и клещевины, кроме того, семядоли должны легко освобождаться от плодовой и семенной оболочек.

К нормально проросшим семенам относят также проростки с небольшими дефектами:

- с незначительным поверхностным повреждением основных органов проростка, не затрагивающим проводящие ткани;
- с поврежденным главным зародышевым корешком, но с достаточно развитыми несколькими придаточными или боковыми корешками у кукурузы, подсолнечника, всех видов мальвовых, тыквенных и крупносемянных бобовых;
- с одной семядолей или незначительным повреждением верхних частей обеих семядолей, без повреждения верхушечной почечки у двудольных растений;
- с нормально развитыми органами, но загнившими в местах соприкосновения с большими проростками или семенами (вторичное заражение).

Примечание. Если вторичное заражение вызывает сомнение, анализ повторяют.

К непроросшим семенам относят:

- набухшие семена, которые к моменту окончательного учета всхожести не проросли, но имеют здоровый вид и при нажиме пинцетом не раздавливаются, и такие семена многолетних бобовых трав (без плодовых оболочек), у которых выдавливаются здоровые семядоли;
- твердые семена, которые к установленному сроку определения всхожести не набухли и не изменили внешнего вида.

К невсхожим семенам относят:

- загнившие семена с мягким разложившимся эндоспермом, почерневшим или загнившим зародышем и проростки с частично или полностью загнившими корешками, семядолями, почечкой, гипокотилем, эпикотилем;
- ненормально проросшие семена, имеющие одно из следующих нарушений в развитии проростков:
 1. нет зародышевых корешков или их меньше установленной нормы, или они короткие, прекратившие рост, слабые, спирально закрученные, водянистые;
 2. главный зародышевый корешок укороченный, со вздутиями, остановившийся в росте, длинный нитевидный, веретенообразный, имеет продольную трещину или повреждение, затрагивающее проводящие ткани, водянистый, раздвоенный, двойной (у конопля), сегментированный (например, у подсолнечника, клещевины);
 3. колеоптиль пустой, имеет трещину, короче листьев, деформированный, отсутствует;

4. первичные листочки занимают меньше половины колеоптиля или обесцвечены, раздроблены или продольно расщеплены, веретенообразные, водянистые, обычно с короткими или прекратившими рост зародышевыми корешками;
5. почечка отсутствует или загнившая;
6. гипокотиль короткий и утолщенный, скрученный, изогнутый, водянистый, сегментированный, с перетяжкой или с открытой трещиной, затрагивающей проводящие ткани;
7. эпикотиль короткий и утолщенный, скрученный, с перетяжкой, с открытой трещиной, затрагивающей проводящие ткани;
8. обе семядоли утрачены более чем на или полностью, ненормально увеличены при укороченном колене; слабо развита семядоля у лука без выраженного "колена".

Ход работы:

1. Из семян культуры (объединенной пробы) отсчитывают 4 пробы по 100 штук для проращивания.
2. Увлажняют песок и наполняют растильни песком (мелкосеменные культуры проращиваются на влажной фильтровальной бумаге).
3. Высевают семена и ставят в термостат для проращивания (в растильню с семенами кладут заполненную этикетку).
4. При подсчете энергии прорастания (для пшеницы и ржи через 3 суток) считают и удаляют нормально проросшие семена, если имеются загнившие семена, их также удаляют и подсчитывают, не проросшие и ненормально проросшие семена оставляют для дальнейшего проращивания.
5. При подсчете всхожести (для пшеницы и ржи 7 суток) разбирают все проросшие и не проросшие семена на группы: нормально проросшие, ненормально проросшие, набухшие, твердые (у бобовых культур) и загнившие; подсчитывают количество семян в каждой группе.
6. Вычисляют процент всхожести семян по каждой пробе, устанавливают достоверность результатов анализа проб семян, рассчитывают процент всхожести и энергии прорастания семян.

Проращивание семян на бумаге.

Семена раскладывают на двух-трех слоях увлажненной бумаги в чашках Петри, Коха или аппаратах типа аппарата Якобсена. Семена лекарственных культур допускается проращивать в растильнях на 4–5 слоях увлажненной бумаги.

Проращивание семян между бумагой.

Семена раскладывают в растильнях между слоями увлажненной фильтровальной бумаги: два-три слоя на дне растильни, одним слоем прикрывают семена.

Подготовка к проращиванию семян на ложе из песка.

Проращивание семян на песке.

Растильни на их высоты наполняют увлажненным песком и разравнивают. Затем раскладывают семена и трамбовкой вдавливают в песок на глубину, равную их толщине.

Проращивание семян в песке.

Растильни на их высоты наполняют увлажненным песком, разравнивают его. После раскладки семена вдавливают трамбовкой в песок и покрывают слоем увлажненного песка около 0,5 см.

Растильни, чашки Петри, Коха помещают для проращивания в термостаты. Чашки Петри, Коха и растильни допускается ставить друг на друга. Верхнюю растильню в каждой стопке накрывают стеклом или пустой растильней.

Вопросы для закрепления темы и подведения итогов:

1. Какие семена относят к всхожим семенам?
2. Что такое условия проращивания?
3. Что такое энергия прорастания семян?
4. Какие семена считаются невсхожими?
5. От чего зависит всхожесть семян?
6. Охарактеризуйте этапы прорастания семян?
7. Что такое тест на всхожесть?
8. Зачем используются стандарты и ГОСТы для определения всхожести? Где и как они применяются?

Дополнительные задания:

Составить таблицы по условиям проращивания семян для различных групп культурных растений, а также таблицы допустимого отклонения результатов анализа отдельных проб от среднего в соответствии с ГОСТ 120038-84.

Лабораторная работа № 6

Молекулярно-генетические методы для сохранения генетических ресурсов растений и эффективного использования их в селекции —

Подготовка лабораторной посуды и инструментов для проведения молекулярно-генетических работ и особенности работы с высокоточными приборами.

Техника безопасности при работе в генетической лаборатории

Цель работы: Ознакомиться с лабораторным оборудованием для молекулярно-генетических исследований.

Оборудование и реактивы: Комплект оборудования генетической лаборатории для проведения работ по выделению, амплификации и детекции ДНК.

Система понятий: Проведение молекулярно-генетических исследований (например, ПЦР) допускается при условии организации в лаборатории самостоятельных или выделенных в составе других функциональных помещений рабочих зон.

Лаборатория должна включать следующий минимальный набор рабочих зон:

- приема, регистрации, разбора и первичной обработки материала;
- выделения ДНК/РНК;
- приготовления реакционных смесей и проведения ПЦР;
- детекции продуктов амплификации методом электрофореза или ГИФА.

В лабораториях необходимо также предусмотреть наличие вспомогательных помещений: архив (для учетных документов), комнату для персонала, помещение для сотрудников, комнаты приема пищи, санитарных комнат, подсобных помещений. В идеальном варианте необходимо иметь автоклавную комнату для обеззараживающего исследуемого материала. Она может быть общей с другими подразделениями учреждения при условии соблюдения требований биологической безопасности.

Помещения для выполнения работ на этапах ПЦР-анализа должны быть боксированными (боксы с предбоксами).

Зону выделения ДНК/РНК размещают в отдельном помещении. Допускается выделение ДНК/РНК в помещениях, в которых проводят другие виды исследований, кроме генно-инженерных работ. В боксе для выделения ДНК/РНК не допускается проведение других видов работ!

Планировочные решения и размещение оборудования должны обеспечивать поточность движения исследуемого материала. Следует полностью исключить воздухообмен между помещением детекции продуктов амплификации и другими помещениями.

Лабораторию оборудуют приточно-вытяжной или вытяжной вентиляцией, водопроводом, канализацией, электричеством и отоплением. Все помещения лаборатории обеспечивают достаточным естественным и искусственным освещением. При необходимости могут быть установлены кондиционеры.

При необходимости в ПЦР-лаборатории могут быть установлены кондиционеры.

Вопросы для актуализации знаний:

1. Что значит стерильная среда?
2. Почему проводить молекулярно-генетические исследования работы нужно в специальных лабораториях?

3. Что такое биологическая безопасность?
4. Зачем проводится зонирование лаборатории?

Пояснение к работе:

Основные требования к работе в лабораторных помещениях.

Защита персонала:

1. Для работы в лаборатории всегда следует носить специальную одежду или халаты.
2. При всех процедурах, которые могут сопровождаться прямыми или случайными контактами с потенциальными инфекционными материалами, следует надевать специальные перчатки. После их использования перчатки следует снимать асептически и мыть руки.
3. Работники лаборатории должны мыть руки каждый раз после манипуляций с инфицированными материалами, а также в конце рабочего дня.
4. При необходимости предохранить глаза и лицо от брызг, попадания источников искусственной и ультрафиолетовой радиации следует надевать защитные очки, лицевые щитки или другие защитные средства.
5. Носить защитную одежду вне лабораторных помещений, а именно в столовой, буфете, служебных помещениях, библиотеках, комнатах персонала и туалетах запрещается.
6. В лабораториях нельзя носить обувь с открытыми носками.
7. В лабораторной зоне не разрешается принимать пищу и пить, курить, применять косметические средства и использовать контактные линзы.
8. В рабочей зоне лаборатории хранение пищи и напитков запрещено.
9. Защитная лабораторная одежда не должна храниться в тех же шкафчиках или ящиках, что и личная.

Процедуры:

1. Пипетирование ртом должно быть строго запрещено.
2. Материалы нельзя брать в рот, наклейки нельзя лизать.
3. Все технические процедуры следует проводить таким образом, чтобы свести к минимуму возможность образования аэрозолей.
4. Использование шприцев и игл должно быть ограничено.

Рабочие зоны лаборатории:

1. В лабораторных помещениях следует поддерживать порядок и чистоту, в них не должно быть материалов, не имеющих отношения к работе.
2. Рабочие поверхности следует дезинфицировать после загрязнения потенциально опасным материалом и в конце рабочего дня.
3. Все контаминированные материалы, пробы и культуры должны быть деконтаминированы перед удалением из лаборатории или повторным использованием.
4. Упаковка и транспортировка образцов должна проводиться согласно существующим национальным и/или международным нормам и правилам.
5. Открывающиеся окна должны быть снабжены противомоскитными сетками.

Ход работы:

1. Познакомьтесь с правилами техники безопасности и работы в генетической лаборатории, запишите ключевые моменты.
2. Ознакомьтесь с наименованием оборудования в генетической лаборатории, его функциями. Выясните, как включаются и выключаются приборы, какие правила техники безопасности следует соблюдать при работе с ними, в соответствии с паспортами и правилами эксплуатации приборов.
3. Познакомьтесь с перечнем реактивов, используемых в генетической лаборатории. Запишите, каковы правила работы с ними и каковы их условия хранения.
4. Отработайте навык работы с микропипеткой (дозатором). Проследите выполнение всех этапов работы с микропипеткой от начала использования до утилизации наконечников, использованных перчаток и личной гигиены.
5. Оформите результаты вашей работы в виде таблицы описания функций лабораторного оборудования:

<i>Название прибора/оборудования</i>	<i>Функция прибора/оборудования</i>

Дополнительные задания:

Сделайте выводы какое оборудование в лаборатории можно использовать выделения, амплификации и детекции ДНК.

Лабораторная работа № 7

Молекулярно-генетические методы для сохранения генетических ресурсов растений и эффективного использования их в селекции — Выделение ДНК из растительной ткани

Цель работы: Ознакомиться с методикой выделения ДНК с использованием современного лабораторного оборудования.

Материал: проростки различных культур злаков (пшеница, ячмень), зерновых бобовых (фасоли, гуара), масличных (подсолнечника) и пр.

Оборудование и реактивы: Холодильники с температурой камеры +4 °С и -20 °С; термостат для проращивания семян; термостат для инкубирования ДНК с температурой до +37 °С; весы для взвешивания реактивов (до 500 г точность до 0,001 г); рН-метр; электроплитка; дозаторы переменного объема (автоматические микропипетки Gilson, Eppendorf, Labsystems или аналоги) с градуировкой 100–1000 мкл, 10–200 мкл и 0,1–10 мкл; гомогенизатор; водяная баня (водяной термостат), микроцентрифуга с охлаждением (скорость до 13000 об/мин); вытяжной шкаф; микроцентрифуга Вортекс; чашки Петри, стеклянные стаканчики; стеклянные банки с завинчивающимися крышками (Simax или аналоги) для хранения реактивов; тефлоновые пестики для растирания растительного материала; скальпель; пинцет; ножницы; штативы для хранения микропробирок; штативы для микронаконечников; штативы со льдом; штативы из пенопласта для водяной бани («плотики»).

Дистиллированная вода; реактивы для выделения ДНК (набор реактивов зависит от используемого протокола); совместимые с автоматическими микропипетками автоклавированные микронаконечники объемом до 1000 мкл, до 200 мкл, до 10 мкл; микропробирки центрифужные Эппендорф объемом 1,5–2,0 мл; фильтровальная бумага; медицинские латексные перчатки; маркер для лабораторной посуды.

Система понятий: Молекулярно-генетические методы позволяют изучить структуру молекулы ДНК, определить сходства и отличия в геноме разных организмов, найти повреждения в структуре ДНК и даже расшифровать первичную последовательность оснований в ДНК или РНК.

В последние годы благодаря огромным успехам достигнутыми клеточной биологией, молекулярной генетикой, био- и нанотехнологиями развилась масса новых надежных и эффективных методов работы с ДНК. Повсеместное применение молекулярных методов обуславливает необходимость биологической грамотности каждого человека в этих вопросах.

Анализ биологического разнообразия и исследование взаимоотношений между и/или внутри различных видов, популяций, также, как и между отдельными генотипами (особями), является одной из основных задач генетики и селекции растений.

Появление так называемых «молекулярных маркеров», которые основываются на выявлении полиморфизма на уровне нуклеиновых кислот (прежде всего ДНК), способствовало значительному прогрессу исследований, проводимых в рамках таких биологических дисциплин, как таксономия, филогения, экология, генетика, селекция и целого ряда других биологических наук.

Как известно, геномная ДНК является основным носителем генетической информации, а изменения в макромолекулах ДНК могут играть существенную роль в проявлении наследственной изменчивости. Существующие на сегодня методические подходы ДНК-типирования, используемые для выявления тонких изменений нуклеотидных последовательностей, могут быть разделены на три группы.

Первая группа включает в себя методы, известные как сканирующие, которые применяются для поиска неизвестных мутаций в заранее известных последовательностях. Вторая группа включает в себя диагностические методы, используемые для анализа мутаций и изменений в определенных позициях. Это такие методы, как секвенирование горячих точек мутаций и полиморфизм на уровне единичных нуклеотидов. Третья группа методов объединяет технологии секвенирования, которые могут быть задействованы для выявления всех видов изменчивости, происходящих на молекулярном уровне, вне зависимости от того идентифицированы и/или локализованы в геноме эти молекулярные изменения или нет.

ДНК-маркеры особенно привлекательны тем, что с их помощью можно выявить различия между двумя особями одного или разных видов, что зачастую не удастся сделать с помощью иных типов маркеров. С генетической точки зрения молекулярно-генетические маркеры, удовлетворяющие критериям определения «хорошего» молекулярно-генетического маркера, можно разделить на индивидуально определяемые (т. е. регистрируемые на отдельных особях), как правило, кодоминантные, и на те, которые являются множественными (применяемые на значительном количестве особей или их совокупностях), как правило, доминантные маркеры.

Вопросы для актуализации знаний:

1. Что такое ДНК?
2. Что называют скринингом генетических ресурсов?
3. Каковы особенности выделения ДНК из растительных клеток?
4. Из каких частей растения можно выделить ДНК?
5. Имеет ли исходное количество растений в пробе принципиальное значение для проведения скрининга?
6. Что такое ДНК-Маркеры? Зачем нужны ДНК-маркеры?

Пояснение к работе:

Выделение ДНК — это первоначальный и очень важный этап молекулярного анализа. Он заключается в лизисе растительных клеток с последующим удалением липидов, аминокислот, пептидов, углеводов, белков и полисахаридов из раствора. В результате получают раствор, содержащий только нуклеиновые кислоты — суммарные геномные ДНК и РНК.

Современные методики выделения ДНК из тканей растений включают несколько принципиальных этапов.

1. Экстракция ДНК. На этом этапе клетки растения подвергают механическому разрушению и затем с помощью экстракционного буфера, состав которого различен в зависимости от используемого лизирующего агента (вещества, разрушающего клеточные оболочки) проводят экстракцию ДНК. Полученный экстракт содержит обломки клеточных стенок, смесь ДНК, РНК, белков, липидов, полисахаридов.
2. Депротеинизация, удаление из полученного экстракта белков, липидов, полисахаридов; в отдельных протоколах предусматривается и удаление РНК. Для депротеинизации используется смесь хлороформ: изоамиловый спирт (24:1).
3. Осаждение ДНК из раствора — в большинстве случаев с помощью изопропилового спирта.
4. Очистка полученных фракций ДНК путем отмывки этанолом.

5. Определение качества полученных фракций ДНК (наличия примесей РНК, белков) и концентрации ДНК в растворе.

Затраты времени на выделение ДНК зависят от культуры и выбранной методики и могут варьировать от 2 ч. до двух дней.

Ход работы

Лабораторную работу можно провести двумя методами:

Метод 1. Быстрое выделение геномной ДНК из растений с помощью SDS-буфера

Растворы. SDS-буфер (200 мМ трис-НСl, рН 7,5; 250 мМ NaCl; 25 мМ ЭДТА; 0,5 % SDS), ацетат калия (ацетат К), изопропанол, 65 % этанол, бидистиллированная автоклавированная вода.

Экстракция ДНК:

1. Нагреть водяную баню до +65 °С (потребуется приблизительно 1 ч.).
2. По 3 отрезка листьев каждого образца, размером приблизительно 0,5 см, поместить в микропробирки и растереть тefлоновым пестиком. В течение всей процедуры микропробирки должны стоять на льду.
3. Добавить 400 мкл экстракционного буфера (200 мМ трис-НСl, рН 7,5; 250 мМ NaCl; 25 мМ ЭДТА; 0,5 % SDS).
4. Тщательно и плавно перемешивать в течение 5 мин.
5. Инкубировать в водяной бане при +65 °С не менее 15 мин.

Для гомогенизации можно использовать специальный прибор — гомогенизатор (например, FastPrep24 фирмы MP Biomedicals). Отрезки листьев помещают в специальные пробирки с (Lysing matrix A tubes), добавляют экстракционный (ли дирующий) буфер и проводят гомогенизацию в течение 45 сек.

Депротенинизация:

1. Добавить 200 мкл ацетата К и аккуратно перемешать. Инкубировать на льду в течение 10 мин.
2. Центрифугировать 20 мин. при 13000 об/мин и +20 °С.
3. 500 мкл образовавшейся надосадочной фракции аккуратно отобрать и перенести в новые микропробирки, используя для каждой пробы новый микронаконечник.

Осаждение ДНК:

1. Добавить равный объем (500 мкл) изопропанола и перемешать содержимое, переворачивая пробирки.
2. Центрифугировать при 13000 об/мин в течение 10 мин. (+4 °С).
3. Слить надосадочную жидкость.

Очистка полученных фракций ДНК:

1. Добавить в микропробирку 1 мл 65 % этанола и промыть осадок путем легкого постукивания по пробирке.
2. Центрифугировать в течение 10 мин. при 13000 об/мин.

3. Слить надосадочную жидкость и сушить осадок при комнатной температуре, положив микропробирки на фильтровальную бумагу.
4. Растворить высушенный осадок в 100 мкл воды в течение 1 ч при комнатной температуре или в течение ночи в холодильнике при +4 °С; хранить при -20 °С.

Метод 2. Выделение ДНК из зеленых листьев проростков

Растворы. Отмывочный буфер (100 мМ Трис-НС1, рН 8,0; 50 мМ или 200 мМ ЭДТА.Na₂), рН 8,0; 1 М NaCl, 1 % поливинилпиролон 40000 (PVP), 1 % меркаптоэтанол), экстракционный буфер (2 % СТАВ, 100 мМ Трис-НС1, рН 8,0; 1.42 М NaCl, 200 мМ ЭДТА, 1 % 2-меркаптоэтанол, 1 % PVP) смесь хлороформ: изоамиловый спирт (24:1), этанол (70 % и 96 %), ТЕ буфер I: 0.1X Трис-ЭДТА с РНКазой А (10 мкг/мл РНКазы А Fermentas)); ТЕ буфер II: 0.1X Трис-ЭДТА.

Экстракция ДНК:

1. Подготовить лед.
2. Нагреть водяную баню до +65 °С.
3. 300–500 мг ткани листьев (без жилок) гомогенизировать пестиком в ступке с жидким азотом. 200–300 мг измельченных листьев перенести в пробирку объемом 1,5 мл и добавить 1 мл отмывочного буфера, тщательно перемешать и держать на льду 5 минут. Если количество материала слишком велико, то в экстракте будет избыток трудно удаляемых полисахаридов, полифенолов и вторичных метаболитов.
4. Центрифугировать при 11000 об/мин. в течение 10 мин. при +4 °С.
5. Удалить водную фазу и добавить 700 мкл нагретого до +60–65 °С экстракционного буфера. Содержимое пробирок тщательно перемешать.
6. Инкубировать 1 ч. при +65 °С в водяной бане. В процессе инкубирования пробирки необходимо инвертировать 4–6 раз.
7. Далее содержимое пробирок необходимо охладить до комнатной температуры в течение 4–5 мин. и затем добавить 500 мкл хлороформ-изоамиловой смеси и тщательно инвертировать в течение 1 мин. Пробирки оставить на 5 мин. при комнатной температуре.
8. Центрифугировать 10 мин. при 11000 об./мин.
9. Перенести надосадочную жидкость (примерно 750 мкл) в новую пробирку. Этапы 7 и 8 повторяют еще раз.
10. Осторожно перенести водную фазу в новую пробирку и добавить 2-кратный объем чистого спирта. Аккуратно несколько раз перевернуть пробирки для преципитации ДНК.
11. С помощью наконечника с широким отверстием (на 200 мкл) перенести осажденную ДНК в новую пробирку объемом 1,5 мл, в которую добавить 1 мл 70 % этанола для отмывки. **Не центрифугировать!**
12. Еще раз повторить этап 11.
13. С помощью наконечника с широким отверстием еще раз перенести ДНК в новую пустую пробирку, центрифугировать 1 мин. при 5000 об/мин и с помощью пипетки максимально удалить оставшуюся жидкость. Перевернуть пробирки и сушить 10 мин. при комнатной температуре либо при +37 °С.

Депротенизация и удаление РНК:

1. Добавить к осадку 450 мкл ТЕ I (с РНКазой) и инкубировать при +37 °С в течение 1 ч.
2. К раствору ДНК добавить равный объем хлороформ-изоамиловой смеси. Инвертировать в течение 1 мин.
3. Центрифугировать 10 мин. при 11000 об/мин.
4. Перенести надосадочную (примерно 400 мкл) в новую пробирку. Этапы 2 и 3 повторить еще раз.

Осаждение ДНК:

1. К водной фазе добавить 2,5-кратный объем 96 % этилового спирта. Аккуратно переворачивать пробирку для преципитации ДНК.
2. Центрифугировать 30 сек. при 5000 об/мин.
3. Удалить водную фазу и дважды промыть осадок 70 % этанолом.
4. Удалить 70 % этанол и внести 500 мкл 96 % этанола, перемешать инвертированием.
5. Центрифугировать 1 мин. при 5000 об/мин и тщательно с помощью пипетки удалить спирт.
6. Сушить осадок 15 мин. при +37 °С.
7. Растворить осадок в 150 мкл ТЕ II (без РНКазы).
8. Пробы хранят при -20°С.

Примерные вопросы для закрепления темы и подведения итогов работы:

1. Что такое фракция ДНК?
2. Какие способы определения качества и концентрации фракций ДНК вы знаете?
3. Перечислите стадии выделения ДНК.
4. Что такое выделение ДНК?
5. Зачем проводят чистку фракций ДНК при ее выделении?
6. Как приготовить растительный материал для выделения ДНК?
7. Какой растительный материал может быть использован для выделения ДНК?
8. Перечислите этапы молекулярного скрининга.

Лабораторная работа № 8

Молекулярно-генетические методы для сохранения генетических ресурсов растений и эффективного использования их в селекции — Подготовка реакционной смеси и постановка ПЦР

Цель работы: Ознакомиться с методикой подготовки реакционной смеси для постановки ПЦР.

Материал: Праймеры, матрица ДНК, автоклавированная бидистиллированная вода (качество milliQ), реактивы для ПЦР (Taq ДНК-полимераза, реакционный буфер, олигонуклеотиды, смесь dNTPs, раствор $MgCl_2$).

Оборудование и реактивы: Бидистиллятор, холодильники с температурой камеры $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, ПЦР-бокс, микроцентрифуга Вортекс, дозаторы переменного объема (автоматические микропипетки Gilson, Eppendorf, Labsystems или аналоги) с градуировкой 100–1000 мкл, 10–200 мкл и 0,1–10 мкл; штативы со льдом, термический процессор (амплификатор) модели MyCycler и iCycler производства BioRad, TC312 производства Teetne Endurance или аналоги, совместимые с автоматическими микропипетками автоклавированные микронаконечники объемом до 1000 мкл, до 200 мкл и до 10 мкл, микропробирки Эппендорф объемом 1,5–2,0 мл, м и кро планшеты и микропробирки для ПЦР объемом 0,2 мл или 0,5 мл с крышками, фильтровальная бумага, медицинские латексные перчатки, маркер для лабораторной посуды.

Система понятий: ПРОГРАММИРОВАНИЕ ПЦР.

Параметры ПЦР (температура и продолжительность стадий) определяются типом ДНК-матрицы и характеристиками праймера. В общем виде стандартная программа представлена следующим образом:

1. Начальная денатурация матрицы, $T_d = +95\text{ }^{\circ}\text{C}$, 1 мин.
2. 25–30 циклов: денатурация $T_a = +94\text{ }^{\circ}\text{C}$, 30 сек.; отжиг праймера, T_a варьирует в зависимости от праймеров, 30 сек; удлинение цепи, $T_e = +72\text{ }^{\circ}\text{C}$, 1–2 мин.
3. Финальная элонгация, $T = +72\text{ }^{\circ}\text{C}$, 45 сек.
4. Хранение, $T = +4\text{ }^{\circ}\text{C}$.

По окончании ПЦР продукты должны быть немедленно помещены на холод ($+4\text{ }^{\circ}\text{C}$). Использование амплификатора в качестве холодильника — не лучший способ его применения. Поэтому сразу после окончания реакции амплификатор лучше отключить от сети и перенести пробирки с продуктами реакции в холодильник. Следует отметить, что параметры реакции (температуры, длительность стадий) определяются, прежде всего, типом ДНК-матрицы и составом праймеров. Число протоколов ПЦР велико и, рекомендованный протокол может быть оптимизирован.

Вопросы для актуализации знаний:

1. Какие компоненты нужны для проведения ПЦР?
2. Какие стадии включаются в ПЦР?
3. Для чего используют ПЦР?
4. Что такое праймер?
5. От чего зависит выбор полимеразы?

Пояснение к работе:

Качество ПЦР обеспечивается соблюдением необходимых правил: соблюдение стерильности помещений, использование исключительно одноразовых расходных материалов, качественные реактивы и современное оборудование.

Для приготовления реакционной смеси (пре-микса) используют следующие реактивы (сток):

- 10X буфер.
- Дезоксинуклеозидтрифосфаты или их смесь с концентрацией 2,0–2,5 мм каждого.
- 25 мМ или 50 мМ раствор $MgCl_2$.
- Таq ДНК-полимераза с концентрацией 5 е.а./мкл.
- Растворы праймеров (их исходная концентрация может быть различной (40 пМ/мкл, 100 пМ/мкл).

Ход работы:

Подготовка реакционной смеси включает несколько этапов:

1. Достать реактивы из морозильной камеры и выдержать их в ледяной бане до полного размораживания.
2. Перемешать каждый реактив встряхиванием пробирки.
3. Рассчитать количество реагентов, необходимых для приготовления реакционной смеси. В общем виде расчет показан в таблице 1.
4. Промаркировать крышки микропробирок для ПЦР личным символом и номером реакции (N 2/4, где N — личный символ, верхняя цифра (2) — порядковый номер реакции, а нижний (4) — номер пробирки в реакции).
5. Внести с помощью микропипетки в каждую микропробирку для ПЦР необходимый объем раствора ДНК, обычно 1 или 2 мкл. Если концентрация ДНК в пробе мала, можно внести больший объем.
6. Взять чистую пробирку для приготовления пре-микса и внести в нее реактивы в следующем порядке (для 25 мкл реакционной смеси):
 - бидистиллированная вода;
 - $MgCl_2$;
 - 10X ПЦР буфер;
 - смесь dNTPs;
 - праймер 1 (прямой);
 - праймер 2 (обратный);
 - Таq ДНК-полимераза.

Таблица 1

Состав стандартной реакционной смеси (по Скринингу). Методические указания

Реактив	Конечная концентрация реактива в реакционной смеси	Концентрация реактива в стоке*	Объем реактива из стока на 100 мкл реакционной смеси	Количество реактива в X мкл реакционной смеси
Буфер	1X	10X	10 мкл	$\frac{10 \times X}{100}$
MgCl ₂	2,5 мМ	25 мМ	10 мкл	$\frac{10 \times X}{100}$
dNTP	0,2 мМ	10 мМ	2,0 мкл	$\frac{2 \times X}{100}$
Праймер 1	0,1 пМ/мкл	10 пМ/мкл	1,0 мкл	$\frac{1 \times X}{100}$
Праймер 2	0,1 пМ/мкл	10 пМ/мкл	1,0 мкл	$\frac{1 \times X}{100}$
Тақ ДНК полимеразы	0,1 е.а.**/мкл	5 е.а.**/мкл	2,0 мкл	$\frac{2 \times X}{100}$
ДНК Матрица	50–100 нг	50 нг/мкл		1–2 мкл в каждую пробирку
H ₂ O			До 100 мкл	До X мкл

*Сток — исходные реактивы; концентрация коммерческих реагентов может отличаться от приведенной в таблице; **е.а. — единица активности фермента

Тақ ДНК-полимеразу вносят в реакционную смесь в самом конце. Для каждого реактива и образца ДНК используется новый микронаконечник.

После внесения всех компонентов микропробирку встряхивают на микроцентрифуге или гомогенизируют с помощью микропипетки.

Затем в каждую микропробирку для ПЦР вносят реакционную смесь в таком количестве, чтобы конечный объем раствора в ней был равен 25 мкл. Например, если в пробирку вносили 1 мкл раствора ДНК, то объем пре-микса должен равняться 24 мкл и т. д. Состав смеси (микс) наиболее типичной ПНР реакции приведен в таблице 1. Затем нужно включить амплификатор, прогреть крышку, термоблок и поставить пробирки. Ячейки амплификатора должны быть чистыми. Для чистки используют хлопковую вату, смоченную в 50%-ной смеси изопропанол:вода.

Примерные вопросы для закрепления темы и подведения итогов работы:

1. Чем обеспечивается качество ПЦР?
2. Зачем используют Тақ ДНК-полимеразу?
3. Что такое проток ПЦР?
4. Перечислите стадии ПЦР
5. Что такое амплификация?
6. Перечислите стадии амплификации.

Лабораторная работа № 9

Молекулярно-генетические методы для сохранения генетических ресурсов растений и эффективного использования их в селекции — Методы визуализации результатов ПЦР, оценка результатов ПЦР методом электрофореза

Цель работы: ознакомиться с методикой постановкой электрофореза на агарозном геле.

Материал: Дистиллированная вода, агароза (Biotechnology Grade), электродный буфер, маркер молекулярного веса с размером фрагментов до 3000 пн.

Оборудование и реактивы: Дозаторы переменного объема (автоматические микропипетки Gilson, Eppendorf, Labsystems или аналоги) с градуировкой 10–200 мкл, весы, электрофоретическая ячейка с электродами например. SubCell GT System производства BioRad), источник питания (Hoeffer, BioRad), кассета с подложкой для формирования геля, гребенка для формирования карманов, конические колбы, СВЧ-печь, термостойкие рукавицы или перчатки, фотографические кюветы, трансиллюминатор, система гель-документирования (например, Gel Doc XR производства BioRad) или цифровой фотоаппарат, раствор бромистого этидия (10 мг/мл), совместимые с автоматическими микропипетками автоклавированные микронаконечники объемом до 100 мкл, микропробирки Эппендорф объемом 1,5–2,0 мл, микропланшеты, фильтровальная бумага, медицинские латексные перчатки, лабораторная полиэтиленовая клеящаяся пленка (Dura Seal).

Система понятий: ПЦР-методология, основанная на ферментативной амплификации ДНК *in vitro*, была предложена в середине 1980-х годов. При использовании в качестве матрицы небольшого количества исходной ДНК (обычно десятки нанограммов) возможно амплифицировать миллионы копий одного или нескольких ДНК-фрагментов. Амплифицированные фрагменты обычно разделяют электрофорезом в агарозном или полиакриламидном геле и затем окрашивают специальным красителем или подвергают радиоавтографии. Метод ПЦР отличается высокой скоростью, селективностью и достаточно высокой чувствительностью. Его применение в различных вариациях и для самых различных целей открыло новые возможности для решения самых разнообразных задач молекулярной биологии, генетики и селекции.

Одним из основных достоинств ПЦР-методологии является то, что, в зависимости от целей исследования, можно выбрать любую разновидность праймеров.

Вопросы для актуализации знаний:

1. Что позволяет определить количественная ПЦР?
2. Какие задачи можно решать с помощью ПЦР?
3. Области применения ПЦР?
4. К чему приведет попадание ДНК в реактивы ПЦР?
5. На каком этапе ПЦР начинается рост новой цепи ДНК?

Пояснение к работе:

Наличие специфического продукта ПЦР (ампликона) в подавляющем большинстве случаев детектируют методом электрофореза в агарозном геле. В процессе детекции продуктов амплификации проходит разделение полученной смеси продуктов амплификации. К смеси добавляются специальные растворы, которые наделяют фрагменты ДНК способностью флуоресцировать — отражаться оранжево-красными светящимися полосами.

Образующееся свечение выдает присутствие ДНК фрагментов исследованных генов или последовательностей, тесно сцепленных с ними.

Электрофорез продуктов амплификации включает следующие этапы:

1. Предварительная подготовка электрофоретической ячейки.
2. Приготовление электродного буфера.
3. Приготовление геля нужной концентрации.
4. Подготовка проб и нанесение их на гель.
5. Проведение электрофореза.
6. Окраска геля.
7. Документирование и анализ электрофореграмм.

Ход работы:

Подготовка электрофоретической ячейки.

В процессе предварительной подготовки электрофоретической ячейки необходимо промыть камеру губкой и моющим средством, затем сполоснуть несколько раз водопроводной водой и 2–3 раза — дистиллированной. Затем необходимо собрать кассету для формирования геля. В кассету входит специальная пластиковая подложка с герметичными краями. Для формирования в геле карманов на подложку устанавливают специальную гребенку.

Камеры для электрофореза имеют два уязвимых места: сравнительно легко при мытье повредить платиновый электрод и, если при споласкивании или переносе держать камеру за один бортик, то в этом бортике может появиться трещина.

Приготовление электродного буфера.

Затем приступают к подготовке буфера для электрофореза. В практике нашего отдела для разделения фрагментов в агарозных гелях используются два типа буфера: трис-ацетатный-EDTA (ТАЕ) и трис-боратный-3DTA (ТВЕ). Буферы имеют кратность 0.5X или IX. Изначально готовятся стоковые растворы 50X ТАЕ или 10X ТВЕ. Их прописи приведены в приложении. Считается, что ТВЕ для агарозных гелей наиболее эффективен при работе с небольшими (< 200 пн) фрагментами. Следует подчеркнуть, что после окончания электрофореза буфер необходимо вылить из камеры, поскольку выпадающие из раствора бораты (соли борной кислоты) могут привести к повреждению электродов. В целях экономии реактивов использованный буфер можно использовать повторно, по крайней мере, еще 1 или 2 раза.

Приготовление геля нужной концентрации. Окрашивание.

Для приготовления геля нужной концентрации поставить на весы колбу и взвесить необходимое количество агарозы (после взвешивания весы на «0» не сбрасывают). Долить буфер до нужного объема. Расход геля для разных типов подложек указан в таблице 2 (объем измеряют по весу; объём, занятый агарозой, учитывается в начале). Вернуть значение весов на «0» (но не выключать — они ещё понадобятся). Горлышко колбы накрыть полиэтиленовой лабораторной термостойкой пленкой Dura Seal. Довести раствор агарозы до кипения, кипятить 30–60 сек. Вынуть из микроволновой печи. (Необходимо соблюдать осторожность — работать в термостойких перчатках или рукавицах). Вновь поставить банку на весы, довести показания весов до «0» добавляя воду. При этом необходимо соблюдать осторожность, поскольку раствор может резко вскипеть. Остудить раствор при комнатной температуре до +50–60 °С. Емкость с раствором можно спокойно держать в руках. После остужения раствора капнуть в него раствор бромистого этидия с концентрацией 10 мг/мл. Перемешать.

Внимание! В связи с потенциальной мутагенностью бромистого этидия необходимо соблюдать осторожность: руки должны быть в перчатках. Данная манипуляция проводится исключительно преподавателем.

Вылить расплавленную агарозу в специальную подложку, установленную строго горизонтально для застывания геля.

Подложку с полученным гелем можно покрыть сверху дистиллированной водой, накрыть пленкой и убрать в холодильник. **Хранить подготовленную подложку можно не более суток!**

Примерные вопросы для закрепления темы и подведения итогов работы:

1. Что такое ПЦР?
2. Для чего нужна методика ПЦР?
3. Перечислите этапы электрофореза на агарозном геле.
4. Охарактеризуйте начальные этапы ПЦР? Для чего они нужны?
5. Что такое детекция продуктов амплификации и для чего она нужна?

Лабораторная работа № 10

Молекулярно-генетические методы для сохранения генетических ресурсов растений и эффективного использования их в селекции — Методы визуализации результатов ПЦР, оценка результатов ПЦР методом электрофореза

(Целесообразно проводить последовательно в один временной интервал с лабораторной работой № 9)

Цель работы: овладеть навыками постановки электрофореза на агарозном геле и визуализации результатов ПЦР.

Материал: Дистиллированная вода, агароза (Biotechnology Grade), электродный буфер, маркер молекулярного веса с размером фрагментов до 3000 пн.

Оборудование и реактивы: Дозаторы переменного объема (автоматические микропипетки Gilson, Eppendorf, Labsystems или аналоги) с градуировкой 10–200 мкл, весы, электрофоретическая ячейка с электродами, например. SubCell GT System производства BioRad), источник питания (Hoeffer, BioRad), кассета с подложкой для формирования геля, гребенка для формирования карманов, конические колбы, СВЧ-печь, термостойкие рукавицы или перчатки, фотографические кюветы, трансиллюминатор, система гель-документирования (например, Gel Doc XR производства BioRad) или цифровой фотоаппарат, раствор бромистого этидия (10 мг/мл), совместимые с автоматическими микропипетками автоклавированные микронаконечники объемом до 100 мкл, микропробирки Эппендорф объемом 1,5–2,0 мл, микропланшеты, фильтровальная бумага, медицинские латексные перчатки, лабораторная полиэтиленовая клеящаяся пленка (Dura Seal).

Система понятий: ПЦР-методология, основанная на ферментативной амплификации ДНК *in vitro*, была предложена в середине 1980-х годов. При использовании в качестве матрицы небольшого количества исходной ДНК (обычно десятки наногرامмов) возможно амплифицировать миллионы копий одного или нескольких ДНК-фрагментов. Амплифицированные фрагменты обычно разделяют электрофорезом в агарозном или полиакриламидном геле и затем окрашивают специальным красителем или подвергают радиоавтографии. Метод ПЦР отличается высокой скоростью, селективностью и достаточно высокой чувствительностью. Его применение в различных вариациях и для самых различных целей открыло новые возможности для решения самых разнообразных задач молекулярной биологии, генетики и селекции.

Одним из основных достоинств ПЦР-методологии является то, что, в зависимости от целей исследования, можно выбрать любую разновидность праймеров.

Вопросы для актуализации знаний:

1. Что такое ПЦР?
2. Для чего нужна методика ПЦР?
3. Перечислите этапы электрофореза на агарозном геле.
4. Охарактеризуйте начальные этапы ПЦР? Для чего они нужны?
5. Что такое детекция продуктов амплификации и для чего она нужна?

Пояснение к работе:

Наличие специфического продукта ПЦР (ампликона) в подавляющем большинстве случаев детектируют методом электрофореза в агарозном геле. В процессе детекции продуктов амплификации проходит разделение полученной смеси продуктов амплификации.

К смеси добавляются специальные растворы, которые наделяют фрагменты ДНК способностью флуоресцировать — отражаться оранжево-красными светящимися полосами.

Образующееся свечение выдает присутствие ДНК фрагментов исследованных генов или последовательностей, тесно сцепленных с ними.

Электрофорез продуктов амплификации включает следующие этапы:

1. Предварительная подготовка электрофоретической ячейки.
2. Приготовление электродного буфера.
3. Приготовление геля нужной концентрации.
4. Подготовка проб и нанесение их на гель.
5. Проведение электрофореза.
6. Окраска геля.
7. Документирование и анализ электрофореграмм.

Данная лабораторная работа является техническим и логическим продолжением отработки метода постановки ПЦР. Рекомендательно проводить обе лабораторные работы последовательно друг за другом, возможно с небольшим перерывом, но не более суток.

Ход работы:

Если подложка с кассетой хранилась в холодильнике — вынуть подложку, слить дистиллированную воду.

Вынуть пластиковую подложку с застывшим гелем из кассеты и поместить ее в электрофоретическую камеру. В камеру налить буфер таким образом, чтобы его слой был на 2–3 мм выше уровня геля. Затем аккуратно вынуть из геля гребенку, в результате чего в геле остаются лунки (карманы): в них будут внесены пробы. Необходимо следить, чтобы в процессе удаления гребенки в лунках не образовывались пузырьки воздуха, в случае их появления — удаляют с помощью микронаконечника.

Подготовка проб и нанесение их на гель.

При подготовке проб ДНК продукт амплификации объемом 5–15 мкл смешивается с буфером внесения, содержащим краситель. Обычно в буферах для нанесения ПЦР-продуктов на гель применяются два красителя: бромфеноловый синий и ксиленцианол.

Пробы ДНК наносят вместе с буфером в лунки (карманы) гелевой пластины. Количество наносимой ДНК не должно быть меньше 20 нг на дорожку. В противном случае фрагменты не будут определяться с помощью бромистого этидия, который используется при окраске фрагментов агарозного геля. Далее камера подключается к источнику постоянного тока.

Проведение электрофореза.

Движение ДНК осуществляется от отрицательно заряженного полюса к положительному. Ориентиром служит окрашенная красителем полоса (фронт). При оценке напряженности поля для горизонтального электрофореза принято пренебрегать конкретной геометрией камеры и измерять расстояние непосредственно между электродами. Разумный компромисс между скоростью и качеством электрофореза для высококачественных или препаративных форезов: ~2 В/см (можно меньше). Для аналитических форезов приемлемое качество сохраняется до ~6 В/см. Когда фронт достигнет 3–5 см до края пластины, прибор отключают от сети и переносят в раствор для окрашивания.

Документирование и анализ электрофореграмм.

Для визуализации фрагментов гель должен быть помещен на стекло с проходящим ультрафиолетовым светом (трансиллюминатор) и сфотографирован. Прибор, совмещающий трансиллюминатор с цифровой камерой, называется гель-документирующей системой. После фотографирования гель не хранят. Специфичность полосы амплифицированной ДНК подтверждается ее положением (размерами) по отношению к маркерным фрагментам и положительному ДНК-контролю.

Для получения дополнительных доказательств специфичности ампликона необходимо проводить рестрикционный анализ, гибридизацию или прямое секвенирование.

В качестве примера приведем аналитический электрофорез в 1 % агарозном геле:

1. К 0,5 г агарозы добавить 50 мл IX TBE или IX TAE буфера.
2. Нагреть смесь в микроволновой печи до получения прозрачного раствора без взвеси и пузырьков.
3. Остудить до +60 °С, прилить 10 мкл 0,1 % раствора бромистого этидия.
4. Вылить в плато с гребенкой.
5. После полимеризации (30–40 мин.), вытащив гребенку, поместить подложку с гелем в камеру для электрофореза.
6. Налить в камеру 0,5X TBE буфер, установить электроды, учитывая, что ДНК движется от отрицательного полюса к положительному.
7. Приготовить пробы для нанесения на гель (смешать 3 мкл буфера для нанесения с 5 мкл амплификата, перемешать с помощью микропипетки).
8. Внести пробы в карманы гелевой пластины.
9. Электрофорез проводят при постоянном напряжении (80 В) в течение 30–40 мин.

Примерные вопросы для закрепления темы и подведения итогов работы:

1. Что такое ПЦР?
2. Для чего нужна методика ПЦР?
3. Перечислите этапы Электрофореза на агарозном геле.
4. Охарактеризуйте начальные этапы ПЦР? Для чего они нужны?
5. Что такое детекция продуктов амплификации и для чего она нужна?
6. Что позволяет определить количественная ПЦР?
7. Какие задачи можно решать с помощью ПЦР?
8. Области применения ПЦР?
9. К чему приведет попадание ДНК в реактивы ПЦР?
10. На каком этапе ПЦР начинается рост новой цепи ДНК?
11. Какие компоненты нужны для проведения ПЦР?
12. Какие стадии включаются в ПЦР?
13. Для чего используют ПЦР?
14. Что такое праймер?
15. От чего зависит выбор полимеразы?

16. Что такое амплификация?
17. Перечислите стадии амплификации.

Дополнительные задания:

Изобразить схему эксперимента, основанного на ПЦР: от стадии выделения ДНК до анализа результатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Генетика: 10–11 классы: учебное пособие / сост. Кузьмин И.В. — Москва: Просвещение, 2021. — 304 с.
2. Скрининг генетических ресурсов растений с использованием ДНК-маркеров: основные принципы, выделение ДНК, постановка ПЦР, электрофорез в агарозном геле / под ред. Радченко Е.Е. — Санкт-Петербург, 2018 — 49 с.
3. Дунаева С.Е., Пендинен Г.И., Антонова О.Ю., Швачко Н.А., Ухатова Ю.В., Шувалова Л.Е., Волкова Н.Н., Гавриленко Т.А. Сохранение вегетативно размножаемых культур в *in vitro* и крио коллекциях, Методические указания. — Санкт-Петербург, 2017, — 75 с.
4. Чесноков Ю.В., Косолапов В.М. Генетические ресурсы растений и ускорение селекционного процесса. — Москва: ООО «Угрешская типография», 2016. — 172 с.
5. Авксентьева О.А., Петренко В.А. Биотехнология высших растений: культура *in vitro* — учебно-методическое пособие. — 2011. — 60 с.
6. Широков А.И., Крюков Л.А. Основы биотехнологии растений. Электронное учебно-методическое пособие. — Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2012. — 49 с.
7. Тимофеева О.А., Невмержицкая Ю.Ю. Клональное микроразмножение растений: Учебно-методическое пособие. — Казань: Казанский университет, 2012. — 56 с.

Леншин Александр Анатольевич

ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова», Санкт-Петербург, Россия
Ведущий специалист отдела управления

Образовательные кейсы к дополнительным общеобразовательным программам в области

Кейс 1

Тема: Генетические ресурсы и генетическое разнообразие

Закон гомологических рядов

Прочитайте текст:

На III Всероссийском селекционном съезде в Саратове 4 июня 1920 года, Николаем Ивановичем Вавиловым был предложен международной публике доклад, в котором он ввел новое научное понятие и сформулировал целый закон на основе многолетней проделанной работы. Понятие было введено как результат многолетних наблюдений и исследований параллелизмов в явлениях наследственной изменчивости по аналогии с гомологическими рядами органических соединений.

Суть явления состоит в том, что у близких групп растений были обнаружены сходные аллельные формы, которые повторялись у разных видов (например, узлы соломины злаков с антоциановой окраской или без неё, колосья с остью или без неё и т. п.). Наличие такой повторяемости давало возможность предсказывать наличие ещё не обнаруженных аллелей, важных с точки зрения селекционной работы. Поиск растений с такими аллелями проводился в экспедициях в предполагаемые центры происхождения культурных растений. Следует помнить, что в те годы поиск необходимых аллелей приходилось производить в природных популяциях.

На I Всероссийском съезде по прикладной ботанике, который проходил в 1920 году в Воронеже, по просьбе оргкомитета съезда Вавилов выступил с повторением доклада о законе гомологических рядов. В 1921 году закон был опубликован в журнале «Сельское и лесное хозяйство», а в 1922 году расширенный вариант закона был опубликован в большой статье в журнале «Journal of Genetics».

Хотя закон был открыт в результате изучения фенотипической изменчивости, Вавилов распространил его действие и на генотипическую изменчивость. Вавилов считал, что закон справедлив не только по отношению к морфологическим признакам, предвидя, что уже установленные ряды «не только будут пополняться недостающими звеньями в соответствующих клетках, но и будут развиваться, в особенности в отношении физиологических, анатомических и биохимических признаков». Вавилов выяснил, что закон проявляется не только в пределах родственных групп; параллелизм изменчивости был обнаружен «в разных семействах, генетически не связанных, даже в разных классах», но в отдалённых семействах параллелизм не всегда носит гомологичный характер.

Несмотря на то, что первоначально закон был сформулирован на основе изучения преимущественно культурных растений, позднее, рассмотрев явление изменчивости у грибов, водорослей и животных, Вавилов пришёл к выводу, что закон носит всеобщий характер и проявляется «не только у высших, но и у низших растений, равно как и у животных». Вавилов рассматривал сформулированный им закон как вклад в популярные в то время представления

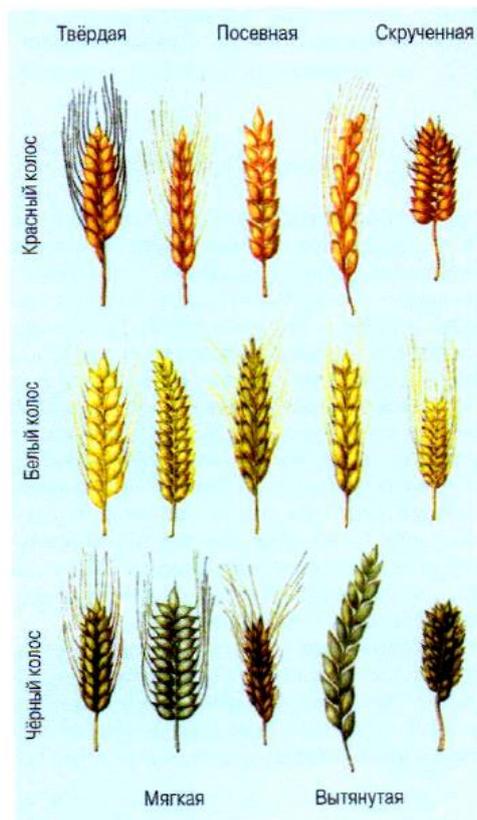
о закономерном характере изменчивости, лежащей в основе эволюционного процесса. Он полагал, что закономерно повторяющиеся в разных группах наследственные вариации лежат в основе эволюционных параллелизмов и явления мимикрии.

О каком законе идет речь, дайте формулировку закона?

Подумайте и ответьте на следующие вопросы?

1. Какие предпосылки лежат в основе закона гомологических рядов?
2. Какова основная суть закона гомологических рядов?
3. Какие научные достижения Н.И. Вавилова вы еще знаете?
4. Что называют гомологическими рядами?
5. Что такое гомологичные признаки и аналогичные признаки?
6. Оказало ли развитие генетики влияние на содержание закона гомологических рядов? Поясните ваш ответ.
7. Что такое изменчивость? Достаточно ли только изменчивости при изучении рядов культурных растений? Поясните ваш ответ.

А) Изучите иллюстрации и поясните, что изображено на них.



Гомологические ряды наследственной изменчивости в семействе злаковых (по Н. И. Вавилову) ¹.

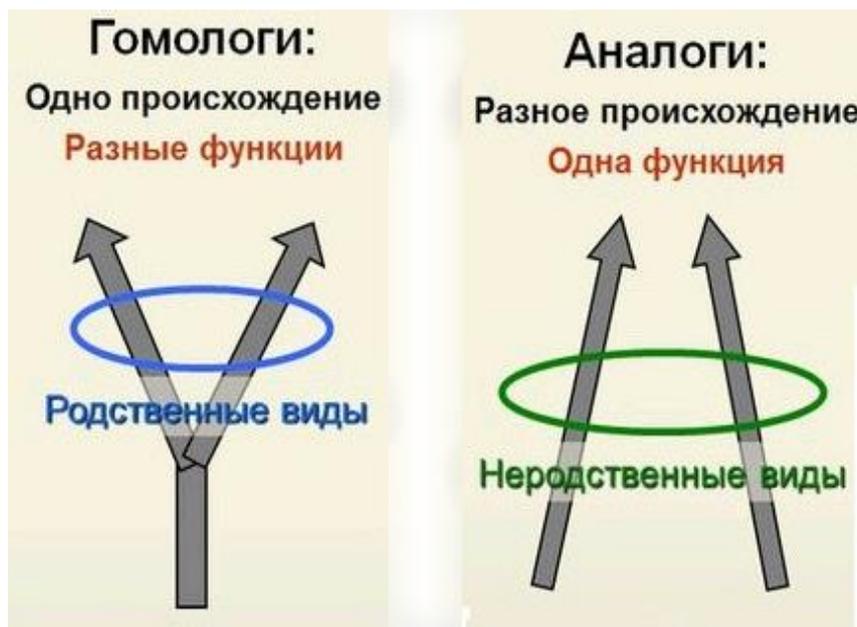
		Наследственно варьирующие признаки	Рожь	Пшеница	Ячмень	Овес	Просо	Сорго	Кукуруза	Рис	Пшарь
Соцветия	Пленчатость	Пленчатое (плотно заключено в колосковых чешуях) Голое (легко освобождается от чешуй)	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Остистость	Остистое	+	+	+	+	+	+	+	+	+
		Безостое	+	+	+	+	+	+	+	+	+
		Короткоостистое	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Зерно	Окраска	Белая	+	+	+	+	+	+	+	+	+
		Красная	+	+	+			+	+	+	
		Зеленая (серо-зеленая)	+	+	+	+			+	+	+
		Черная (темно-серая)	+	+	+				+	+	+
	Форма	Фиолетовая	+	+	+				+	+	+
		Округлая	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Консистенция	Удлиненная	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
	Стекловидная	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
	Мучнистая	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Биологические признаки	Образ жизни	Озимый	+	+	+	+					+
		Яровой	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Скороспелость	Полуозимый	+	+	+	+	+	+	+	+	+
		Поздняя	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Ранняя	+	+	+	+	+	+	+	+	+	

Примечание. Знак «+» означает наличие наследственных форм, обладающих указанным признаком.

Б) Гомологичные и аналогичные признаки.

Заполните таблицу используя в помощь схему расположенную под таблицей.

Признак	Гомологичные признаки/органы	Аналогичные признаки/органы
Происхождение		
Функция		
Путь образования		
Примеры		



В) Выберите три правильных утверждения из шести предложенных вариантов.

Николай Иванович Вавилов:

1. Ввёл в практику генетических исследований плодовую мушку дрозофилу.
2. Организовал научные экспедиции для сбора образцов культурных растений, их диких предков и сородичей.
3. Создал учение о центрах происхождения культурных растений.
4. Сформулировал закон гомологических рядов.
5. Разработал метод ментора.
6. Является основоположником генетики.

Ответы: 2, 3, 4.

Г) Заполните пропуски в формулировке закона:

«Виды и роды, генетически _____, характеризуются сходными рядами наследственной изменчивости с такой правильностью, что зная ряд форм в пределах одного _____, можно предвидеть нахождение таких же форм у других _____ и _____. Чем _____ роды и виды, тем _____ сходства в рядах их изменчивости»

Ответ: по мере формулировки закона — близкие, вида, видов, родов, ближе, больше.

Д) Оформите свои выводы в виде краткого доклада о значимости закона гомологических рядов в биологии.

Кейс 2

Тема: Генетические ресурсы и генетическое разнообразие Центры происхождения культурных растений

Вариант 1

Немного о дипломатическом протоколе.

С незапамятных времен человеческий опыт накапливал и отбирал из бесконечных повторений поведения те правила, условности и традиции, которые отвечали интересам поддержания общения. С появлением государств и с развитием связей между ними стали складываться нормы общения, включая протокольные. В процессе исторического развития протокол претерпевал глубокие изменения, но всегда за условностями церемониала стояли вопросы большой политики государств, престижа верховной власти.

В настоящее время обязательное четкое соблюдение норм дипломатического протокола необходимо, когда происходит признание новых государств, установление дипломатических отношений, когда назначаются главы дипломатических представительств, вручаются верительные грамоты, осуществляются дипломатические визиты, проводятся беседы, переговоры, подписываются договоры и соглашения и т. д. Но в последнее время принимаются во внимание тенденции, которые наблюдаются в международной протокольной практике: сделать нормы протокола более простыми и удобными.

Правила международной вежливости не имеют обязательной силы. Но, как свидетельствует международная протокольная практика, государства и дипломаты стремятся соблюдать их. Ведь в ходе международного общения встречаются представители различных суверенных государств, они могут иметь различные (иногда конфликтующие, непримиримые) идеологические, религиозные взгляды, политические установки, моральные принципы и т. п.

Дипломатические приемы играют важную роль в дипломатической службе; на них решаются как представительские задачи, так и информационные, специальные.

Приемы проводятся в связи с важными событиями и в порядке повседневной деятельности, как центральных органов внешних отношений, так и дипломатических представительств.

В дипломатическом протоколе приёмы делятся на дневные и вечерние, приемы с рассадкой и без рассадки за столом, с супругами и без них. Сегодня наиболее широкое распространение получили следующие виды приемов: завтрак, обед, ужин, обед-буфет (шведский стол), а также приемы типа фуршет и коктейль.

Прочитайте текст:

В 1999 году Министерство Иностранных Дел Российской Федерации по случаю наступления Миллениума (2000 года) решило провести встречу «без галстуков» и устроить праздничный обед в честь события. На обед были приглашены представители Мексики, Греции, Италии, Алжира, Эфиопии, Перу, Чили, Египта, Индонезии, Франции, Германии, Англии и других стран, представителей со всего Мира.

В качестве основного, особенного подарка для послов других государств было решено предложить каждому меню из блюд его национальной кухни, чтобы порадовать их чем-то по домашнему теплым и радостным. Большое меню кухонь всех стран, послы которых присутствовали на праздничном обеде.

К сожалению, в самый последний момент рассадка гостей изменилась, на столах успели расставить только флаги государств представителей. Шеф-повару сказали о том, что гости будут сидеть в другом порядке в тот момент, когда к подаче были готовы первые

блюда, оставались считанные минуты до подачи последних. Шеф-повар с командой, конечно же, не знали в лицо всех послов и членов их семей. Назревал большой дипломатический скандал, ведь каждый посол мог получить блюдо не своей национальной кухни. Но шеф-повар с командой справились с задачей. Каждый получил то, что ему полагалось. Не было ни одной ошибки. По результатам ужина вся поварская команда получила памятные подарки и поощрения.

Как вы думаете, как удалось шеф-повару и его команде так быстро справиться со сложной ситуацией. Дадим небольшую подсказку — шеф-повар был большим поклонник Н.И. Вавилова и его научных достижений. А вы бы справились?

Подумайте и ответьте на следующие вопросы?

1. Как шеф-повару удалось подать обед без ошибок? На что он ориентировался при подаче блюд национальной кухни?
2. Какое научное достижение Н.И. Вавилова лежит в основе этой истории?
3. Как вы думаете какие культурные растения могли быть использованы для приготовления блюд к праздничному обеду?
4. Как связаны центры происхождения культурных растений с этим обедом?
5. Что такое центры происхождения культурных растений?
6. Сколько центров происхождения культурных растений выделял Н.И. Вавилов? Изменилась ли эта схема на данный момент?

Задания:

1) Прочтите утверждение и решите правильное ли оно или нет:

1. Если салат из помидоров с огурцами полить оливковым маслом, то все компоненты блюда будут иметь разные центры происхождения
2. Основной компонент манной каши имеет только один цент происхождения.
3. Макароны изготавливают из пшеницы, центр происхождения которой находится там, где берет начало Голубой Нил.
4. Древние китайцы любили пить чай с черешневым вареньем.
5. Растение, из которого итальянцы делают полету, молдаване — мамалыгу, а грузины — мчади, росло в диком виде на территории современного Мехико 60 тысяч лет назад.

Ответ: 1, 3, 5 — да; 2, 4 — нет.

2) Перед вами несколько продуктов, которые входили в состав меню праздничного обеда. Распределите продукты по центрам происхождения культурных растений заполнив таблицу.

«Меню» на столах:

1. Сок апельсиновый, фунчоза, сахар.
2. Соевый соус, сливовый сок, чай, вишневый пирог.
3. Хлеб ржаной, сухарики пшеничные, изюм.
4. Квашенная капуста, томленая свекла, оливки, гранатовый сок.
5. Макароны, кофе со сливками, банан, перловка.
6. Кукурузные хлопья, шоколад, авокадо.
7. Чипсы, томатная паста, казинак.

Центр происхождения культурных растений	Культурные растения из «меню»
Южноазиатский тропический	
Восточноазиатский	
Юго-западноазиатский	
Средиземноморский	
Абиссинский	
Центрально- и североамериканский	
Южноамериканский	

3) Составьте список культурных растений, которые могут быть включены в список продуктов национальных кухонь Китая, Индии, Эфиопии, Чили, Перу, Египта, Италии, Алжира и др. (на выбор).

Кейс 3

Тема: Генетические ресурсы и генетическое разнообразие Центры происхождения культурных растений

Вариант 2

Прочитайте текст:

Однажды в 1939 году Николай Иванович Вавилов обсуждал со своим другом антропологом культурологом из Русского географического общества Петром Петровичем Петровым очаги древних земледельческих культур. Петр Петрович придерживался классического взгляда на эту проблему, а именно считал, что широкие долины Тигра, Евфрата, Ганга, Нила и других крупных рек Мира являются очагами не только культур Египта, Месопотамии и Индии, но и очагами где собственно зародилось земледелие. Николай Иванович наоборот утверждал, что мнение таково ошибочное и что очаги земледелия, по его наблюдениям, подтвержденным различными экспедиционными сборами, связаны с горными регионами тропиков, субтропиков и умеренного пояса. Большинство культурных растений не только связаны с регионами флористического богатства, но и с очагами человеческой цивилизации в данных регионах. Для пущей убедительности Николай Иванович растелил на полу в своем кабинете огромную карту Мира и разложил фотографии и зарисовки культур из всевозможных экспедиций. В самый горячий момент спора в кабинет зашла секретарь Николай Ивановича, неся поднос с чаем и вареньем. Спорящие ученые не заметили ее и в порыве спора случайно заделали поднос, чай пролился на карту и записи, чернила растеклись и появились на карте пустые пятна. Но это огорчило ученых, так как все это легко было восстановить по записям Николай Ивановича в его дневниках.

Подумайте и ответьте на следующие вопросы?

1. Какое научное достижение Н.И. Вавилова лежит в основе этой истории?
2. Что такое центры происхождения культурных растений?
3. Сколько центров происхождения культурных растений выделял Н.И. Вавилов? Изменилась ли эта схема на данный момент?
4. Какие сельскохозяйственные культуры произошли из каждого центра происхождения?

Задания:

1) Восстановите утраченные фрагменты карты и экспедиционные дневниковые записи по фрагментам оставшейся информации:

Центр происхождения	Характерные культуры
Южноазиатский тропический	Соя, хлопчатник, хурма, женьшень, бамбук, канатник, чайное дерево
Юго-Западноазиатский	Брокколи, клевер, лен, морковь, артишок, спаржа, редька, мята, укроп
Эфиопский	Табак, агава, авокадо, какао, тыква, фасоль, кукуруза
Андийский (Южноамериканский)	Томат, арахис, гевея, фейхоа, амарант

2) Пройдите тестирование:

1. Установите соответствие между растениями и центрами их происхождения.

КУЛЬТУРЫ

ЦЕНТРЫ ПРОИСХОЖДЕНИЯ

А) кофейное дерево

1) Абиссинский

Б) капуста

2) Андийский

В) маслины

3) Средиземноморский

Г) картофель

Д) хинное дерево

Е) банан

2. Около 90 видов культурных растений, в том числе кукуруза, происходят из центра...

а) Центральноамериканского

б) Южноазиатского

в) Восточноазиатского

г) Абиссинского тропического

3. Родиной многих клубненосных растений, в том числе картофеля, является центр...

а) Южноазиатский

б) Средиземноморский

в) Южноамериканский тропический

г) Центральноамериканский

4. В поисках диких родичей культурных растений — источнике ценных для селекции признаков исследователь из ВИР имени Н.И. Вавилова обнаружил во флоре изучаемой территории много представителей таких родов растений как *Crassula*, *Zygophyllum*, *Litops*, *Euphorbia*. На каком континенте находится эта территория?

а) Австралия

б) Южная Америка

в) Африка

г) Антарктида

5. В поисках староместных сортов культурных растений — источнике ценных для селекции признаков — исследователь из ВИР имени Н.И. Вавилова обнаружил при изучении флоры территории, что местное население окультурило богатое видовое разнообразие семейств *Sterculiaceae*, *Solanaceae*, *Euphorbiaceae*, *Passifloraceae*. На каком континенте работал исследователь?

а) Австралия

б) Южная Америка

в) Африка

г) Антарктида

6. При исследовании флоры ученый из ВИР нашел только два вида цветковых растений, но оба они могут использоваться человеком — один как декоративное растение, а второй — как кормовое. На каком континенте находится эта территория?

- а) Австралия
- б) Южная Америка
- в) Африка
- г) Антарктида

Кейс 4

Тема: Клональное микроразмножение растений. Соматклональная изменчивость Микроклональное размножение

Вариант 1

Прочитайте текст:

В лаборатории in vitro аспирант Федор Иванов для своей исследовательской работы о микроклональном размножении табака проводил введение в культуру in vitro табака отрезками стебля. При приготовлении питательной среды он добавил цитокинины и ауксины. После этого образцы были поставлены на световую установку для прорастания. Через некоторое время при проверке результатов проделанной работы, Виктор обнаружил, что на черенках образовались многочисленные почки, а вот корней у большинства образцов не было совсем, либо они были слабо развиты.

Скажите можно ли использовать растения регенеранты полученные в опыте Федора в дальнейшем? Можно ли исправить опыт Федора, чтобы получить черенки с хорошо развитыми почками и корнями? Что нужно для этого сделать?

Подумайте и ответьте на следующие вопросы?

1. Что такое фитогормоны и какие процессы в растительных клетках и тканях они стимулируют?
2. Какие группы фитогормонов стимулируют и ингибируют рост и развитие растений?
3. Какова химическая природа фитогормонов и в каких органах растения они синтезируются?
4. Как осуществляется гормональная регуляция в культуре клеток и тканей?
5. Какие пути реализации морфогенеза in vitro возможны?
6. Чем отличаются прямой и непрямой пути морфогенеза?

Задания:

1) Вы вводили в культуру in vitro образцы жимолости, в качестве эксплантов брали верхушечные и пазушные почки молодых побегов первого года, стерилизовали по отработанной ранее методике хлорсодержащим препаратом. Однако спустя одну неделю после начала культивирования экспланты и поверхность питательной среды были покрыты грибной инфекцией. В чём причина?

- а) Вы забыли смыть стерилизатор автоклавированной дистиллированной водой.
- б) Вы забыли простерилизовать рабочие инструменты (пинцет, скальпель).
- в) Вы забыли добавить стерилизатор.
- г) Вы забыли проавтоклавировать дистиллированную воду для промывки эксплантов. Даже при наличии стерилизатора смывать его необходимо автоклавированной дистиллированной водой.

Ответ — б, в и г.

2) На этапе укоренения микрочеренков смородины чёрной в течение трёх недель не образуются корешки, растение не растёт и увядает. Назовите возможные причины.

- а) Слишком плотная питательная среда из-за повышенной концентрации агара.
- б) Неправильно определена рН среды во время приготовления.
- в) Много цитокининов в питательной среде.

Ответ — а и б.

3) Рост каллусной ткани, при получении БАВ, в процессе ферментации осуществляется в несколько этапов. В какой фазе необходимо стимулировать активность клеток? (Подготовьте полный аргументированный ответ).

Кейс 5

Тема: Клональное микроразмножение растений. Соматклональная изменчивость Микроклональное размножение

Вариант 2

Прочитайте текст:

В лаборатории in vitro аспирантка Елена Фарадей вводила в культуру in vitro образцы калины. В качестве эксплантов она взяла верхушечные и пазушные почки молодых побегов первого года. Елена провела стерилизацию по отработанной ранее методике хлорсодержащим препаратом. Однако спустя одну неделю после начала культивирования Елена обнаружила что экспланты и поверхность питательной среды покрыты грибной инфекцией.

Объясните, что произошло в опыте Елены. Какие возможные технологические ошибки она допустила? Поясните почему вы так думаете. Опишите правильный ход работы методики Елены.

Подумайте и ответьте на следующие вопросы?

1. Что такое фитогормоны и какие процессы в растительных клетках и тканях они стимулируют?
2. Какие группы фитогормонов стимулируют и ингибируют рост и развитие растений?
3. Какова химическая природа фитогормонов и в каких органах растения они синтезируются?
4. Как осуществляется гормональная регуляция в культуре клеток и тканей?
5. Перечислите факторы затрудняющие работу с растительными клетками методом суспензионных культур.
6. Для каких целей используют культуру каллусов в биотехнологии, генетике и селекции?
7. Каковы основные способы микроклонального размножения?

Задания:

- 1) На этапе микроразмножения образцов малины отмечен рост только каллуса, а не побегов. Почему?
 - а) В питательную среду добавили вещества ауксиновой природы (например, ИМК, ИУК) вместо цитокининовой (БАП).
 - б) Из-за убывающей луны.
 - в) Слишком много агара в питательной среде.

2) Вы вводили в культуру *in vitro* образцы картофеля, в качестве эксплантов брали верхушечные и пазушные почки этиолированных проростков, стерилизовали по отработанной ранее методике хлорсодержащим препаратом. Однако спустя две недели после начала культивирования экспланты не начали расти и развиваться, но и инфекцией не поразились. В чём причина?

- а) Вы забыли смыть стерилизатор автоклавированной дистиллированной водой. Инфекция при этом не развивается, но из-за длительного воздействия хлора почки не развиваются.
- б) Вы забыли добавить регуляторы роста в питательную среду (цитокинины), поэтому рост и развитие пазушных почек не стимулируется.
- в) Вы забыли добавить стерилизатор.

3) Чем отличаются питательные среды для пролиферации побегов, индукции корнеобразования, культивирования меристем, получения микроклубней? (Подготовьте полный аргументированный ответ о целесообразности использования метода, о его плюсах и минусах).

Кейс 6

Тема: Низкотемпературное хранение семян. Проверка жизнеспособности семян

Процент всхожести семян

Прочитайте текст:

Примерная методика проверки схожести семян. Чтобы установить процент всхожести, берут 10 шт. семян (можно и другое количество) одного вида, равным слоем раскладывают их между листами фильтровальной бумаги или любого пористого материала, и устанавливают в помещении с температурой около +18...+22 °С, семена увлажняют. По мере необходимости воду добавляют, но проверяют, чтобы бумага не была слишком мокрой.

Через определенное время (оно равно сроку определения всхожести семян для конкретной культуры) считают число проросших семян, устанавливая процент их всхожести.

Например, если из 10 семян проросло 6, значит, всхожесть семян в конкретной партии составляет примерно 60 %. То есть степень всхожести мы высчитываем как соотношение уже взошедших семян к тем, что не проклюнулись. Семена со всхожестью ниже 30% сеять не рекомендуется.

Ответьте на вопросы:

1. Каково время прорастания семян? От каких параметров оно зависит?
2. При каких условиях нельзя провести конечный расчет всхожести семян?
3. Если нарушить протокол методики проверки всхожести, что может произойти в процессе определения прорастания?
4. Как Вы думаете зачем семена закладываются на низкотемпературное хранение?
5. Как подготовить семена к низкотемпературному хранению?
6. Что необходимо сделать для выведения семян из низкотемпературного хранения?

Задание (может быть групповое, или для нескольких групп):

Используя дополнительные материалы к кейсу (или информационные ресурсы Интернета) проведите следующую работу. Представьте, что Вы куратор овощных (или овощных зеленных культур, любых других групп), и отвечаете за сохранение и поддержание соответствующей коллекции.

Определите перечень культур, куратором которых вы являетесь.

Составьте таблицу сроков хранения этих культур, запишите в таблице процент всхожести ваших культур.

Имея результаты составленной таблицы подготовьте принципиальную схему работы куратора по поддержанию и сохранению коллекции на 20–30 лет. Подготовьте календарный график с указанием сроков посева ваших культур, сроков проведения проверки семян на всхожесть. Определите сроки закладки семян на низкотемпературное хранение и период хранения семян при низких температурах (а также период хранения без закладки), сроки проверки жизнеспособности семян после низкотемпературного хранения.

Кейс 7

Тема: Низкотемпературное хранение семян. Проверка жизнеспособности семян

Стандарт определения всхожести семян сельскохозяйственных культур

Прочитайте текст:

В Российской Федерации существует Межгосударственный стандарт, определяющий правила работы с семенами сельскохозяйственных культур. В нем определяются методы отбора проб, используемое оборудование, но, что самое главное, в нем определены правила проращивания семян при проведении анализа на всхожесть и жизнеспособность большинства сельскохозяйственных культур, и методики расчета проверки жизнеспособности.

Ознакомьтесь с ГОСТом в дополнительных материалах и ответьте на следующие вопросы:

1. Как вы думаете, в чем необходимость проверки семян на всхожесть? Зачем она проводится.
2. Опишите основные методы подготовки семян к анализу на всхожесть?
3. Как вы думаете проверка семян на всхожесть проводится только перед посевными работами? Обоснуйте свой ответ.
4. Какие семена (образец) считаются непроросшими?
5. Что называют невсхожими семенами?
6. Каковы особенности определения всхожести зерновых культур?
7. Каковы особенности определения всхожести технических культур? Какие культуры относят к техническим культурам?
8. Каковы особенности определения всхожести овощных культур?

Решите и обоснуйте следующие ситуационные задачи:

1) Всхожесть семян отдельных проб оказалась равной 81, 91, 88, 97 %, а среднеарифметическое значение — 89,2 %, округленно 89 %. По ГОСТу для среднего значения всхожести 89 % допустимое отклонение равно ± 6 %. Нужно ли проводить повторный анализ. Аргументируйте ваш ответ.

2) При проращивании четырех проб по 50 семян в каждой проросло 45, 46, 47, 48 семян, что при вычислении процента всхожести соответствует 90, 92, 94, 96 %, а средняя всхожесть — 93 %. По ГОСТ для среднего значения всхожести 94 % допустимое отклонение составляет ± 7 %. Нужно ли проводить повторный анализ. Аргументируйте свой ответ.

3) При определении всхожести смеси семян по двум пробам анализ повторяют, если расхождение между результатами анализа проб превышает допустимое значение, указанное в ГОСТ. Если при повторном анализе расхождение между результатами анализа проб не превышает допустимое, а полученные данные подтверждают кондиционность семян, то всхожесть вычисляют по результатам повторного определения. При расхождении между результатами анализа проб более допустимого или при несоответствии результата норме стандарта всхожесть устанавливают, вычисляя среднеарифметическое значение результатов скольких проб? При каких еще условиях анализ также повторяют? Если при повторном анализе всхожесть будет соответствовать норме, установленной стандартом, то по данным какого определения вычисляют энергию прорастания и всхожесть? Обоснуйте свой ответ.

Кейс 8

Тема: Генетика растений.

Хромосомная теория наследственности

Возможность картирования основана на теоретическом постоянстве процента кроссинговера между определёнными генами. Однако при таком методе генетического картирования физическое расстояние между генами нередко отличается от их генетического расстояния, так как кроссинговер происходит не с одинаковой вероятностью в разных участках хромосом.

При создании генетической карты устанавливают последовательности расположения генетических маркеров по длине всех хромосом с определённой плотностью, то есть на достаточно близком расстоянии друг от друга.

Комплементарное (дополнительное) действие генов — это вид взаимодействия неаллельных генов, доминантные аллели которых при совместном сочетании в генотипе обуславливают новое фенотипическое проявление признаков.

Эпистаз — взаимодействие неаллельных генов, при котором один из них подавляется другим.

Полимерия — взаимодействие неаллельных множественных генов, однозначно влияющих на развитие одного и того же признака; степень проявления признака зависит от количества генов.

Основываясь на своих базовых знаниях по генетике, дополнительных материалах к кейсу ответьте на следующие вопросы:

1. Что такое неаллельные гены?
2. Как происходит влияние генов друг на друга?
3. Сколько генов может отвечать за один признак?
4. Какое условие нужно для комплементарности?
5. Что такое ген-ингибитор?
6. От чего зависит кумулятивная полимерия?
7. Взаимодействие неаллельных генов — комплементарность, эпистаз, полимерия. Приведите примеры.

Решите следующие задачи:

1) От скрещивания гомозиготных усатого растения земляники с красными ягодами с безусым, имеющим белые ягоды, в F₁ все растения усатые с розовыми ягодами. В F₂ произошло расщепление: 16 растений усатых красноплодных, 5 безусых красноплодных, 32 усатых розовоплодных, 11 безусых розовоплодных, 14 усатых белоплодных и 4 безусых белоплодных. Необходимо определить:

1. Характер наследования окраски ягод и усатости.
2. Генотипы всех фенотипических групп F₂.

2) Имея генетическую карту хромосом можно контролировать по наследованию «сигнального» гена, тесно сцепленного с изучаемым, передачу потомству генов, обуславливающих развитие трудно анализируемых признаков; например, ген, определяющий эндосперм у кукурузы и находящийся в 9-й хромосоме, сцеплен с геном, определяющим пониженную жизнеспособность растения. Геном кукурузы, состоит из 2,3 миллиардов пар

нуклеотидов ДНК, и несет на себе 32,5 тысячи генов, распределенных в 10 группах сцепления. Сцепленное наследование — наследование признаков, гены которых локализованы в одной хромосоме. Группы сцепления разрушаются при кроссинговере, когда происходит обмен участками гомологичных хромосом в профазу I мейоза. Сила сцепления между генами зависит от расстояния между ними: чем дальше гены располагаются друг от друга, тем выше частота кроссинговера и наоборот. Перекрест между самыми крайними точками в пределах одной хромосомы не может составить более 50 %, ибо такой процент образования гамет генетически обнаруживается как независимое наследование при отсутствии сцепления

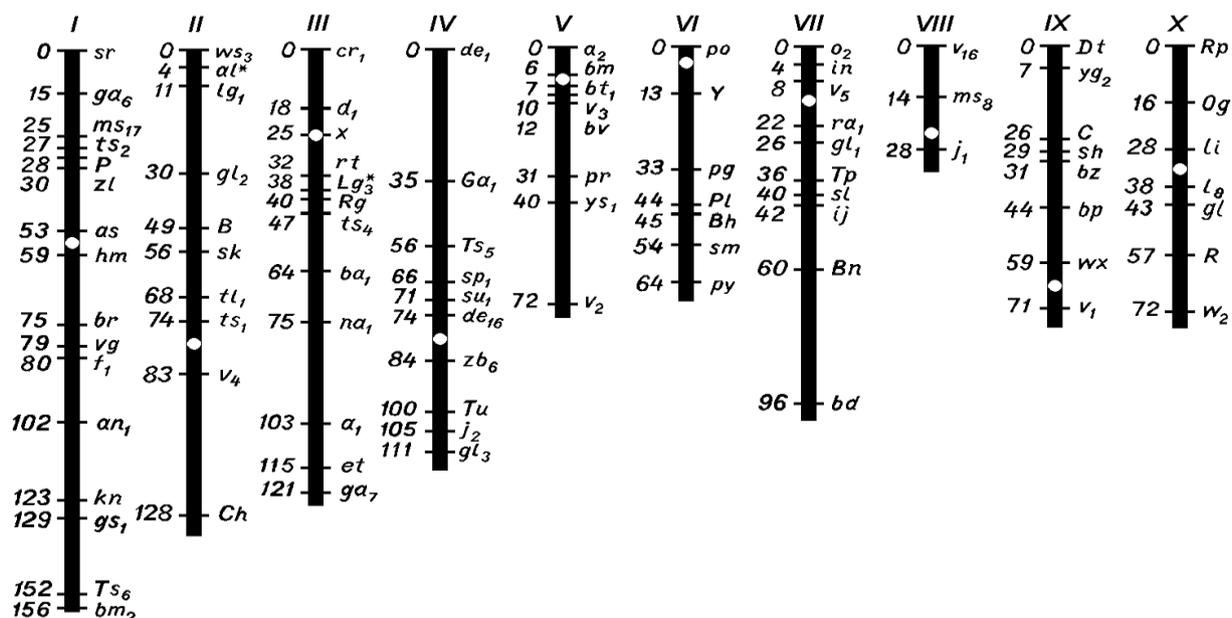


Рисунок. Генетическая карта хромосом кукурузы по группам сцепления.

Цифры указывают расстояние между генами и одним из концов хромосомы (в единицах перекреста). Центромеры обозначены белыми кружками

Определите генотип гетерозиготного родителя, порядок генов и процент кроссинговера, исходя из следующего расщепления в F_a:

ABC	130
ABc	12
AbC	67
Abc	65
aBC	71
aBc	73
abC	16
abc	136

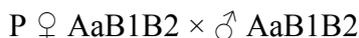
Всего 570

Решение задачи 1:

1. Определяем характер наследования признаков: в F₁ все растения единообразны — усатые с розовыми плодами. Потомство F₁ имеет признак, отличный от признаков родительских форм. Следовательно, наличие усов наследуется по типу полного доминирования, а окраска ягод — промежуточного. Проверим правильность решения по расщеплению гибридов второго поколения. Проанализируем наследование каждого признака по отдельности. В F₂ 62 усатых растения и 20 безусых, что соответствует расщеплению в соотношении 3:1. Имеется 21 красноплодное растение, 43 розовоплодных, 18 белоплодных, что соответствует расщеплению в соотношении 1:2:1. Это доказывает правильность рассуждений о характере наследования признаков.

2. Вводим обозначение генов: А — наличие усов; а — отсутствие усов; В1 — красная окраска ягод; В2 — белая окраска ягод; В1В2 — розовая окраска ягод.

3. Записываем схему скрещивания потомков F1.



4. Определяем типы гамет. Потомки F1 дигетерозиготны, поэтому они образуют по четыре типа гамет.



усат. розов. усат. розов.

5. Получаем потомков F2, используя решетку Пеннета.

6. Проводим анализ скрещивания. В F2 генотип усатых красноплодных растений А_В1В1 (запись А_ означает, что вместо прочерка может находиться либо доминантный А, либо рецессивный а аллели), усатых розовоплодных А_В1В2, усатых белоплодных А_В2В2, безусых красноплодных ааВ1В1, безусых розовоплодных ааВ1В2, безусых белоплодных ааВ2В2.

Ответы.

1. Наличие усов наследуется по типу полного доминирования, окраска ягод — промежуточного доминирования.

2. Генотипы F2: усатые красноплодные ААВ1В1, АаВ1В1; усатые розовоплодные ААВ1В2, АаВ1В2; усатые белоплодные ААВ2В2, АаВ2В2; безусые красноплодные ааВ1В1; безусые розовоплодные ааВ1В2; безусые белоплодные ааВ2В2.

Решение задачи 2:

Определяем характер наследования генов.

Находим расщепление по генам А и В

АВ	Аb	aВ	ab
130	67	71	16
12	65	73	136
142	132	144	15

Расщепление близко к значению 1:1:1:1, что дает основание предполагать независимое наследование генов А и В. Проверка по χ^2 не отвергает данного предположения.

Находим расщепление по генам В и С.

ВС	Вс	bС	bc
130	12	67	65
71	73	16	136
201	85	83	201

Расщепление не соответствует значению при независимом наследовании (1:1:1:1), поэтому можно утверждать, что гены сцеплены в одной группе. Генотипы некроссоверов ВС и bc, а кроссоверов Вc и bС.

Рассчитываем процент кроссинговера:

$$((85 + 83) \div 570) \times 100 = 29,4 \%$$

Находим расщепление по генам А и С.

АС	Ас	аС	ас
130	12	71	73
67	65	16	136
197	77	87	209

Аналогично предыдущему можно сказать, что гены А и С сцеплены. Генотипы некроссоверов АС и ас, а кроссоверов Ас и аС.

Рассчитываем процент кроссинговера:

$$((77 + 87) \div 570) \times 100 = 28,8 \%$$

Поскольку ген А сцеплен с геном С и ген В сцеплен с геном С, то следует ожидать, что гены А и В тоже сцеплены. Генотипы некроссоверов АВ и аВ, а кроссоверов Аb и аВ.

Рассчитываем процент кроссинговера:

$$((132 + 144) \div 570) \times 100 = 48,4 \%$$

Определяем порядок расположения генов в хромосоме.

Поскольку наибольший процент кроссинговера обнаружен между генами А и В, можно сказать, что гены А и В лежат на концах исследуемой области хромосомы, а ген С — расположен посередине, чуть ближе к гену А.

$$А — 28,7 \% — С — 29,4 \% — В — 48,4 \%$$

Если гены расположены линейно, в установленном порядке, то сумма расстояний между генами А — С и С — В должна быть равна расстоянию между крайними генами А — В. Однако сумма двух отрезков составляет $28,8 + 29,4 = 58,2 \%$, а расстояние между крайними генами А-В равно $48,4 \%$, то есть на $9,7 \%$ меньше. В чем причина этого расхождения? Так как расстояния между генами А и В сравнительно большое, то возможен двойной кроссинговер, который в наших вычислениях не учтен.

Генотип двойных кроссинговеров АсВ и аСb.

Считаем процент двойных кроссоверов:

$$((12 + 16) \div 570) \times 100 = 4,9 \%$$

Так как двойной кроссинговер происходит благодаря двум одинарным разрывам в двух участках хромосомы, то частоту двойного кроссинговера следует удвоить. Тогда расстояние между генами А и В с учетом двойных кроссоверов составит $48,4 \% + (2 \times 4,9 \%) = 58,2 \%$. Что точно соответствует расстоянию между генами А-С; С-В. В связи с тем, что расстояние между генами А и В более 50% , то анализ наследования этих генов и показал независимое комбинирование, тогда как на самом деле они находятся в одной группе сцепления и локализованы в одной хромосоме.

Вывод:

1. Гены А, В, С находятся в одной группе сцепления.
2. Расстояние между генами А и В = $58,2 \%$, между генами В и С = $29,4 \%$, между генами А и С = $28,8 \%$.
3. Генотип гетерозиготного родителя — АСВ||асb.

Кейс 9

Тема: Молекулярно-генетические методы. Рестриктазы. ПЦР

Прочитайте текст:

Иван, в рамках своей научно-исследовательской работы по выделению древней ДНК бобовых культур (фасоли), образцы которых были найдены в старом городище под Ереваном, должен провести полимеразную цепную реакцию. Ему для постановки амплификации на 24 пробы необходимо приготовить реакционную смесь.

Помогите Ивану:

1. Определить объемы $MgCl_2$ с концентрацией 24 мМ и H_2O , чтобы получить раствор $MgCl_2$ 12 мМ для ПЦР-смеси.
2. Рассчитать состав ПЦР микса для 24 проб исходя из того, что одна проба содержит 15 мкл реакционной смеси и 5 мкл ДНК.

Ответьте на следующие вопросы:

1. Почему в поставленном опыте у Ивана может не наблюдаться продукт амплификации (назовите причины).
2. Как вы думаете почему при постановке фореза может быть несколько продуктов амплификации?
3. Что будет если состав смеси будет неверным или концентрация магния больше/меньше? Обоснуйте ваши ответы.

Решите следующие задачи:

1) Имеется последовательность из 27 нуклеотидных пар двухцепочечной ДНК следующего состава:



Каким способом и на сколько частей можно разрезать эту ДНК?

2) Если последовательность нуклеотидов в молекуле ДНК распределяется случайным образом, то какова будет средняя длина фрагмента при разрезании ДНК рестриктазами узнающими последовательность из восьми нуклеотидов?

3) Лаборант исследователь подготовил реакционную смесь для получения реакции ПЦР, добавил в пробирку следующие компоненты:

Двухкратный буфер для ПЦР (с Mg^{2+}), ДНК матрицу, прямой праймер.

Затем лаборант отвлекся на сообщение по телефону, а когда вернулся к протоколу, задумался, каких компонентов не хватает в реакционной смеси.

Помогите лаборанту определить какие компоненты нужно добавить в реакционную смесь из представленного списка?

(1) Дезоксигуанозинтрифосфат, (2) РНК матрица, (3) РНК-зависимая ДНК-полимераза, (4) дезокситимидинтрифосфат, (5) дезоксиаденозинтрифосфат, (6) ДНК-зависимая РНК-полимераза, (7) дезоксицитидинтрифосфат, (8) обратный праймер, (9) дезоксиуридинтрифосфат, (10) ДНК-зависимая ДНК-полимераза.

4) Определите последовательность обратного праймера длиной 16 нуклеотидов, если в качестве прямого праймера был использован следующий олигонуклеотид 5'-СТСГСААСGGAAAACC-3'

Кейс 10

Тема: Криоконсервация и криохранение

Прочитайте текст:

Для большинства соматических клеток и спермиев ряда видов криоконсервация стала обычной процедурой. Однако для растительных клеток все еще нет универсального метода, который был бы пригоден для их криосохранения.

И все же в мире достигли криосохранения (при — 196 °С) культур клеток почти для 40 видов растений и культур апикальных меристем еще 25 видов.

Причина такого относительно медленного продвижения связана прежде всего со спецификой растительных клеток: большими размерами, значительной вакуолизацией, большим количеством воды и чрезвычайно широкой пластичностью их метаболизма. Поэтому выживание клеток после размораживания даже в лучших, редких случаях не превышает 60–70 %.

Повреждения клеток при замораживании и последующем оттаивания зависят от образования льда внутри клеток и от их дегидратации. Опасен рост центров кристаллизации в крупные кристаллы (более 0,1 мкм), чьи грани разрушают мембраны. Полностью рост и перестройка кристаллов льда останавливаются в чистой воде только при — 140 °С. Вот почему длительное хранение возможно только при более низких температурах.

Точка замерзания цитоплазмы ~ -1 °С, криопротекторы снижают ее до — 3,5 °С.

Криосохранение как система единого экстремального процесса (замораживание-хранение-размораживание) состоит из следующих элементов: подготовка объекта, добавления криопротекторов, замораживание в определенном режиме, хранения в жидком азоте, размораживание, удаление криопротекторов (отмывка), рекультивация (для клеток), регенерация целых растений. Криоконсервация культур клеток и меристем растений в отличие от клеток животных во многих случаях начинается с этапа специальной подготовки, хотя есть культуры, для которых он не обязателен.

Изучение жизнеспособности клеток после криоконсервирования показало, что хранение в жидком азоте не влияет на выживание и восстановление клеточных культур после криосохранения. Например, клетки моркови возобновили рост после 12 лет криохранения. Уже получены растения-регенеранты картофеля, моркови, гороха, клубники, томатов из меристем, которые хранились при сверхнизких температурах. Проводятся исследования по криосохранению клеточных штаммов-продуцентов экономически важных веществ.

Ответьте на вопросы:

1. Что такое криосохранение и каково его значение?
2. Назовите особенности растительных клеток, которые затрудняют разработку универсальных методов их криосохранения.
3. Что такое криопротекторы?
4. Назовите наиболее эффективные криопротекторы.

Ситуационные задания:

1) При оценке способности к посткриогенной регенерации картофеля в трёх повторностях были получены значения 40, 50 и 80 процентов. Каков средний уровень регенерации? Поясните ваш ответ.

2) После посткриогенного оттаивания апексов малины на среде для регенерации не выросло ни одного растения, не отметили развития ни одного апекса. Почему?

А) не соблюдали пошаговый протокол.

Б) апексы пролежали в размораживающем растворе дольше необходимого времени.

В) В процессе погружения в жидкий азот и оттаивания использовали растворы криопротекторов с повышенной концентрацией ДМСО.

3) В опыте по оценке влияния длительности инкубации апексов в растворе криопротектора на степень посткриогенного восстановления было показано, что апексы не растут после инкубации дольше 40 минут и меньше 20 минут. В каком интервале времени следует инкубировать образцы этого же вида растений?

Дополнительная профессиональная программа повышения квалификации «Генетика и генетические технологии растений»

Министерство просвещения Российской Федерации

Федеральное государственное образовательное учреждение дополнительного образования
"Федеральный центр дополнительного образования и организации отдыха и
оздоровления детей"

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный
исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени
Н.И. Вавилова» (ВИР)

Государственное автономное образовательное учреждение дополнительного
профессионального образования Владимирской области «Владимирский институт
развития образования имени Л.И. Новиковой»

СОГЛАСОВАНО:

Протокол Педагогического совета
№ 7 от 15 октября 2021 г.

УТВЕРЖДАЮ
Директор ФГБОУ ДО ФЦДО


И.В. Козин
«18» октября 2021 г.

Дополнительная профессиональная программа
повышения квалификации
«ГЕНЕТИКА И ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ РАСТЕНИЙ»

(36 ч.)

Разработчики программы:

- Леншин Александр Анатольевич, ведущий специалист отдела управления проектами ФГБНУ ВИР
- Федосеева Дарья Николаевна, педагог дополнительного образования Детского технопарка «Кванториум - 33» ГАОУ ДПО ВО ВИРО

Москва – Санкт-Петербург - Владимир
2021

Раздел 1. «Характеристика программы»

1.1 Цель реализации программы

Повысить уровень профессиональных естественнонаучных компетенций педагогических работников в области реализации дополнительных общеобразовательных программ генетической направленности.

Совершенствуемые компетенции

№ пп	Компетенция	Код компетенции
44.03.01 — Педагогическое образование. Бакалавриат		
1	Способен осуществлять педагогическую деятельность на основе специальных научных знаний	ОПК-8
050100.62 — Педагогическое образование. Бакалавриат		
2	Следует этическим и правовым нормам в отношении других людей и в отношении природы (принципы биоэтики), имеет четкую ценностную ориентацию на сохранение природы и охрану прав и здоровья человека	ОК-1
3	Использует в познавательной и профессиональной деятельности базовые знания в области математики и естественных наук, применяет методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	ОК-6
4	Демонстрирует базовые представления об основных закономерностях и современных достижениях генетики, о геномике, протеомике	ПК-6
5	Демонстрирует современные представления об основах биотехнологии и генной инженерии, нанобиотехнологии, молекулярного моделирования	ПК-11
35.03.06 — Педагогическое образование. Агроинженерия. Бакалавриат		
6	Способен реализовывать современные технологии и обосновывать их применение в профессиональной деятельности	ОПК-4
7	Способен участвовать в проведении экспериментальных исследований в профессиональной деятельности	ОПК-5
06.03.01 — Биология. Академический бакалавриат		
8	Способен к самоорганизации и самообразованию	ОК-7
9	Способен применять знания клеточной организации биологических объектов, биофизических и биохимических основ, мембранных процессов и молекулярных механизмов жизнедеятельности	ОПК-5

1.2 Планируемые результаты обучения

№	Знать-уметь	Шифр направления подготовки / Компетенции
	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - современные образовательные технологии профессионального образования (профессионального обучения) - методику применения технических средств обучения, информационно-коммуникационных технологий, электронных образовательных и информационных ресурсов, дистанционных образовательных технологий и электронного обучения - сущности процесса обучения, содержания образования, методов обучения, форм организации обучения, диагностики знаний, умений, навыков <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - анализировать примерные программы, оценивать и выбирать учебники, учебные и учебно-методические пособия, электронные образовательные ресурсы и иные материалы - применять образовательные технологии в учебном процессе, в том числе при необходимости осуществлять электронное обучение - знакомить обучающихся с опытом успешных профессионалов, работающих в осваиваемой сфере профессиональной деятельности 	44.03.01 ОПК-8

№	Знать-уметь	Шифр направления подготовки / Компетенции
	<p>знать: - действующее законодательство и правовые нормы, регулирующие профессиональную деятельность</p> <p>уметь: - использовать нормативно-правовую документацию в сфере профессиональной деятельности</p>	<p>050100.62 ОК-1</p>
	<p>знать: - методики поиска, сбора и обработки информации, метод системного анализа</p> <p>уметь: - применять методики поиска, сбора, обработки информации, системный подход для решения поставленных задач и осуществлять критический анализ и синтез информации, полученной из актуальных российских и зарубежных источников</p>	<p>050100.62 ОК-6</p>
	<p>знать: - историю становления генетики и ее место в системе естественных наук - фундаментальные законы наследования и изменчивости признаков - генетические основы селекции</p> <p>уметь: - ориентироваться в вопросах биохимического единства органического мира, молекулярных основах наследственности, изменчивости и методах генетического анализа - уметь работать с классическими объектами генетических исследований, находить логическую связь между основными разделами курса и проводить анализы результатов</p>	<p>050100.62 ПК-6</p>
	<p>знать: - молекулярные механизмы генетических процессов, основы генетической инженерии, популяционной и эволюционной генетики</p> <p>уметь: - проводить генетического, мутационного, цитологического, биохимического, молекулярно-генетический, популяционно-генетический анализ - применять генетические знания для анализа прикладных проблем - реализовывать полученные знания в педагогической деятельности</p>	<p>050100.62 ПК-11</p>
	<p>уметь: - использовать материалы научных исследований в области генетических и клеточных технологий - применять современные генетические технологии в селекционной практике</p>	<p>35.03.06 ОПК-4</p>
	<p>уметь: - под руководством специалиста с квалификацией проводить экспериментальные исследования - использовать классические и современные методы исследования</p>	<p>35.03.06 ОПК-5</p>
	<p>знать: - правила организации самостоятельной работы по дисциплине</p> <p>уметь: - качественно выполнять самостоятельные и контрольные задания, предусмотренные дисциплиной, представлять результаты собственной деятельности в различных формах</p>	<p>06.03.01 ОК-7</p>
	<p>знать: - строение и уровни организации биополимеров, взаимосвязь их структуры и функции - молекулярные механизмы репликации, транскрипции, трансляции, и регуляции этих процессов у эукариот</p> <p>уметь: - правильно использовать терминологию - использовать теоретические знания для решения практических задач</p>	<p>06.03.01 ОПК-5</p>

1.2.1 Категория обучающихся:

Уровень образования: высшее образование.

Направление подготовки: педагогическое образование естественнонаучной направленности.

Область профессиональной деятельности: основное общее образование, дополнительное образование.

1.2.2 Программа реализуется в очной, дистанционной или гибридной форме с применением электронного обучения.

1.2.3 Трудоемкость программы: 36 часов. Может реализовываться в экспресс-формате и интенсив-формате.

Раздел 2. «Содержание программы»

2.1 Учебный (тематический) план

№	Наименование разделов (модулей) и тем	Аудиторные учебные занятия, учебные работы		Формы контроля	Трудоемкость
		лекции	практ. занятия		
1	Генетические ресурсы и генетическое разнообразие	2	-		2
2	Генетика растений: Что особенного?	2	-		2
3	Экстракция суммарной ДНК в школьной лаборатории	-	2	Практическая работа, домашняя самостоятельная работа	2
4	Основы биоинформатики и анализ генома. Генетические базы данных. Знакомство с биоинформатическими программами	2	-		2
5	Анализ генома растений биоинформатическими методами	-	2	Практическая работа, домашняя самостоятельная работа	2
6	Введение в биотехнологию растений: современные методы, тенденции, практическое значение для селекции	2	-		2
7	Методы сохранения генетических ресурсов растений	2	-		2
8	Молекулярно-генетические методы для сохранения ресурсов растений и эффективного использования их в селекции	-	2	Практическая работа	2
9	Методы культивирования <i>in vitro</i> для сохранения генетических ресурсов растений и для ускоренной селекции. Молекулярно-генетические и физиологические механизмы, определяющие особенности культивирования <i>in vitro</i>	2	-		2
10	Подготовка эксплантов для введения в культуру <i>in vitro</i>	-	2	Практическая работа	2
11	Клональное размножение растений. Самоклональная изменчивость	2	-		2
12	Оздоровления вегетативно размножаемых культур Полимеразная цепная реакция как основной диагностический метод исследований растений на наличие инфекция	2	-		2
13	Постановка ПЦР	-	2	Практическая работа	2

№	Наименование разделов (модулей) и тем	Аудиторные учебные занятия, учебные работы		Формы контроля	Трудоемкость
		лекции	практ. занятия		
14	Создание диагностических/научных тест-систем ПЦР	-	2	Практическая работа, домашняя самостоятельная работа	2
15	Генетическая модификация растений	Лекция	2		2
16	Итоговый контроль	-	5	Круглый стол / Тестирование, эссе	5
17	Итоговая конференция	-	1	Беседа, рефлексия	1
	ИТОГО	16	20		36

2.2 Учебная программа

Тема	Виды учебных занятий/работ	Содержание
Генетические ресурсы и генетическое разнообразие	Лекция 2 часа	Современная парадигма изучения генетических ресурсов растений. Основные задачи по управлению и сохранению генетических ресурсов растений, биотехнологические подходы к расширению генетического разнообразия; сохранение генетических ресурсов растений и их эффективное использование в селекции. Формирование современной агробиотехнологии
Генетика растений: Что особенного?	Лекция 2 часа	Особенности генома растений. Генетические основы селекции. Гибридизация у растений. Гетерозис, полиплоидизация. Методы геномного анализа
Экстракция суммарной ДНК в школьной лаборатории	Практическая работа 2 часа	Техника безопасности при работе в лаборатории. Минимально необходимая комплектация лаборатории. Описание и методика постановки наглядных реакций по выделению ДНК
Основы биоинформатики и анализ генома. Генетические базы данных. Знакомство с биоинформатическими программами	Лекция 2 часа	Секвенирование — основы реакции, обработка полученных данных. National Center for Biotechnology Information (NCBI) как самая крупная база генетических данных. Основные открытые и учебные программы для обработки биоинформатических данных
Анализ генома растений биоинформатическими методами	Практическая работа 2 часа	Поиск и сравнение генетических маркеров, филогенетический и филодинамический анализ данных
Введение в биотехнологию растений: современные методы, тенденции, практическое значение для селекции.	Лекция 2 часа	Развитие биотехнологии растений и ее основные направления. Практическое значение для селекции. Биотехнологические подходы для сохранения генетических ресурсов
Методы сохранения генетических ресурсов растений	Лекция 2 часа	Методы in situ и ex situ сохранения генетических ресурсов растений. Особенности сохранения генетических ресурсов семенных и вегетативно-размножаемых культур
Молекулярно-генетические методы для сохранения ресурсов растений и эффективного использования их в селекции	Практическая работа 2 часа	Знакомство с комплектацией генетической лаборатории. Основное оборудование и сферы его применения. Стерильность, контаминация

Тема	Виды учебных занятий/работ	Содержание
Методы культивирования <i>in vitro</i> для сохранения генетических ресурсов растений и для ускоренной селекции Молекулярно-генетические и физиологические механизмы, определяющие особенности культивирования <i>in vitro</i>	Лекция 2 часа	Культивирование растительных клеток и их особенности. История развития метода культуры клеток, тканей и органов. Источники питания растений в условиях <i>in vitro</i> . Основные компоненты питательных сред. Введение образцов в культуру <i>in vitro</i> . Каллусогенез. Системы регуляторов контроля роста и развития растений на генном и биохимическом уровне
Подготовка эксплантов для введения в культуру <i>in vitro</i>	Практическая работа 2 часа	Подготовка растительного материала, стерилизация эксплантов
Клональное микроразмножение растений. Соматональная изменчивость	Лекция 2 часа	Клональное микроразмножение и его типы. Этапы и техника культивирования растительных тканей на разных этапах клонального размножения. Процесс клонального микроразмножения. Растения-регенеранты. Соматоклоны. Проявление генетической изменчивости
Оздоровление вегетативно размножаемых культур. Полимеразная цепная реакция как основной диагностический метод исследований растений на наличие инфекции	Лекция 2 часа	Методы <i>in vitro</i> для оздоровления и размножения растений. Тестирование микрорастений на наличие инфекций. Криотерапия. Репликация ДНК. Полимеразная цепная реакция — история разработки, типы и сфера применения, необходимые компоненты
Постановка ПЦР	Практическая работа 2 часа	Подготовка образцов, экстракция ДНК, постановка ПЦР, методы детекции результатов
Создание диагностических/научных тест-систем ПЦР	Практическая работа 2 часа	Расчет праймеров для заданного участка генома. Расчет компонентов реакционной смеси, подбор и отработка условий реакции
Генетическая модификация растений	Лекция 2 часа	Генно-модифицированные объекты, трансгенез. Способы переноса генетической информации в эукариотические клетки. CRISPR — Cas система. Применение ГМ-растений

Раздел 3. «Формы аттестации и оценочные материалы»

Характеристика оценочных средств

В качестве контроля выступает промежуточная и итоговая аттестация. Учебные материалы и задания для слушателей размещены в информационно-образовательной среде (ИОС) образовательной организации.

3.1 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация осуществляется преподавателем, который фиксирует результаты прохождения разделов, учитывая участие слушателей в различных мероприятиях программы (выполнение лабораторных работ, проектная деятельность, семинар, работа во время дискуссии, ответы на вопросы, активность на занятиях), осуществляет консультирование слушателей и корректировки подачи материала программы.

Практическая работа № 1. Экстракция суммарной ДНК в школьной лаборатории.

Требования к практической работе:

1. Работа выполнена по предлагаемому алгоритму.
2. Освоены принципы комплектации школьной лаборатории, проанализированы списки необходимого оборудования. Основаны правила техники безопасности.
3. Освоены методы подготовки помещения, материалов, инструментов и оборудования к работе.
4. Освоена методика постановки реакции экстракции ДНК из растительного материала.

Критерии оценивания: все требования выполнены в полном объёме.

Оценивание: зачёт/незачёт.

Практическая работа № 2. Анализ генома растений биоинформатическими методами.

Требования к практической работе:

1. Работа выполнена по предлагаемому алгоритму.
2. Овладение алгоритмом поиска необходимой информации в базе данных NCBI.
3. Овладение алгоритмом работы при сравнении генетических последовательностей.
4. Овладение алгоритмом работы при филогенетическом анализе.

Критерии оценивания: все требования выполнены в полном объёме.

Оценивание: зачёт/незачёт.

Практическая работа № 3. Молекулярно-генетические методы для сохранения ресурсов растений и эффективного использования их в селекции.

Требования к практической работе:

1. Работа выполнена по предлагаемому алгоритму.
2. Освоена минимальная спецификация генетической лаборатории. Освоены правила техники безопасности.
3. Освоены методики дезинфекции и деkontаминации помещений и оборудования.

Критерии оценивания: все требования выполнены в полном объёме.

Оценивание: зачёт/незачёт.

Практическая работа № 4. Подготовка эксплантов для введения в культуру in vitro.

Требования к практической работе:

1. Работа выполнена по предлагаемому алгоритму.
2. Овладение методикой подготовки растительных объектов.
3. Овладение методикой стерилизации эксплантов.

Критерии оценивания: все требования выполнены в полном объёме.

Оценивание: зачёт/незачёт.

Практическая работа № 5. Постановка ПЦР.

Требования к практической работе:

1. Работа выполнена по предлагаемому алгоритму.
2. Овладение методом экстракции ДНК из растительного материала.
3. Овладение методом постановки ПЦР в режиме реального времени.
4. Овладение методом постановки ПЦР с электрофоретической детекцией результатов.

Критерии оценивания: все требования выполнены в полном объёме.

Оценивание: зачёт/незачёт.

Практическая работа № 6. Создание диагностических/научных тест-систем ПЦР.

Требования к практической работе:

1. Работа выполнена по предлагаемому алгоритму.
2. Овладение методикой расчёта диагностических праймеров.
3. Овладение методикой расчёта основных компонентов реакции, составления схемы отработки условий реакции.

Критерии оценивания: все требования выполнены в полном объёме.

Оценивание: зачёт/незачёт.

Так же в ходе дистанционного обучения на курсе для промежуточного контроля слушателям будет необходимо выполнить 3 самостоятельные домашние работы.

Домашняя работа № 1. Экстракция суммарной ДНК в школьной лаборатории.

Требования к домашней работе:

1. Работа выполнена по изученному алгоритму.
2. Соблюдена техника безопасности.
3. Освоена методика постановки реакции экстракции ДНК из растительного материала.

Критерии оценивания: все требования выполнены в полном объёме.

Оценивание: зачёт/незачёт.

Домашняя работа № 2. Анализ генома растений биоинформатическими методами.

Требования к домашней работе:

1. Работа выполнена по изученному алгоритму.
2. Использован изученный алгоритм поиска необходимой информации в базе данных NCBI.
3. Использован изученный алгоритм работы при сравнении генетических последовательностей.
4. Использован изученный алгоритм работы при филогенетическом анализе.

Критерии оценивания: все требования выполнены в полном объёме.

Оценивание: зачёт/незачёт.

Домашняя работа № 3. Создание учебного комплекта реагентов для постановки ПЦР.

Требования к домашней работе:

1. Работа выполнена по изученному алгоритму.
2. Освоена методика расчёта диагностических праймеров.
3. Освоена методика расчёта основных компонентов реакции, составлена схемы отработки условий реакции.

Критерии оценивания: все требования выполнены в полном объёме.

Оценивание: зачёт/незачёт.

3.2 Итоговая аттестация

При очном обучении итоговый контроль осуществляется в формате круглого стола, при дистанционном или гибридном — выполнения письменного задания.

Круглый стол проводится в формате дискуссии — мини конференции. Слушатели получают заранее перечень тем для обсуждения. Готовят устное сообщение с мультимедийной презентацией, иллюстрирующей основные разделы по теме. Далее слушатель выступает с докладом перед аудиторией не более 7 минут. Преподаватель проводит дискуссию по каждому выступлению с вовлечением всех слушателей в обсуждение.

Примерный перечень тем, выносимых на итоговую аттестацию в виде круглого стола:

1. Генетические банки растений: проблемы формирования, сохранения и использования.
2. Криосохранение генетических ресурсов растений в условиях многолетней мерзлоты.
3. Стратегия сохранения диких сородичей культурных растений.
4. Методы криосохранения генетических ресурсов растений.
5. Биологические свойства семян.
6. Технологии среднесрочного хранения генетических ресурсов растений.
7. Основные этапы схемы криосохранения.
8. Особенности замораживания почек стебля и меристем, культур клеток и тканей.
9. Факторы, влияющие на жизнеспособность клеток после криосохранения.
10. Методы длительного хранения генетических ресурсов растений.
11. Криосохранение вегетативно размножаемых культур.
12. Технологии криосохранения пыльцы плодовых культур и последующее использование.
13. Определение качества семян (всхожесть, энергия прорастания, жизнеспособность, чистота семян, влажность семян, масса 1000 семян, хозяйственная годность семян).
14. Методы восстановления всхожести семян.

Письменное задание включает в себя тестирование по темам, пройденным в лекционном блоке курса, а также написание эссе. Задания письменной работы размещаются в

информационно — образовательной среде (ИОС) образовательной организации. Доступ к ним открывается после прохождения всех тем, предусмотренных данной программой.

Примерный перечень тем эссе:

1. Петлевая изотермическая полимеразная цепная реакция и перспективы ее применения.
2. Возможности траскриптомики в генетике растений.
3. Этические проблемы современных генетических технологий.
4. Научные и этические проблемы генетических технологий.
5. ГМО — «за» и «против».
6. Протеомика, геномика, метаболомика — какие новые направления могут еще появиться в биологии.

Раздел 4.

«Организационно-педагогические условия реализации программы»

4.1 Учебно-методическое обеспечение и информационное обеспечение программы

4.1.1 Основная литература:

1. Практическая молекулярная генетика для начинающих. 8–9 классы. под ред. Бородина П.М., Ворониной Е.Н. М.: Просвещение, 2021, 272 с.
2. Кузьмин И. В., Ким А.И., Кукушкина И.В., Нефедова Л.Н. и др. Генетика 10–11 классы. М.: Просвещение, 2021, 304 с.
3. Шумный В.К., Дымшиц Г.М., Саблина О.В. и др. Биология. 11 класс. Учебник. Углублённый уровень. ФГОС. М.: Просвещение, 2021. 383 с.
4. Высоцкая Л.В., Дымшиц Г.М., Рувинский А.О. Биология. 10 класс. Учебник. Углублённый уровень. М.: Просвещение, 2021, 368 с.
5. Анисимова И.Н., Алпатъева Н.В., Абдулаев Р.А., Карабицина Ю.И., Кузнецова Е.Б. Скрининг генетических ресурсов растений с использованием ДНК-маркеров: основные принципы, выделение ДНК, Постановка ПЦР, Электрофорез в агарозном геле // Методические указания, СПб, 2018.
6. Дунаева С.Е., Пендинен Г.И., Антонова О.Ю., Швачко Н.А., Ухатова Ю.В., Шувалова Л.Е., Волкова Н.Н. Сохранение вегетативно размножаемых культур в *in vitro* и крио коллекциях // методические указания, СПб, 2017.
7. Журавлева Г.А. Генная инженерия в биотехнологии. Издательство: Эко-Вектор, 2016 г.
8. Иванов В.И. Генетика. М.: Академкнига ИКЦ, 2008.
9. Инге-Вечтомов С.Г. Генетика с основами селекции. Санкт-Петербург: Издательство Н-Л, 2015.
10. Клаг У.С., Каммингс М.Р., Спенсер Ш.А., Палладино М.А. Основы генетики. Техносфера, 2016.
11. Кребс Дж., Голдштейн Э., Килпатрик С. Гены по Льюину М.: Лаборатория знаний, 2017.

12. Редактирование генов и геномов (в 3-х томах). отв. ред. С.М. Закиян, С.П. Медведев, Е.В. Дементьева, Е.А. Покушалов, В.В. Власов — Новосибирск: Издательство СО РАН, 2018, 386 с., ISBN 978-5-7692-1580-3.

4.1.2 Дополнительная литература:

1. Альбертс Б. и др. «Молекулярная биология клетки.» В 3 т. R&D Dynamics, 2013.
2. Батыгина, Т.Б. Эмбриология растений / Т.Б. Батыгина и др. // М.: Агропромиздат, 1990.
3. Герасимова С.В., Хлесткина Е.К., Кочетов А.В., Шумный В.К. Система CRISPR/Cas9 для редактирования геномов и особенности ее применения на однодольных растениях // Физиология растений. 2017. Т. 64. № 2. С. 92–108.
4. Гилберт, С. Биология развития. т. 1–3. / Гилберт // М.: Мир, 1993–95.
5. Жимулев И.Ф. Общая и молекулярная генетика. Сибирское университетское издательство, 2007 г.
6. Короткова А.М., Герасимова С.В., Шумный В.К., Хлесткина Е.К. Гены сельскохозяйственных растений, модифицированные с помощью системы CRISPR/Cas. Вавиловский журнал генетики и селекции. 2017;21(2):250–258. DOI 10.18699/VJ17.244.
7. Лутова Л.А., Н.А. Проворов, О.Н. Тиходеев, И.А. Тихонович, Л.Т. Ходжайова, С.О. Шишкова Генетика развития растений // Центр «Интеграция», 2000.
8. Лутова Л.А., Ежова Т.А., Додуева И.Е., Осипова М.А. Генетика развития растений. Изд-во Н-Л, 2010. 432 с.
9. Лутова, Л.А. Биотехнология высших растений. Издательство Санкт-Петербургского университета, 2010.
10. Медведев С.С. Физиология растений. Изд-во СПбГУ. СПб. 2004. Учебник для университетов.
11. Медведев С.С., Шарова Е.И. Биология развития растений. Том 1. Начала биологии развития растений. Фитогормоны. Изд-во Санкт-Петербургского университета. 2010. 367 с.
12. Рыбчин В.Н. Основы генетической инженерии. Издательство СПбГТУ, 1999.
13. Стрыгина К.В., Хлесткина Е.К. Редактирование генов пшеницы, ячменя и кукурузы с использованием системы CRISPR/Cas. Биотехнология и селекция растений. 2020; 3(1): 46–56. DOI: 10.30901/2658-6266-2020-1-02.
14. Тихонова Н.Г., Хлесткина Е.К. Генетическое редактирование для улучшения плодовых и ягодных культур. Садоводство и виноградарство. 2019; (4): 10–15. <https://doi.org/10.31676/0235-2591-2019-4-10-15>.
15. Хлесткина Е.К., Чухина И.Г. Генетические ресурсы растений: стратегия сохранения и использования. Вестник Российской академии наук, 2020, том 90, № 6, с. 22–27. DOI: 10.31857/S0869587320060043.
16. Хлесткина Е.К., Шумный В.К. Перспективы использования прорывных технологий в селекции: система CRISPR/Cas9 для редактирования генома растений. Генетика. 2016. том 52. № 7. Стр. 774–787. DOI: 10.7868/S0016675816070055.
17. Щелкунов С.Н. Генетическая инженерия. Сибирское университетское издательство. 2004.

4.1.3 Интернет-ресурсы:

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>.

<https://www.clarivate.ru/products/web-of-science/>.

<https://www.vir.nw.ru/>.

<http://www.vir.nw.ru/trudy/>.

<http://www.vir.nw.ru/vavilovia/>.

<http://www.vir.nw.ru/pbi/>.

4.2 Материально-технические условия реализации программы

Для реализации дополнительной общеобразовательной программы «Генетика и генетические технологии растений» необходимо наличие учебной аудитории, соответствующей действующим санитарным правилам и нормам и обеспеченной стандартной учебной мебелью в соответствии с комплектностью учебных групп. Аудитория должна быть оснащена стандартным компьютерным оборудованием — компьютер для преподавателя и компьютеры для выполнения самостоятельной работы слушателями (по возможности) с доступом к сети Интернет и соответствующим лицензионным программным обеспечением, МФУ (цветной принтер, сканер), мультимедийное оборудование (проектор, проекционный экран, акустическая система).

Обязательным условием для реализации программы является наличие специализированной лаборатории, оснащенной специальным оборудованием для проведения генетических практических работ.

Программа «Генетика и генетические технологии растений» также может быть реализована в дистанционном/гибридном (очно-дистанционном) формате. В связи с этим учебная аудитория и компьютерное оборудование в ней должны обеспечивать возможности преподавателя и учащихся к использованию платформы для организации дистанционного обучения.

Также обучающие материалы размещаются в информационно-образовательной среде образовательной организации, реализующей программу.

Как вовлечь школьников в изучение генетических технологий

В последнее время в отношении школьного учебного предмета «Биология» возникло противоречие. С одной стороны, этот предмет исключен из списка обязательных к изучению в непрофильных старших классах, а с другой — неизменными на всех выступлениях руководителей всех уровней звучат призывы к здоровому образу жизни и экологической сознательности. Учебная дисциплина «Биология» — один из основных школьных предметов, при изучении которых проводится закладка основ рационального природопользования, воспитание бережного отношения к природе и своему здоровью.

В связи с приходом в мир новой коронавирусной инфекции интерес к биологии как отрасли знаний стал еще большим, особенно к вопросам, связанным с проблемами генетических исследований. Таким образом, встает закономерный вопрос, как совместить сокращение часов на изучение биологии и одновременно поддерживать, и развивать интерес к генетике у школьников.

Для школьников генетика традиционно связывалась с изучением основ наследования признаков и изменчивости организмов. Однако в последние десятилетия генетика вышла из этих узких рамок: появляются новые, смежные дисциплины науки, например, связанные с возможностью изучения и лечения наследственных заболеваний.

Большие возможности представляет сейчас исследование генотипов живых организмов для ребят, которые интересуются математикой и информатикой. Накопленные данные о секвенированных геномах уже изученных видов живых организмов нуждаются в дальнейшей обработке и систематизации. Но это невозможно сделать без создания баз данных и программ, позволяющих работать с ними.

Генетические исследования активно «вторгаются» в повседневную жизнь человека: если в конце 20 века о возможности создания ГМО с заданными свойствами говорили очень осторожно, то в настоящее время благодаря достижениям современной генетики были выведены сверхпродуктивные сорта растений, кормовые культуры и даже животные с полезными свойствами.

Особенно важны и наиболее значимы исследования в области лечения наследственных заболеваний. Некоторые из них, ранее считавшимися смертельными, сейчас могут либо компенсироваться проводимым лечением, либо благодаря созданным препаратам, практически полностью излечиваться. Например, спинальные амиотрофии, ранее считавшимися неизлечимыми. Благодаря Спинразе — лекарству, по сути представляющему собой короткую последовательность РНК, которая вставляется рядом с 7-м экзоном в ген SMN2, — удалось стабилизировать состояние многих детей, больных СМА. Именно дефекты в генах SMN1 и SMN2 вызывают это заболевание. В декабре 2016 года Спинраза была зарегистрирована FDA (США) как первый препарат для лечения спинальной мышечной атрофии у детей. Однако в том же году FDA одобрило второе, еще более радикальное лекарство от спинальной атрофии, — золгензму. Золгенмза корректирует непосредственно ген SMN1. Она представляет собой безвредный аденовирус (который используется как вектор). Этот аденовирус нагружен правильным геном, который и встраивается в ДНК. По сути, ученые научились перебирать цепочку ДНК и с помощью ретровирусов и ASO ставить заплатку! Это, с одной стороны, вызывает надежду на дальнейшие успехи в области лечения генетических заболеваний, а с другой — может вызвать ряд неконтролируемых изменений в жизни всего человечества.

Для ребят, которых привлекает химия, также можно найти аспекты в генетических исследованиях, которые, несомненно, заинтересуют и их. В частности, устройство и принципы

организации макромолекул, передачи информации как внутри организма, так и механизмы контактов между организмами.

Заинтересовать школьников вопросами генетики можно и нужно уже с начальной школы. На доступном для понимания и в соответствии с их возрастом могут обсуждаться самые простые задачи, такие как «Почему мы похожи на маму и папу и почему у кошки рождаются котята, а не щенята?». Первые «ростки» знаний об особенностях передачи признаков из поколения в поколение будут надежно храниться в голове у ребят, а при соответствующих условиях успешно «начнут давать плоды». Кроме этого, многие вопросы, которые зачастую встают у ребят на бытовом уровне, например о тех или иных характерных признаках внешности, окраске животных или растений и проблеме безопасности продукции ГМО, могут быть решены на уроках.

Очень важно, чтобы теоретические знания обязательно подкреплялись практическими исследованиями. Это обязательное условие! Необходимо задействовать такие органы чувств школьника, как слух, зрение, тактильное восприятие. К сожалению, имеющийся в наличии школьных лабораторий арсенал приборов и реактивов не столь велик, однако возможности цифровых технологий, а также модернизация школьного оборудования дает надежду на изменение ситуации в лучшую сторону.

Приходя к изучению генетики разными путями — при стремлении глубже изучать в целом биологию, или специально вникая во все тонкости науки генетики — школьники получают возможность в будущем получить перспективную профессию и работать в рамках передовых технологий в области молекулярной генетики (генная терапия и медицина), геномики с биоинформатическим анализом последовательностей. Важно, чтобы при формировании интереса к генетике учителя школ поддерживали его на всех занятиях: на математике, информатике, химии и ряда других. При таком подходе у обучающихся будет формироваться не узкое представление о генетике как науке, а складываться полномасштабное мнение о разноплановых и многогранных её аспектах.

Всё это возможно лишь при изменении подхода к преподаванию биологии и смежных дисциплин, наполнению школьных лабораторий современным и доступным оборудованием, обучением и повышением квалификации учителей-предметников. А также разработками в области методических пособий, учебников, проведении онлайн-демонстраций из генетических лабораторий, встреч с учеными-практиками.

Агапова Ирина Борисовна

*ГАУДПО ИО «Университет непрерывного образования и инноваций», Иваново, Россия
Методист*

Агапов Андрей Викторович

*ГАУДПО ИО «Университет непрерывного образования и инноваций», Иваново, Россия
Педагог-организатор*

Как вовлечь школьников в изучение генетических технологий

С момента своего зарождения генетика находилась на передовом крае науки и решала самые важные проблемы человечества. Благодаря её достижениям мы научились создавать высокопродуктивные линии сельскохозяйственных животных и растений, в большом количестве производить жизненно важные лекарства, продвинулись в понимании сложных механизмов наследственности и даже оказались способными бороться с некогда неизлечимыми генетическими заболеваниями. Без сомнения, в дальнейшем значение генетических технологий будет только расти, и для страны очень важно воспитание будущих высококвалифицированных кадров, способных находить ответы на поставленные перед человечеством острые вопросы.

Обучение высококлассного специалиста — процесс длительный и довольно затратный, и мне кажется важным, чтобы в профессию генетика приходили люди неслучайные, те, кто действительно обладает интересом и способностями в данной области. Поэтому большое значение имеет раннее вовлечение молодёжи в изучение генетических технологий. Это позволит ребятам понять, насколько их привлекает данный вид деятельности, и добиться первых успехов.

Наверное, самым большим препятствием на пути реализации таких планов можно было бы назвать недостаточное финансирование школ, организаций дополнительного образования школьников. С одной стороны, это верно. Для выполнения многих генетических и биотехнологических манипуляций требуется дорогостоящее оборудование, расходные материалы, реактивы, а кроме того необходимо специальное помещение, где это оборудование может удобно и безопасно для школьников быть использовано. Однако вряд ли эта проблема является главной, ведь при желании можно использовать модифицированные упрощённые методики, например, выделение ДНК из растительного материала с помощью солевого буфера, для которого достаточно обыкновенной кухонной посуды и несложных реагентов. А для решения некоторых биоинформатических задач потребуется только компьютер или ноутбук с установленным бесплатным программным обеспечением и подключение к сети Интернет.

Интерес к генетике можно пробудить и при занятии достаточно традиционными исследованиями. Когда я училась шестом классе, мне попала книга российского генетика Павла Бородина «Кошки и гены», которую я прочла взахлёб и даже самостоятельно разобралась в генетической терминологии, законах Менделя и тонкостях наследования окраса, длины шерсти и прочих признаков у мурлык. Кстати, эту книгу легко найти в сети. Вдохновившись, я ходила по городу с блокнотом и фиксировала фенотипы всех встреченных усатых. Исследование имело бы все шансы быть доведённым до конца, если бы рядом оказался человек, который поддержал бы меня и поправил мои ошибки с подсчётом частоты сцепленных с полом признаков. Есть много других объектов, например, среди растений, которые легко могли бы быть использованными в популяционно-генетических исследованиях школьников.

Главное условие, необходимое для того, чтобы школьники увлеклись любыми направлениями, в том числе и генетическими технологиями, — это наличие увлечённого и грамотного наставника. При этом не столь важно, каких научных вершин смог достичь сам педагог. Нужно, чтобы он пользовался уважением и доверием у ребят, умел интересно и доступно рассказывать, внушал веру в свои силы, побуждал двигаться дальше. Наверное, для этого необходимо самому в душе оставаться любопытным подростком, стремящимся познать мир. В настоящее время для педагога существует множество возможностей повысить свою компетентность в любом вопросе. Это и онлайн-курсы лучших учебных заведений мира, и

видеолекции популяризаторов науки, и доступ к научной периодике на многочисленных сайтах, и возможность лично связаться с исследователями через социальные сети.

Большие возможности предоставляет участие в сетевых проектах гражданской науки. Участвуя в них, школьники не только узнают новое, но также учатся проводить научные исследования, оттачивают умения работать в команде, грамотно докладывать о результатах своей работы, не бояться публичных выступлений. Сетевые проекты привлекают внимание ребят к важным проблемам, над решением которых работают ведущие специалисты мира, то есть способствуют расширению их кругозора, а часто и развитию активной гражданской позиции. Ещё один важный момент — участие в таких всероссийских проектах помогает избежать «местечковости» мероприятий и способствует формированию адекватной самооценки. В настоящий момент обучающиеся Детского Технопарка Кванториум-51 участвуют в нескольких сетевых проектах, имеющих генетическую направленность — «Охотники за микробами», в рамках которого ребята заняты выделением и идентификацией свободноживущих азотфиксирующих микроорганизмов почвы, «Микробный топливный элемент», направленный на поиск штаммов электрогенных бактерий. Следует отметить, что участники данных сетевых проектов получают от организаторов и информационную поддержку (методические материалы, видеолекции, постоянные консультации в социальных сетях), и необходимое для работы оборудование, реактивы, расходные материалы. Это тоже является большим преимуществом участия в таких проектах. Кроме того, кураторы проектов намерены наиболее интересные находки отсекувенировать и идентифицировать, таким образом проекты ребят будут доведены до логического завершения.

Способствует эффективности работы и наличие личных контактов со специалистами, к счастью, в настоящее время многие учёные охотно общаются со школьниками и их наставниками, предлагая задания или помогая выполнить исследование. Наши ученики имели возможность принять участие в экспедиции ВИРа (в рамках программы «Плоды России»), а специалисты Областной клинической больницы им. Баяндина традиционно помогают нам идентифицировать микроорганизмы методом МАЛДИ.

Таким образом, для вовлечения школьников в изучение генетических технологий важны личностные качества педагога-наставника, необходимо провести тщательный поиск и выбор методик, реализуемых в условиях конкретного учебного заведения, и очень желательна открытость, готовность к сотрудничеству с членами научного сообщества.

Глазунова Елена Джемсовна

ГАУДО МО «Мурманский областной центр дополнительного образования «Лапландия»,

Мурманск, Россия

Педагог дополнительного образования

Пути внедрения углубленного изучения генетики в образовательные учреждения

Биология, будучи наукой о законах жизни и методах управления этими законами, имеет большое образовательное и воспитательное значение. Образовательная программа по биологии — это ряд курсов, изучаемых в течение нескольких лет. Одним из таких курсов и является генетика, которая претерпела значительные изменения за последние годы, произошла как бы вторая революция в её изучении, если за первую считать времена после 1953 года: глобальный шаг вперед сделали молекулярная биология и молекулярная генетика. Это позволило внедрить в практику, в промышленность многие, казалось бы, чисто теоретические аспекты в различных областях генетики. Повышенный интерес исследователей и разработка принципиально новых подходов привели к появлению за последнее время массы новейших фактов и представлений, которые касаются генетической организации клетки, организмов.

Несмотря на то, что генетика является самостоятельным разделом в школьном курсе биологии, она неразрывно связана с разделами биологии — зоологией, ботаникой, основами здорового образа жизни человека, так как они способствуют раскрытию доступной учащимся теории о сущности и закономерностях живой природы и образуют единую учебную дисциплину.

Генетика способствует обобщению знаний учащихся по химии, физике, других биологических наук, а также наук смежных с ними: биохимией, биофизикой, молекулярной биологией.

Психологи, которые изучали старший школьный возраст (ими являются Л.С. Выготский, Л.И. Божович, В.А. Крутецкий, Н.С. Лейтес, А.В. Мудрик, Е.А. Шумилин, А.В. Захарова и др.), подчеркивают рост интеллектуальных сил учащихся. Их мыслительная деятельность характеризуется все более высоким уровнем обобщения и абстрагирования, увеличивающейся тенденцией к причинному объяснению явлений, умением аргументировать и доказывать положения, делать обоснованные выводы, связывать изучаемые явления и факты в систему. У учащихся старших классов развивается умение пользоваться разнообразными приемами логического запоминания. Существенные изменения наблюдаются в стиле их умственной деятельности, которая приобретает все более активный, самостоятельный и творческий характер. Это позволяет им углубленно изучать генетику, науку молодую, но перспективную.

В современной школе система генетического образования практически отсутствует: нет единого мнения о месте изучения данной дисциплины в школьном курсе, в ее содержании, а также в методах и приемах изучения. Все это требует разработки методических подходов и приемов в обучении. Отсутствие достаточной наглядной базы — подбор особых средств, позволяющих демонстрировать общие генетические закономерности. Все это является помехой для привлечения детей к изучению генетики. Как же преодолеть эту преграду?

На мой взгляд, для внедрения углубленного изучения генетики в образовательные учреждения необходимо:

- выделение часов на изучение генетики в курсе основного образования как обязательного предмета;
- создание КПК по генетике и генетическим технологиям для учителей естественной направленности;
- создание дополнительных мест в дополнительном образовании с программами генетической направленности;

- создание учебников и пособий;
- обеспечение оборудованием школьных лабораторий;
- создание онлайн курсов по генетике и генетическим технологиям для обучающихся;
- создание групп, бесед, страниц в соцсетях, которые пропагандировали бы изучение генетики и генетических технологий;
- создание конкурсов для обучающихся и учителей по направлению генетика.

Это позволит вовлечь детей уже в старшем школьном возрасте в мир генетических исследований. Полученные знания дадут возможность старшеклассникам осуществлять глубокий анализ материала, вскрывать закономерности, выявлять широкие аналогии, усваивать способы познания общих законов природы и общества. И, быть может, откроют путь к новым открытиям.

Голосная Анна Владимировна
МБУ ДО «Станция юных натуралистов Сальского района», Сальск, Россия
Педагог дополнительного образования

Особенности и пути адаптации школьной лаборатории для проведения курсов углубленного изучения генетики

Одним из важнейших направлений современных биотехнологий является генная инженерия, которая включает в себя совокупность методов молекулярной генетики, направленных на искусственное создание новых, не встречающихся в природе сочетаний генов. Те или иные чужеродные для данного организма гены вводят в его клетки и встраивают в его геном с различными целями: для изучения строения и функций генетического аппарата, для эффективной наработки продукта данного гена, для придания организму-хозяину каких-либо желаемых свойств. Достижения в области генной инженерии позволяют решать широкий круг вопросов, связанных с охраной здоровья человека, повышением эффективности сельскохозяйственного и промышленного производства, защитой среды обитания от загрязнений.

Актуальность обучения школьников основам генной инженерии обусловлена необходимостью повышения мотивации детей к выбору специальностей естественнонаучного профиля, совершенствования системы непрерывной подготовки будущих высококвалифицированных кадров, обладающих академическими знаниями и профессиональными компетенциями в области биотехнологий. Курсы по генной инженерии дают возможность обучающимся получить передовые знания в области молекулярной генетики, биохимии и биотехнологии, практические навыки работы на различных видах современного оборудования, умение планировать и реализовывать конкретные исследовательские и прикладные задачи, понимать роль научных исследований в современном мире.

Для формирования у школьников практических навыков в области генной инженерии на базе образовательной организации необходимо организовать лабораторию, в которой будет представлен хотя бы минимальный комплект оборудования для анализа ДНК и манипуляций с ней. Какие методы должны при этом освоить дети? Это, безусловно, методы выделения ДНК из разных биологических объектов, метод гель-электрофореза, метод рестрикционного анализа, метод полимеразной цепной реакции, методы создания рекомбинантной ДНК, ее клонирования и генетической трансформации. И если первые четыре метода вполне доступны для освоения учащимися старших классов, начиная с 14 лет, то методы генетической трансформации достаточно сложны и трудоемки. Поэтому их проще осваивать на бактериях, к примеру, на безопасных штаммах *E. coli*.

В зависимости от финансовых возможностей учреждения набор оборудования может быть разным. Рассмотрим вариант комплектации при широких материальных возможностях. Для выделения ДНК понадобятся микропипетки разных объемов, высокоскоростная микроцентрифуга, вортекс, твердотельный термостат. Для методов ПЦР и рестрикционного анализа понадобятся ПЦР-бокс, термоциклер, камера для электрофореза, гель-документирующая система. Для генетической трансформации бактерий могут понадобиться автоклав и шейкер-инкубатор. Если же материальные возможности сильно ограничены, комплектация может быть такой: микропипетки разных объемов, высокоскоростная микроцентрифуга, вортекс, камера для электрофореза. Вместо гель-документирующей системы можно использовать фонарик с УФ-излучением, вместо термоциклера — три водяные бани, вместо автоклава — скороварку. Безусловно, понадобится современный компьютер для работы в специализированных программах, например UGENE или SnapGene, и доступ к сети «Интернет».

В зависимости от уровня подготовки школьников в области генетики и химии программу можно сделать усложненной, когда осваиваются все перечисленные методы в полном объеме. При этом учащиеся самостоятельно осуществляют дизайн генетических конструкций, рассчитывают концентрации и количества реактивов для составления реакционных смесей и т. п. Если же уровень подготовки обучающихся невысокий, можно ограничиться готовыми образовательными наборами, рассчитанными именно на школьников. Такие наборы производят фирмы «Биорад» (США) и «Живые системы» (г. Новосибирск).

В помощь учителю в сети «Интернет» также имеются виртуальные лаборатории, в которых можно отработать базовые навыки в области генной инженерии перед тем, как перейти к работе в лаборатории. К примеру, одним из таких ресурсов является Biointeractive (<https://www.biointeractive.org/>). И даже если лабораторное оборудование недоступно для образовательной организации, то настоящую лабораторию можно целиком заменить на виртуальную.

Таким образом, существует несколько вариантов организации школьной лаборатории для проведения курсов углубленного изучения генетики в зависимости от финансовых возможностей организации и от степени подготовки учащихся в области генетики и химии.

Икко Наталья Викторовна

*ГАУДО МО «Мурманский областной центр дополнительного образования «Лапландия»,
Мурманск, Россия
Заведующая лабораторией*

Особенности и пути адаптации школьной лаборатории для проведения курсов углубленного изучения генетики

Значение школьных лабораторий в образовательном процессе сложно переоценить. Начиная с самых ранних этапов школьного обучения и заканчивая выпускными классами, учащиеся должны быть вовлечены в процесс активного познания окружающего мира, в том числе через непосредственное участие в лабораторных опытах. Так, пунктом 6.3.8. «Образовательного стандарта начального образования», утвержденного постановлением Министерства образования Республики Беларусь от 26.12.2018 № 125, определено, что в образовательном процессе первостепенное значение придается наблюдениям в природе, практическим работам, демонстрационным и лабораторным опытам. «Образовательным стандартом базового образования», утвержденным тем же постановлением, декларируется требование уделять особое внимание в образовательном процессе проведению практических и лабораторных работ, содержание которых направлено на формирование умений применять полученные теоретические знания на практике, на отработку практических умений и навыков, а повышенный уровень изучения учебного предмета «Биология» обеспечивается, в том числе, отработкой практических умений и навыков в процессе выполнения практических и лабораторных работ. В связи с этим выполнение требуемого объема лабораторных и практических работ на базе школьных лабораторий в количестве, предусмотренном учебными программами по соответствующим учебным предметам, является абсолютно необходимым.

В то же время в ходе освоения программ базового уровня по биологии педагогами могут выявляться учащиеся с повышенным интересом к этому предмету. Такие учащиеся вовлекаются в освоение биологических знаний на повышенном уровне через посещение факультативных занятий и освоение проектной деятельности на базе учреждений общего образования, а также через освоение программ дополнительного образования на базе учреждений дополнительного образования различного уровня. И если учреждения дополнительного образования, как правило, оснащены оборудованием и материалами для реализации разнообразных практических и лабораторных работ, то школьные лаборатории требуют дополнительной оптимизации.

Одним из наиболее перспективных направлений освоения школьниками биологических знаний на практике является изучение различных областей генетики. Генетика является чрезвычайно комплексной наукой, требующей знания химии и физики, углубленного понимания морфологии, физиологии, биохимии и других разделов биологии. При этом генетика остается все еще мало освоенной в рамках школьного лабораторного практикума. Это связано не только с необходимостью реализации предметов в рамках утвержденных учебных программ, но также и со слабой материальной базой школьных лабораторий. С другой стороны, для активизации деятельности школьных лабораторий в направлении освоения генетики бывает достаточно и несложного оборудования. Принцип «от простого к сложному» должен быть применен в каждом случае, когда педагог мотивирован на проведение дополнительных лабораторных занятий с учащимися в любой области знаний.

Одним из перспективных направлений для углубленного изучения генетики в рамках школьного обучения является генетика микроорганизмов. Простота культивирования бактерий, их небольшие требования к питательным средам и прочим условиям роста, повсеместность распространения бактерий и возможность круглогодичного их выявления и культивирования без необходимости дополнительных энергозатрат (без подсветки, при комнатной температуре) позволяют использовать бактерий для изучения генетики. Кроме того, учащиеся редко имеют возможность непосредственного наблюдения за ростом и развитием бактерий, сталкиваясь с ними лишь при наблюдении следствий их

жизнедеятельности: порча продуктов питания, приготовление домашних продуктов, бактериальные инфекции и т. п.

По этой причине даже простое наблюдение за ростом бактерий позволяет выявлять генетические различия на уровне морфологии бактериальных колоний и клеток, в том числе изучение строения клеточной стенки различными методами, биохимии (выявление ферментативной активности, азотфиксации и т. п.), физиологии (требования к элементам питания, рост при низких/высоких и нормальных условиях, скорость роста), взаимоотношения между микроорганизмами (например, антагонизм) и т. п. Кроме того, бактериальная масса является «легким» объектом для изучения молекулярной генетики, так как из нее довольно легко выделяются нуклеиновые кислоты. При наличии УФ-лампы достаточно легко проводится мутагенез у бактерий, что позволяет выявлять мутантов со значительными изменениями в требованиях к культивированию. Высокая скорость роста бактерий позволяет получать множество поколений для демонстрации и глубокого изучения основных понятий генетики, таких как наследственность и изменчивость. Гаплоидность бактерий, исключая явление доминирования, упрощает восприятие учащимися результатов экспериментальной работы по трансформации. Относительная простота трансформации бактерий позволяет на практике изучать молекулярные механизмы наследственности.

Для оборудования лаборатории по изучению генетики микроорганизмов требуется минимальный набор лабораторной посуды, материалов, инструментов, которые легко заменяются. Чашки Петри несложно заменить низкими широкими стеклянными банками, бактериальную петлю — металлическими шпильками, стерилизационный шкаф — простой электродуховкой, коммерческие питательные среды — простыми составами на основе сахаров и минеральных удобрений с агаром (при необходимости) для уплотнения среды. Колбы разного объема легко заменяются стеклянными бутылками, а процесс аэрации можно осуществлять с помощью бытового компрессора при условии соблюдения стерильности.

При планировании изучения генетики микроорганизмов, как и любого другого раздела биологии, надо помнить о неукоснительном соблюдении санитарных норм и правил при работе в учреждении образования.

На первоначальном этапе освоения практикума по генетике бактерий требуется консультация специалиста с получением чистых культур безопасных микроорганизмов для освоения методов стерильной работы по выделению, очистке, созданию и поддержанию коллекций микроорганизмов, наработке бактериальной массы и изучению основных признаков бактерий. После освоения этого этапа можно приступать к самостоятельному выделению бактерий, оценке различий между ними, выявлению биотехнологически значимых штаммов, оценке генетического разнообразия на всех уровнях — от морфологического до молекулярного.

Таким образом, одним из возможных путей адаптации школьной лаборатории для проведения курсов углубленного изучения генетики является оборудование микробиологической лаборатории с упором на изучении генетики бактерий.

Русских Иван Анатольевич

*УО «Республиканский центр экологии и краеведения», Минск, Республика Беларусь
Заведующий лабораторией*

Дополнительная образовательная общеразвивающая программа «Генетика с основами генной инженерии и биоинформатики»

Государственное автономное образовательное учреждение
дополнительного профессионального образования Владимирской
области
«Владимирский институт развития образования
имени Л.И. Новиковой»

Проректор ВИРО

«Утверждаю»

«06/09/2021» г.

Дата 06.09.2021 и № 23 протокола пед. совета,
рекомендовавшего программу к реализации

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ОБЩЕРАЗВИВАЮЩАЯ ПРОГРАММА

«Генетика с основами генной инженерии и биоинформатики»

Автор программы –
Федосеева Дарья Николаевна
педагог доп. образования
детского технопарка «Кванториум-33»

Беляева Екатерина Александровна
методист детского технопарка
«Кванториум-33»

Возраст учащихся: 14 - 18 лет
Срок реализации: 72 часа
Уровень сложности программы: ознакомительный
Направленность программы: естественно-научная

Владимир, 2021

Пояснительная записка

Направленность программы: естественно-научная.

Актуальность и практическая значимость программы. В настоящее время все большую актуальность приобретают исследования в области биологии и медицины, в частности в области генетической и клеточной инженерии. Генетика — наука о механизмах сохранения, передачи и реализации наследственных признаков организма, является одной из фундаментальных биологических наук, при этом будучи одной из наиболее сложных для изучения среди научных и учебных дисциплин. Для проведения занятий, научно-исследовательской работы в области инновационных направлений биологии необходима хорошо оснащенная лаборатория, современное оборудование (цифровая фото- и видеотехника, качественные микроскопы и др.), а также квалифицированный персонал: преподаватели — специалисты НИИ, ВУЗов, ученые; профильные лаборанты и др., поэтому подобные программы не представляется возможным проводить в общеобразовательных учреждениях

Своевременность, необходимость, соответствие потребностям времени. Необходимость изучения генетики обусловлена быстрыми темпами ее развития в настоящее время, появлением новых научных направлений, возникновением новых понятий, открытием ряда закономерностей. Современная генетика изучает строение нуклеиновых кислот, их функционирование как элементарных матричных систем; современные законы наследственности и изменчивости, полимеразные цепные реакции и их практическое применение, генетические рекомбинации живого организма, прикладную биоинформатику. *Программа реализуется в соответствии с Постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 28.09.2020 № 28 «Об утверждении санитарных правил СП 2.4.3648-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи».*

Отличительные **особенности программы.** В основе организации занятий лежит комплексный подход при изучении живых организмов на разных уровнях организации (от молекулярного до системно-органного). Важно показать, что все живые организмы имеют единую форму хранения и передачи наследственной информации через нуклеиновые кислоты, что генетический код универсален для всех форм жизни.

Получаемые в ходе изучения программы знания необходимы для освоения последующих общих и специальных дисциплин: геномной инженерии, биохимии, молекулярной биологии, физиологии человека и животных, физиологии растений микробиологии, иммунологии, биотехнологии.

Приоритетное направление деятельности программы — профессиональная ориентация обучающихся в сфере биологических специальностей. Программа нацелена на стимулирование творческой активности обучающихся, развитием индивидуальных задатков и способностей, созданием условий для их самореализации.

Адресат программы. Для обучения принимаются учащиеся, успешно окончивших прохождение вводного модуля и прошедших экспертную оценку проектов либо для школьников, прошедших конкурсный отбор в соответствии с правилами ДТ «Кванториум-33».

Объем и срок освоения программы: 72 часа (3 месяца).

Форма обучения — очная (в случае необходимости адаптируема для перенесения в дистанционный формат).

Особенности организации образовательного процесса. Учебный процесс осуществляется в группе детей. Состав группы постоянный.

Режим занятий, периодичность и продолжительность занятий. Продолжительность одного учебного занятия 2 часа. Частота проведения учебных занятий 2 раза в неделю. Продолжительность одного занятия в хайтек-цехе — 1 час. Частота проведения занятий в хайтек-цехе — 1 раз в неделю. Мероприятия Программы развития общекультурных компетенций проводятся в соответствии с планом мероприятий Программы (продолжительность — 1–2 часа, периодичность — в соответствии с планом мероприятий Программы).

Количество обучающихся в группе 6–8 человек. Количество педагогов — 3 (педагог по направлению, педагог хайтек-цеха, педагог-организатор).

Цели и задачи образовательной программы

Цель программы: создание условий для усвоения знаний об основных закономерностях наследственности и изменчивости живых организмов, освоения основных навыков работы с лабораторным оборудованием для молекулярно-генетических исследований.

Задачи.

Образовательные задачи:

1. Расширить кругозор обучающихся в области биологических дисциплин, в частности генетики и генетической инженерии.
2. Познакомить слушателей с основными законами генетики, передовыми генетическими технологиями, перспективами ее развития. Научить работать в условиях молекулярно-биологической лаборатории.
3. Дать основы теоретических представлений и практических навыков в области молекулярной биологии, генетического анализа и биоинформатики.

Метапредметные задачи:

1. Привлечение и обучение методам и приемам научно-исследовательской работы.
2. Формировать здоровьесберегающие и природоохранные компетенции.
3. Профилизация обучающихся в области биотехнологии.
4. Сформировать и развивать положительную мотивацию в учебной деятельности.
5. Развивать творческие способности обучающегося и потребность в самореализации.
6. Развивать коммуникативные навыки — через участие в мероприятиях и через выступления по защите своих проектов.

Личностные задачи:

1. Воспитывать активную гражданскую позицию.
2. Воспитывать стремление к получению высшего образования в предметной области.
3. Содействовать социальной адаптации обучающихся в современном обществе, проявлению лидерских качеств.
4. Воспитывать ответственность, трудолюбие, целеустремленность и организованность.

Учебный план

Тема	Всего часов	Теория	Практика
1. Вводное занятие. Инструктаж по технике безопасности. Входное тестирование	2	1	1
2. Генетика как наука. История. Методы генетики. Оборудование лаборатории	2	1	1
3. Общая генетика	4	2	2
4. Молекулярная генетика	6	1	5
5. Медицинская генетика	2	1	1
6. Генетическая инженерия	6	2	4
7. Клонирование	2	1	1
8. Популяционная и волновая генетика	2	1	1
9. Создание мотивации. Постановка проектной задачи	2	1	1
10. Разработка плана решения проектной задачи, декомпозиция задачи	2	1	1
11. Практическая реализация проектной задачи	12	-	12
12. Подготовка к публичной защите или презентации проекта	3	-	3
13. Выходное тестирование	1	-	1
14. Участие в публичной защите или презентации проекта	2	-	2
15. Работа в hi-tech цехе	12	-	12
16. Культурные мероприятия	12	-	12
ИТОГО	72	12	60

Содержание учебного плана

1. Техника безопасности. Входное тестирование. 2 часа.

Требования, предъявляемые к обучающимся. Техника безопасности. Заполнение анкет входного тестирования.

2. Генетика как наука. История. Методы генетики. Оборудование лаборатории. 2 часа.

Генетика как наука, ее предмет, задачи и основные понятия. История развития генетики и величайшие открытия. Приготовление питательных сред и растворов для исследуемых живых систем. Основы микроскопирования — приготовление препарата политенных хромосом.

3. Общая генетика. 4 часа.

Законы Г. Менделя и их современная цитогенетическая интерпретация. Т. Морган и его школа. Дрозофила — классический объект генетики. Кроссинговер. Картирование генов. Сцепленное наследование. Построение идиограммы человека. Решение генетических задач по типам наследования. Опыты по типам наследования при скрещивании дрозофилы. Филогенетический анализ, биоинформатика и построение генетических карт.

4. Молекулярная генетика. 6 часов.

История открытия и изучения ДНК. РНК, ее виды и биологические функции. Матричный принцип кодирования и передачи информации. Генетический код и его расшифровка. Репликация, транскрипция, трансляция. Процессинг и сплайсинг. Интроны и экзоны. Гипотеза оперона. Ген в гене. Обратная транскрипция. ПЦР — как основной исследовательский метод. Виды ПЦР. Очистка нуклеиновой кислоты и постановка полимеразной цепной реакции. Биоинформатика — анализ участков и расчет праймеров для ПЦР. Мутации, мутагенные факторы, частота мутирования. Репарации, антимутагены. Генетические последствия загрязнения окружающей среды. Скрининг мутагенов. Разработка тестов контроля качества окружающей среды.

5. Медицинская генетика. 2 часа.

Предмет и задачи медицинской генетики. Наследственные синдромы человека. Медико-генетические метод исследования, прогнозирования и консультирования. Пренатальный скрининг. Составление и анализ родословной. Евгеника — возникновение и задачи. Проект «Геном человека».

6. Генетическая инженерия. 6 часов.

Задачи генетической инженерии. Открытие рестриктаз и лигаз — путь к манипулированию генами. Рестрикция плазмиды *E.coli*. Биопрограммирование — разработка векторных последовательностей ДНК для создания рекомбинантных белков. ГМО, биосинтез лекарств, генная терапия. Нестабильность генома. Перемещающиеся генетические элементы (IS-элементы, транспозоны, эписомы, плазмиды) — альтернативный механизм обмена генетической информацией.

7. Клонирование. 2 часа.

История работ по клонированию многоклеточных организмов. Теоретические и методологические подходы к клонированию. Стволовые клетки — основа для клонирования человека.

8. Популяционная и волновая генетика. 2 часа.

Популяция и ее характеристика. Реализация законов Менделя на уровне популяции. Закон Харди-Вайнберга. Дрейф генов. Методы определения генетического груза в популяции. Статистическая обработка материалов по модификационной изменчивости. Волновая генетика, ДНК как голографический компьютер. Мутагенные и репарационные свойства человеческой речи. Новые возможности передачи генетической информации.

9. Создание мотивации. Постановка проектной задачи. 2 часа.

Просмотр мотивационного материала. Формулировка проблемы, поднимаемой в мотивационном материале, обсуждение существующих способов ее решения. Требования к проекту. Проект и исследование как пути создания нового. Постановка проектной задачи. Требования к проектной документации. Структура проекта. Распределение ролей в проектной группе.

10. Разработка плана решения проектной задачи, декомпозиция задачи. 2 часа.

Основные компоненты жизненного цикла проекта. Планирование проекта. Постановка цели и задач, выбор методов, определение ожидаемых результатов и продукта проекта. Освоение и различение понятий «цель», «задачи», «методы» и «результаты» проекта. Календарный план проекта. Тематический контроль.

11. Практическая реализация проектной задачи. 12 часов.

Изучение механизмов воздействия на клетку. Культивирование клеток. Моделирование внешнего воздействия на клетку. Оптическая микроскопия. Оценка полученных результатов. Статистическая обработка полученных данных.

12. Подготовка к публичной защите или презентации проекта. 3 часа.

Подготовка слайдов и текста презентации для публичной защиты проекта. Оформление проектной документации.

13. Выходное тестирование. 1 час.

Заполнение анкет выходного тестирования. Собеседование.

14. Участие в публичной защите или презентации проекта. 2 часа.

Участие в конференции. Выступление с докладом. Участие в выставке или соревнованиях.

15. Работа в хайтек-цехе. 12 часов. Выполнение работ по макетированию и изготовлению моделей проекта.

16. Мероприятия Программы развития общекультурных компетенций цехе. 12 часов. Участие в межкванторианских, кванторианских и внутриквантумных мероприятиях, направленных на формирование знаний и навыков гуманитарной направленности.

Планируемые результаты

Личностные результаты:

- критическое отношение к информации и избирательность её восприятия;
- осмысление мотивов своих действий при выполнении заданий;
- развитие любознательности, сообразительности при выполнении разнообразных заданий проблемного и эвристического характера;
- развитие внимательности, настойчивости, целеустремленности, умения преодолевать трудности;
- развитие самостоятельности суждений, независимости и нестандартности мышления;
- формирование профессионального самоопределения, ознакомление с миром профессий, связанных с биотехнологией;
- формирование коммуникативной компетентности в общении и сотрудничестве со сверстниками;
- формирование основ экологической культуры, соответствующей современному уровню экологического мышления, развитие опыта экологически ориентированной рефлексивно-оценочной и практической деятельности в жизненных ситуациях.

Метапредметные результаты:

Регулятивные универсальные учебные действия:

- умение ставить цель (создание творческой работы), планировать достижение этой цели;
- умение осуществлять итоговый и пошаговый контроль по результату;
- способность адекватно воспринимать оценку учителя и сверстников;
- умение вносить коррективы в действия в случае расхождения результата решения задачи на основе ее оценки и учета характера сделанных ошибок;
- умение в сотрудничестве ставить новые учебные задачи;
- способность проявлять познавательную инициативу в учебном сотрудничестве;
- умение осваивать способы решения проблем творческого характера в жизненных ситуациях.

Познавательные универсальные учебные действия:

- умение осуществлять поиск информации в индивидуальных информационных архивах учащегося, информационной среде образовательного учреждения, в федеральных хранилищах информационных образовательных ресурсов;
- умение использовать средства информационных и коммуникационных технологий для решения коммуникативных, познавательных и творческих задач;
- умение осуществлять анализ объектов с выделением существенных и несущественных признаков;
- умение проводить сравнение, классификацию по заданным критериям;
- умение строить логические рассуждения в форме связи простых суждений об объекте;
- умение устанавливать аналогии, причинно-следственные связи;
- умение синтезировать, составлять целое из частей, в том числе самостоятельное достраивание с восполнением недостающих компонентов.

Коммуникативные универсальные учебные действия:

- умение аргументировать свою точку зрения на выбор оснований и критериев при выделении признаков, сравнении и классификации объектов;
- умение выслушивать собеседника и вести диалог;
- способность признавать возможность существования различных точек зрения и права каждого иметь свою;
- умение планировать учебное сотрудничество с учителем и сверстниками: определять цели, функции участников, способов взаимодействия;
- умение осуществлять постановку вопросов: инициативное сотрудничество в поиске и сборе информации;
- умение разрешать конфликты: выявление, идентификация проблемы, поиск и оценка альтернативных способов разрешения конфликта, принятие решения и его реализация;
- умение управлять поведением партнера: контроль, коррекция, оценка его действий;
- умение с достаточной полнотой и точностью выражать свои мысли в соответствии с задачами и условиями коммуникации;
- владение монологической и диалогической формами речи.

Предметные результаты:

В результате освоения программы обучающиеся должны **знать**:

- правила техники безопасности в лаборатории;
- способы планирования деятельности, разбиения задач на подзадачи, распределения ролей в рабочей группе;
- основные генетические понятия;
- историю развития генетики и основные открытия в данной области;

- структуру и функции нуклеиновых кислот;
- сходства и различия геномов прокариотических и эукариотических организмов, процессов реализации генетической информации;
- методы изучения генома.

В результате освоения программы обучающиеся должны **уметь**:

- работать с микроскопом и оборудованием для приготовления временных микропрепаратов;
- подготавливать питательные среды;
- работать с оборудованием для экстракции нуклеиновых кислот;
- программировать амплификаторы для полимеразных реакций;
- работать с ПО для биоинформатических задач: расчет праймеров, моделирование векторов, построение идиограмм и дендрограмм;
- составить план проекта, включая: выбор темы; анализ предметной области; разбиение задачи на подзадачи;
- использовать основные алгоритмические конструкции для решения задач;
- применять полученные знания в практической деятельности;
- подготовить отчет о проделанной работе; публично выступить с докладом.

В результате освоения программы обучающиеся должны **владеть**:

- навыками работы с микроскопами, амплификаторами;
- навыками приготовления питательных сред;
- навыками биоинформатического программирования.

Программа способствует развитию в обучающемся следующих компетенций:

Общекультурных:

1. Способность к творчеству и креативному мышлению.
2. Способность к инновационной деятельности.
3. Способность к адаптации и повышению своего научного и культурного уровня.
4. Способность самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения.
5. Понимание путей сохранения биосферы; активная жизненная позиция в области природоохранной деятельности и сохранения здоровья.

Профильных:

1. Понимание современных проблем биологии и использование фундаментальных биологических представлений в исследовательской деятельности для постановки и решения новых задач.
2. Знание основных теорий, концепций и принципов в генетике.
3. Способность самостоятельно анализировать имеющуюся информацию, выявлять проблемы, ставить задачу и выполнять самостоятельно или с помощью консультанта экспериментальные биологические исследования при решении конкретных задач с использованием современного оборудования.

4. Умение нести морально-этическую ответственность за качество работ и научную достоверность результатов.
5. Творческое применение современных компьютерных технологий при сборе, хранении, обработке, анализе и передаче биологической информации.
6. Понимание и осмысление философской концепции естествознания, места естественных наук в выработке научного мировоззрения.
7. Умение грамотно представлять, докладывать и оформлять результаты научно-исследовательских или проектных работ.

Календарный учебный график. Количество учебных недель — 12 недель. Количество учебных дней — 30 (24 дня — учебные занятия, 6 дней — мероприятия Программы развития общекультурных компетенций). Каникулы отсутствуют. Периоды обучения: 1 итерация сентябрь-декабрь, 2 итерация — январь — апрель, 3 итерация апрель — июнь.

Условия реализации программы

Материальные ресурсы:

1. АРМ учителя (компьютер, проектор, сканер, принтер).
2. АРМ ученика (компьютер) — 8 шт.
3. Ламинарный бокс II класса защиты — 1 шт.
4. ПЦР-бокс — 1 шт.
5. Автоматические дозаторы различных объемов — 5 шт.
6. Амплификатор для ПЦР в реальном времени АНК-32 — 1 шт.
7. Термоциклер программируемый «Терцик» — 1 шт.
8. Микроцентрифуга-встряхиватель "Циклотемп" — 2 шт.
9. Термостат твердотельный "Циклотемп" — 2 шт.
10. Термостат твердотельный «Гном» — 2 шт.
11. Камера для фореа горизонтальная — 1 шт.
12. Источник питания «Эльф» — 1 шт.
13. Гельдокументирующая система — 1 шт.
14. Центрифуга высокоскоростная — 1 шт.
15. Пробирки типа «Эпендорф» на 1.5 мл.
16. Пробирки стрипованные на 0.2 мл.
17. Штативы «рабочее место» — 8 шт.
18. Набор для ПЦР «COrDIS mini 2».
19. Набор для ПЦР «AB0 — Детект».
20. Тест-системы «ГМО Детект».
21. Набор реагентов «ДНК-Экстран» для выделения геномной ДНК.
22. Набор реагентов для классической ПЦР.

В работе Биоквантума рассчитано использование научной и научно-популярной литературы, электронных средств информации (Интернет), использование современной лабораторной и обучающей техники, экскурсий, лекционных и лабораторно-практических занятий, консультации и встречи со специалистами (учеными, врачами, преподавателями ВУЗов, студентами).

Результаты работы курса оформляются в виде научно-исследовательских работ, презентаций, рефератов.

Лабораторные занятия курса проводятся в учебной лаборатории, предназначенной для подготовки и проведения различных молекулярных исследований. Оборудование и техника работ в учебной лаборатории должны соответствовать требованиям, предъявляемым к испытательным и научным лабораториям соответствующего профиля.

Формы аттестации. Формы отслеживания и фиксации образовательных результатов. Тестирование, использование SCRUM-доски, мини-конференция по защите проектов, внутригрупповой конкурс (соревнования), презентация (самопрезентация) проектов обучающихся и др.

Формы предъявления и демонстрации образовательных результатов. Публичная защита проектов.

Особенности организации образовательного процесса — очно, с возможностью перейти в дистанционный формат.

Основные методы обучения.

Эвристический метод, исследовательский метод; кейс-метод; методика проблемного обучения; игровая методика; методика проектной деятельности.

Формы организации образовательного процесса: групповая.

Формы организации учебного занятия — лекция; беседа; дискуссия; практикум; лабораторно-практическая работа; педагогическая игра; тестирование; соревнование; публичное выступление с демонстрацией результатов работы; защита проекта

Педагогические технологии — технология группового обучения, технология коллективного взаимообучения, технология развивающего обучения, технология проблемного обучения, технология дистанционного обучения (при необходимости), технология исследовательской деятельности, технология проектной деятельности, технология развития критического мышления через дискуссии, технология решения изобретательских задач, здоровьесберегающая технология.

Алгоритм учебного занятия:

- краткое описание структуры занятия и его этапов;
- выдача дидактических материалов — раздаточные материалы либо лабораторное оборудование, инструкционные, технологические карты, задания, упражнения;
- ознакомление с картой занятия и оборудованием;
- выполнение практической части с перерывами на физкультминутки;
- рефлексия, подведение итогов;
- приведение в порядок рабочего места.

Список использованной литературы:

1. Айла Ф., Кайгер Дж. Современная генетика. — Т. 1–3. — М.: Мир, 1987.
2. Альбертс Б., Брей Д., Льюис Дж. Молекулярная биология клетки. — Т. 1–3 — М.: Мир, 1994.
3. Барабанщиков Б.И., Салаев Е.А. Сборник задач по генетике. — Казань, 1988
4. Бочков Н.П. Генетика человека. — М.: Медицина, 1978.
5. Ватти К.В., Тихомирова М.М. Руководство к практическим занятиям по генетике. — М.: Просвещение, 1979.
6. Володин Б.С. Мендель. — М.: Молодая гвардия, 1968.
7. Гуляев Г.В. Задачник по генетике. — М.: Колос, 1980.
8. Захаров А.Ф. Хромосомы человека. — М.: Медицина, 1977.
9. Миллер Дж. Эксперименты в молекулярной генетике. — М.: Мир, 1976.
10. Нейфах А.А., Лозовская Е.Р. Гены и развитие организма. — М.: Наука, 1984.
11. Пехов А.П. Введение в молекулярную генетику. — М.: Медицина, 1973.
12. Ригер Р., Михаэлис А. Генетический и цитогенетический словарь. — М.: Колос, 1967.
13. Спицын И.П. Лабораторный практикум по генетике. — Т.: ТГУ, 1997.
14. Спицын И.П. Лабораторный практикум по генетике человека. — Т.: ТГУ, 1999.
15. Стент Г., Кэлиндар Р. Молекулярная генетика. — М.: Мир, 1981.
16. Фогель Ф., Мотульски А. Генетика человека. — Т. 1–3. — М.: Мир, 1990.

Дополнительная образовательная общеразвивающая программа «Генетика с основами генной инженерии и биоинформатики» (проектная группа)

Государственное автономное образовательное учреждение
дополнительного профессионального образования Владимирской
области

«Владимирский институт развития образования
имени Л.И. Новиковой»

Проректор ВИРО



«Утверждаю»

« 06 » 09 20 21 г.

Дата 06.09.2021 и № 23

протокола пед. совета,
рекомендовавшего программу к реализации

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ОБЩЕРАЗВИВАЮЩАЯ ПРОГРАММА

«Генетика с основами генной инженерии и биоинформатики»
(проектная группа)

Автор программы –
Федосеева Дарья Николаевна
педагог доп. образования
детского технопарка «Кванториум-33»

Беляева Екатерина Александровна
методист детского технопарка
«Кванториум-33»

Возраст учащихся: 14 - 18 лет

Срок реализации: 72 часа

Уровень сложности программы: углубленный

Направленность программы: естественно-научная

Владимир, 2021

Пояснительная записка

Направленность программы: естественно-научная.

Актуальность и практическая значимость программы. В настоящее время все большую актуальность приобретают исследования в области биологии и медицины, в частности в области генетической и клеточной инженерии. Генетика — наука о механизмах сохранения, передачи и реализации наследственных признаков организма, является одной из фундаментальных биологических наук, при этом будучи одной из наиболее сложных для изучения среди научных и учебных дисциплин. Для проведения занятий, научно-исследовательской работы в области инновационных направлений биологии необходима хорошо оснащенная лаборатория, современное оборудование (цифровая фото- и видеотехника, качественные микроскопы и др.), а также квалифицированный персонал: преподаватели — специалисты НИИ, ВУЗов, ученые; профильные лаборанты и др., поэтому подобные программы не представляется возможным проводить в общеобразовательных учреждениях

Своевременность, необходимость, соответствие потребностям времени. Необходимость изучения генетики обусловлена быстрыми темпами ее развития в настоящее время, появлением новых научных направлений, возникновением новых понятий, открытием ряда закономерностей. Современная генетика изучает строение нуклеиновых кислот, их функционирование как элементарных матричных систем; современные законы наследственности и изменчивости, полимеразные цепные реакции и их практическое применение, генетические рекомбинации живого организма, прикладную биоинформатику. *Программа реализуется в соответствии с Постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 28.09.2020 № 28 «Об утверждении санитарных правил СП 2.4.3648-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи».*

Отличительные **особенности программы.** В основе организации занятий лежит комплексный подход при изучении живых организмов на разных уровнях организации (от молекулярного до системно-органного). Важно показать, что все живые организмы имеют единую форму хранения и передачи наследственной информации через нуклеиновые кислоты, что генетический код универсален для всех форм жизни.

Получаемые в ходе изучения программы знания необходимы для освоения последующих общих и специальных дисциплин: геномной инженерии, биохимии, молекулярной биологии, физиологии человека и животных, физиологии растений микробиологии, иммунологии, биотехнологии.

Приоритетное направление деятельности программы — профессиональная ориентация обучающихся в сфере биологических специальностей. Программа нацелена на стимулирование творческой активности обучающихся, развитием индивидуальных задатков и способностей, созданием условий для их самореализации.

Адресат программы. Для обучения принимаются учащиеся, успешно окончивших прохождение вводного модуля и прошедших экспертную оценку проектов либо для школьников, прошедших конкурсный отбор в соответствии с правилами ДТ «Кванториум-33».

Объем и срок освоения программы: 72 часа (3 месяца).

Форма обучения — очная (в случае необходимости адаптируема для перенесения в дистанционный формат).

Особенности организации образовательного процесса. Учебный процесс осуществляется в группе детей. Состав группы постоянный.

Режим занятий, периодичность и продолжительность занятий. Продолжительность одного учебного занятия 2 часа. Частота проведения учебных занятий 2 раза в неделю. Продолжительность одного занятия в хайтек-цехе — 1 час. Частота проведения занятий в хайтек-цехе — 1 раз в неделю. Мероприятия Программы развития общекультурных компетенций проводятся в соответствии с планом мероприятий Программы (продолжительность — 1–2 часа, периодичность — в соответствии с планом мероприятий Программы).

Количество обучающихся в группе 6–8 человек. Количество педагогов — 3 (педагог по направлению, педагог хайтек-цеха, педагог-организатор).

Цели и задачи образовательной программы

Цель программы: создание условий для усвоения знаний об основных закономерностях наследственности и изменчивости живых организмов, освоения основных навыков работы с лабораторным оборудованием для молекулярно-генетических исследований

Задачи.

Образовательные задачи:

1. Расширить кругозор обучающихся в области биологических дисциплин, в частности генетики и генетической инженерии.
2. Познакомить слушателей с основными законами генетики, передовыми генетическими технологиями, перспективами ее развития. Научить работать в условиях молекулярно-биологической лаборатории.
3. Дать основы теоретических представлений и практических навыков в области молекулярной биологии, генетического анализа и биоинформатики.

Метапредметные задачи:

1. Привлечение и обучение методам и приемам научно-исследовательской работы.
2. Формировать здоровьесберегающие и природоохранные компетенции.
3. Профилизация обучающихся в области биотехнологии.
4. Сформировать и развивать положительную мотивацию в учебной деятельности.
5. Развивать творческие способности обучающегося и потребность в самореализации.
6. Развивать коммуникативные навыки — через участие в мероприятиях и через выступления по защите своих проектов.

Личностные задачи:

1. Воспитывать активную гражданскую позицию.
2. Воспитывать стремление к получению высшего образования в предметной области.
3. Содействовать социальной адаптации обучающихся в современном обществе, проявлению лидерских качеств.
4. Воспитывать ответственность, трудолюбие, целеустремленность и организованность.

Учебный план

Тема	Всего часов	Теория	Практика
1. Вводное занятие. Инструктаж по технике безопасности	2	2	-
2. Введение в контекст проектной деятельности. Лекция-беседа. Педагогическая игра	2	1	1
3. Постановка задачи проекта. Определение проблематики. Формирование проектных групп. Формулировка первичных гипотез	2	-	2
4. Освоение учебного материала по темам проекта. Лекционные и самостоятельные теоретические исследования, лабораторно-практические работы, консультационные встречи экспертами	12	4	8
5. Формирование схемы и планирование исследования. Обобщение освоенных материалов, формулировка проверяемых гипотез, формирование сетевого графика	2	-	2
6. Проверка гипотезы. Построение модели эксперимента и его реализация, сбор данных, их обработка, формирование выводов	18	4	14
7. Презентация и экспертиза полученного результата. Подготовка и участие во внутренних защитах, рефлексия	4	2	2
8. Представление полученных результатов. Оформление доклада или статьи, выход на внешнюю аудиторию	4	2	2
9. Проектирование шага развития. Переработка целей исследования для перехода на следующий модуль	2	-	2
10. Работа в hi-tech цехе	12	-	12
11. Культурные мероприятия	12	-	12
ИТОГО	72	15	57

Содержание учебного плана

1. Вводное занятие. 2 часа.

Требования, предъявляемые к обучающимся. Техника безопасности. Заполнение анкет входного тестирования.

2. Введение в контекст. 2 часа.

Просмотр мотивационного материала. Требования к проекту. Проект и исследование как пути создания нового. Биоэтика проектной деятельности. Структура проекта.

3. Постановка задачи. 2 часа.

Формулировка проблемы, поднимаемой в мотивационном материале, обсуждение существующих способов ее решения. Постановка проектной задачи. Распределение ролей в проектной группе.

4. Освоение учебного материала. 12 часов.

Лекционное и самостоятельное освоение теоретического материала. Отработка практических навыков — использование автоматических дозаторов, амплификатора, центрифуг, работа в ламинарном боксе биологической защиты. Формирования навыков работы на спектрофотометре, высокоскоростных центрифугах, флуоресцентном микроскопе, использование термостата и автоклава при работе с микроорганизмами.

5. Формирование схемы и планирование исследования. 2 часа.

Основные компоненты жизненного цикла проекта. Планирование проекта. Постановка цели и задач, выбор методов, определение ожидаемых результатов и продукта проекта. Календарный план проекта.

6. Проверка гипотезы. 18 часов.

Построение модели эксперимента и его реализация, сбор данных, их обработка, формирование выводов.

7. Презентация и экспертиза полученного результата. 4 часа.

Подготовка слайдов и текста презентации для защиты проекта. Собеседование. Защита проекта внутри образовательной организации при участии экспертной группы.

8. Представление полученных результатов. 4 часа.

Оформление проектной документации. Участие в конференции. Выступление с докладом. Публикация статьи. Участие в выставке или соревнованиях.

9. Проектирование шага развития. 2 часа.

Проработка и переосмысление результатов работы для нахождения путей развития проекта и перехода на следующий модуль обучения.

10. Работа в хайтек-цехе. 12 часов.

Выполнение работ по макетированию и изготовлению моделей проекта.

11. Мероприятия Программы развития общекультурных компетенций цехе. 12 часов.

Участие в межкванторианских, кванторианских и внутриквантумных мероприятиях, направленных на формирование знаний и навыков гуманитарной направленности.

Планируемые результаты

Личностные результаты:

- критическое отношение к информации и избирательность её восприятия;
- осмысление мотивов своих действий при выполнении заданий;
- развитие любознательности, сообразительности при выполнении разнообразных заданий проблемного и эвристического характера;
- развитие внимательности, настойчивости, целеустремленности, умения преодолевать трудности;
- развитие самостоятельности суждений, независимости и нестандартности мышления;
- формирование профессионального самоопределения, ознакомление с миром профессий, связанных с биотехнологией;
- формирование коммуникативной компетентности в общении и сотрудничестве со сверстниками;
- формирование основ экологической культуры, соответствующей современному уровню экологического мышления, развитие опыта экологически ориентированной рефлексивно-оценочной и практической деятельности в жизненных ситуациях.

Метапредметные результаты:

Регулятивные универсальные учебные действия:

- умение ставить цель (создание творческой работы), планировать достижение этой цели;
- умение осуществлять итоговый и пошаговый контроль по результату;
- способность адекватно воспринимать оценку учителя и сверстников;
- умение вносить коррективы в действия в случае расхождения результата решения задачи на основе ее оценки и учета характера сделанных ошибок;
- умение в сотрудничестве ставить новые учебные задачи;
- способность проявлять познавательную инициативу в учебном сотрудничестве;
- умение осваивать способы решения проблем творческого характера в жизненных ситуациях.

Познавательные универсальные учебные действия:

- умение осуществлять поиск информации в индивидуальных информационных архивах учащегося, информационной среде образовательного учреждения, в федеральных хранилищах информационных образовательных ресурсов;
- умение использовать средства информационных и коммуникационных технологий для решения коммуникативных, познавательных и творческих задач;
- умение осуществлять анализ объектов с выделением существенных и несущественных признаков;
- умение проводить сравнение, классификацию по заданным критериям;
- умение строить логические рассуждения в форме связи простых суждений об объекте;
- умение устанавливать аналогии, причинно-следственные связи;
- умение синтезировать, составлять целое из частей, в том числе самостоятельное достраивание с восполнением недостающих компонентов.

Коммуникативные универсальные учебные действия:

- умение аргументировать свою точку зрения на выбор оснований и критериев при выделении признаков, сравнении и классификации объектов;
- умение выслушивать собеседника и вести диалог;
- способность признавать возможность существования различных точек зрения и права каждого иметь свою;
- умение планировать учебное сотрудничество с учителем и сверстниками: определять цели, функций участников, способов взаимодействия;
- умение осуществлять постановку вопросов: инициативное сотрудничество в поиске и сборе информации;
- умение разрешать конфликты: выявление, идентификация проблемы, поиск и оценка альтернативных способов разрешения конфликта, принятие решения и его реализация;

- умение управлять поведением партнера: контроль, коррекция, оценка его действий;
- умение с достаточной полнотой и точностью выражать свои мысли в соответствии с задачами и условиями коммуникации;
- владение монологической и диалогической формами речи.

Предметные результаты:

В результате освоения программы обучающиеся должны *знать*:

- правила техники безопасности в лаборатории;
- способы планирования деятельности, разбиения задач на подзадачи, распределения ролей в рабочей группе;
- основные генетические понятия;
- историю развития генетики и основные открытия в данной области;
- структуру и функции нуклеиновых кислот;
- сходства и различия геномов прокариотических и эукариотических организмов, процессов реализации генетической информации;
- методы изучения генома.

В результате освоения программы обучающиеся должны *уметь*:

- работать с микроскопом и оборудованием для приготовления временных микропрепаратов;
- подготавливать питательные среды;
- работать с оборудованием для экстракции нуклеиновых кислот;
- программировать амплификаторы для полимеразных реакций;
- работать с ПО для биоинформатических задач: расчет праймеров, моделирование векторов, построение идиограмм и дендрограмм;
- составить план проекта, включая: выбор темы; анализ предметной области; разбиение задачи на подзадачи;
- использовать основные алгоритмические конструкции для решения задач;
- применять полученные знания в практической деятельности;
- подготовить отчет о проделанной работе; публично выступить с докладом.

В результате освоения программы обучающиеся должны *владеть*:

- навыками работы с микроскопами, амплификаторами;
- навыками приготовления питательных сред;
- навыками биоинформатического программирования.

Программа способствует развитию в обучающемся следующих компетенций:

Общекультурных:

1. Способность к творчеству и креативному мышлению.
2. Способность к инновационной деятельности.

3. Способность к адаптации и повышению своего научного и культурного уровня.
4. Способность самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения.
5. Понимание путей сохранения биосферы; активная жизненная позиция в области природоохранной деятельности и сохранения здоровья.

Профильных:

1. Понимание современных проблем биологии и использование фундаментальных биологических представлений в исследовательской деятельности для постановки и решения новых задач.
2. Знание основных теорий, концепций и принципов в генетике.
3. Способность самостоятельно анализировать имеющуюся информацию, выявлять проблемы, ставить задачу и выполнять самостоятельно или с помощью консультанта экспериментальные биологические исследования при решении конкретных задач с использованием современного оборудования.
4. Умение нести морально-этическую ответственность за качество работ и научную достоверность результатов.
5. Творческое применение современных компьютерных технологий при сборе, хранении, обработке, анализе и передаче биологической информации.
6. Понимание и осмысление философской концепции естествознания, места естественных наук в выработке научного мировоззрения.
7. Умение грамотно представлять, докладывать и оформлять результаты научно-исследовательских или проектных работ.

Календарный учебный график. Количество учебных недель — 12 недель. Количество учебных дней — 30 (24 дня — учебные занятия, 6 дней — мероприятия Программы развития общекультурных компетенций). Каникулы отсутствуют. Периоды обучения: 1 итерация сентябрь-декабрь, 2 итерация — январь — апрель, 3 итерация апрель — июнь.

Условия реализации программы

Материальные ресурсы:

1. АРМ учителя (компьютер, проектор, сканер, принтер).
2. АРМ ученика (компьютер) — 8 шт.
3. Ламинарный бокс II класса защиты — 1 шт.
4. ПЦР-бокс — 1 шт.
5. Автоматические дозаторы различных объемов — 5 шт.
6. Амплификатор для ПЦР в реальном времени АНК-32 — 1 шт.
7. Термоциклер программируемый «Терцик» — 1 шт.
8. Микроцентрифуга-встряхиватель "Циклотемп" — 2 шт.
9. Термостат твердотельный "Циклотемп" — 2 шт.
10. Термостат твердотельный «Гном» — 2 шт.
11. Камера для фореа горизонтальная — 1 шт.

12. Источник питания «Эльф» — 1 шт.
13. Гельдокументирующая система — 1 шт.
14. Центрифуга высокоскоростная — 1 шт.
15. Пробирки типа «Эпендорф» на 1.5 мл.
16. Пробирки стрипованные на 0.2 мл.
17. Штативы «рабочее место» — 8 шт.
18. Набор для ПЦР «COrDIS mini 2».
19. Набор для ПЦР «AB0 — Детект».
20. Тест-системы «ГМО Детект».
21. Набор реагентов «ДНК-Экстран» для выделения геномной ДНК.
22. Набор реагентов для классической ПЦР.

В работе Биокванториума рассчитано использование научной и научно-популярной литературы, электронных средств информации (Интернет), использование современной лабораторной и обучающей техники, экскурсий, лекционных и лабораторно-практических занятий, консультации и встречи со специалистами (учеными, врачами, преподавателями ВУЗов, студентами).

Результаты работы курса оформляются в виде научно-исследовательских работ, презентаций, рефератов.

Лабораторные занятия курса проводятся в учебной лаборатории, предназначенной для подготовки и проведения различных молекулярных исследований. Оборудование и техника работ в учебной лаборатории должны соответствовать требованиям, предъявляемым к испытательным и научным лабораториям соответствующего профиля.

Формы аттестации. Формы отслеживания и фиксации образовательных результатов. Тестирование, использование SCRUM-доски, мини-конференция по защите проектов, внутригрупповой конкурс (соревнования), презентация (самопрезентация) проектов обучающихся и др.

Формы предъявления и демонстрации образовательных результатов. Публичная защита проектов.

Методические материалы.

Особенности организации образовательного процесса — очно, с возможностью перейти в дистанционный формат.

Основные методы обучения.

Эвристический метод, исследовательский метод; кейс-метод; методика проблемного обучения; игровая методика; методика проектной деятельности.

Формы организации образовательного процесса: групповая.

Формы организации учебного занятия — лекция; беседа; дискуссия; практикум; лабораторно-практическая работа; педагогическая игра; тестирование; соревнование; публичное выступление с демонстрацией результатов работы; защита проекта.

Педагогические технологии — технология группового обучения, технология коллективного взаимообучения, технология развивающего обучения, технология проблемного обучения, технология дистанционного обучения (при необходимости), технология исследовательской деятельности, технология проектной деятельности, технология

развития критического мышления через дискуссии, технология решения изобретательских задач, здоровьесберегающая технология.

Алгоритм учебного занятия:

- краткое описание структуры занятия и его этапов;
- выдача дидактических материалов — раздаточные материалы либо лабораторное оборудование, инструкционные, технологические карты, задания, упражнения;
- ознакомление с картой занятия и оборудованием;
- выполнение практической части с перерывами на физкультминутки;
- рефлексия, подведение итогов;
- приведение в порядок рабочего места.

Список использованной литературы:

1. Айла Ф., Кайгер Дж. Современная генетика. — Т. 1–3. — М.: Мир, 1987.
2. Альбертс Б., Брей Д., Льюис Дж. Молекулярная биология клетки. — Т. 1–3 — М.: Мир, 1994.
3. Барабанщиков Б.И., Салаев Е.А. Сборник задач по генетике. — Казань, 1988.
4. Бочков Н.П. Генетика человека. — М.: Медицина, 1978.
5. Ватти К.В., Тихомирова М.М. Руководство к практическим занятиям по генетике. — М.: Просвещение, 1979.
6. Володин Б.С. Мендель. — М.: Молодая гвардия, 1968.
7. Гуляев Г.В. Задачник по генетике. — М.: Колос, 1980.
8. Захаров А.Ф. Хромосомы человека. — М.: Медицина, 1977.
9. Миллер Дж. Эксперименты в молекулярной генетике. — М.: Мир, 1976.
10. Нейфах А.А., Лозовская Е.Р. Гены и развитие организма. — М.: Наука, 1984.
11. Пехов А.П. Введение в молекулярную генетику. — М.: Медицина, 1973.
12. Ригер Р., Михаэлис А. Генетический и цитогенетический словарь. — М.: Колос, 1967.
13. Спицын И.П. Лабораторный практикум по генетике. — Т.: ТГУ, 1997.
14. Спицын И.П. Лабораторный практикум по генетике человека. — Т.: ТГУ, 1999.
15. Стент Г., Кэлиндар Р. Молекулярная генетика. — М.: Мир, 1981.
16. Фогель Ф., Мотульски А. Генетика человека. — Т. 1–3. — М.: Мир, 1990.

Методические рекомендации по проведению Всероссийских уроков генетики для среднего и старшего школьного возраста (14–18 лет): «Генетика: история и будущее»; «Генетика растений и продовольственная безопасность»

Разработаны федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением дополнительного образования «Федеральный центр дополнительного образования и организации отдыха и оздоровления детей» совместно с Министерством просвещения Российской Федерации

Мария Валентиновна Севастьянова

*ФГБОУ ДО «Федеральный центр дополнительного образования и организации отдыха и оздоровления детей», Москва, Россия
Заместитель начальника отдела учебно-воспитательной работы*

Никита Сергеевич Севастьянов

*ФГБОУ ДО «Федеральный центр дополнительного образования и организации отдыха и оздоровления детей», Москва, Россия
методист методического отдела естественнонаучной направленности*

Утверждены Педагогическим советом Федерального ресурсного центра по развитию дополнительного образования детей естественнонаучной направленности ФГБОУ ДО «Федеральный центр дополнительного образования и организации отдыха и оздоровления детей» (протокол от __.03.2021 г. № __).

Методические рекомендации разработаны для педагогов, которые будут осуществлять проведение Всероссийских уроков генетики по темам «Генетика: история и будущее», «Генетика растений и продовольственная безопасность».

Они призваны оказать методическую помощь педагогам-практикам в реализации алгоритма проведения урока для детей среднего и старшего возраста (14–18 лет).

Проведение данного занятия способствует формированию познавательного интереса к изучению естественнонаучных дисциплин у детей среднего и старшего возраста, расширяет представления о возможностях генетики и генетических технологий.

Всероссийские уроки генетики (14–18 лет)

Важная, а по сути стратегическая задача — вдохновить подрастающее поколение стать первопроходцами в сфере генетики...

*Поручение Президента Российской Федерации
В.В. Путина Правительству Российской Федерации от
06 июля 2020 года по развитию отечественной генетики*

Актуальность уроков

Двадцать первый век считается веком биологии. Из всех биологических дисциплин наиболее интенсивно развивается генетика. Генетические технологии могут решить большинство проблем, которые сейчас стоят перед человечеством: биобезопасность, получение высокоурожайных сортов растений и пород животных, избавление людей от тяжелых наследственных пороков и заболеваний, экологическая безопасность.

Поэтому так важно привлечь внимание подрастающего поколения к изучению генетики, дать возможность осмыслить возможности генетических технологий, сформировать научное понимание основных проблем принятия достижений генетики обществом и критическое мышление по отношению к обилию разносторонней информации.

Генетические технологии, например, секвенирование и редактирование генома, в современном обществе являются реальностью. Огромный спектр задач ближайшего будущего уже решается с использованием генетических технологий.

«Переход к персонализированной медицине, высокотехнологичному здравоохранению и технологиям здоровьесбережения, высокопродуктивному и экологически чистому агро- и аквахозяйству, рациональному применению средств химической и биологической защиты сельскохозяйственных растений и животных, созданию безопасных и качественных продуктов питания, а также реализация других приоритетов научно-технологического развития Российской Федерации могут быть обеспечены с помощью российских генетических технологий» (*Федеральная научно-техническая программа развития генетических технологий на 2019–2027 годы*).

Перед нашей страной стоит задача обеспечить массовую подготовку высококвалифицированных кадров области генетики. Поэтому так актуально уже сейчас создать условия для профессионального самоопределения российских школьников через стимулирование интереса к генетике и овладение основными генетическими технологиями.

Рекомендации для педагога

Целевая аудитория для проведения Всероссийских уроков генетики — школьники 9–10 классов. Содержание уроков построено с опорой на базовые знания школьников по курсу биологии общеобразовательных учреждений (с элементами актуализации знаний), но с серьезным углублением знаний о современных генетических технологиях, в том числе в области генетики растений, и обсуждением перспектив развития генетики в нашей стране и вопросов о возможности выбора будущей профессии в данном направлении. Главное для педагогов — стимулировать развитие познавательного интереса школьника к данной области знаний.

Педагогам предлагается выбрать для проведения один или два урока из предлагаемых методических рекомендаций. Уроки могут проведены как отдельно, так и последовательно, так как второй урок является логичным продолжением первого урока и частично построен с опорой на знания, полученные на первом уроке. Предлагаемые конспекты уроков достаточно объемны. Педагогу предоставляется возможность варьировать их содержание в зависимости от уровня подготовки обучающихся. Главное — реализация основной цели уроков.

Конспект урока дополняет рабочий лист с заданиями, которые должны выполняться по ходу урока. Рабочий лист может быть использован как полностью, так и частично. Возможно применение данного дидактического пособия на уроках биологии соответствующей тематики. Задания «Я и генетика» и «Генетические технологии и перспективы выживания человечества» являются важной составляющей частью Всероссийских уроков и диагностируют отношение школьников к генетике и генетическим технологиям. Желательно выполнение данного задания сделать обязательным. Большая просьба к педагогам — прислать организаторам Всероссийских уроков генетики самые яркие ответы для публикации на сайте и использования в отчетных материалах по адресу: yserosurok@ecobiocentre.ru.

Для проверки правильности выполнения заданий к рабочему листу предлагается лист самооценки. По результатам выполнения заданий обучающиеся получают рекомендации по освоению профессии, связанной с генетикой. Лист самооценки содержит список литературы и информационных источников для самостоятельной работы обучающихся.

Урок «Генетика: история и будущее»

Цель урока — создание условий для устойчивого познавательного интереса к изучению генетики и осознанного выбора будущей профессии, связанной с генетическими технологиями.

Задачи урока:

- расширение представлений о генетике и генетических технологиях;
- формирование позитивной оценки современных достижений генетики;
- формирование устойчивой мотивации к овладению генетическими технологиями.

Форма проведения урока:

Урок построен в лекционной форме, что соответствует рекомендуемому возрасту. В ходе урока предусмотрен просмотр видеоролика, выполнение дидактических упражнений и домашнего задания.

Необходимое оборудование и материалы:

- проектор и экран, компьютер, ноутбук либо интерактивная доска для демонстрации презентации в MicrosoftPowerPoint;
- презентация ([Приложение 3](#));
- фотоаппарат или телефон с фотокамерой, чтобы сделать фотографии для отчета.

Список приложений:

[Приложение 1](#). Рабочий лист для обучающихся.

[Приложение 2](#). Лист самооценки.

План урока:

Продолжительность урока — 45 минут. Урок состоит из 4-х взаимосвязанных блоков.

В первой части урока учащиеся под руководством учителя формируют представление о генетике как науке и истории развития генетических представлений.

Слайд 1–14. Рекомендуемое время — 12 мин.

Во второй части урока учащиеся знакомятся с достижениями генетики во второй половине 20 века и областями применения генетических технологий в настоящий момент.

Слайд 15–27. Рекомендуемое время — 10 мин.

В третьей части урока особое внимание уделяется профессиям, связанным с генетикой.

Слайд 28–30. Рекомендуемое время — 10 мин.

В четвертой части подводится итог урока. Обсуждаются вопросы, связанные с подготовкой к поступлению в вузы. Определяется перечень высших учебных заведений, предлагаются рекомендации по подготовке к будущей профессии, связанной с генетическими технологиями. Проводится рефлексия на тему «Я и генетика».

Слайд 31–34. Рекомендуемое время — 13 мин.

Подстрочный текст учителя для демонстрации слайдов презентации.

Слайд 1. Титульный

Генетика — увлекательная и захватывающая область знаний, которая определяет наше будущее. Раздвигает границы реального и открывает глаза на чудеса жизни

*Клаудиа Эберхард-Метцгер
автор книг о генетике*

Здравствуйте! Сегодня мы с вами проведем Всероссийский урок генетики. Обратите внимание, перед Вами на столе лежат рабочие листы, к которым мы будем периодически обращаться и выполнять определенные задания. В конце занятия вы сможете проверить правильность выполнения в листе самооценки.

Сегодня мы поговорим об относительно молодой науке генетике — науке наступившего настоящего и ближайшего будущего. Но начнем мы с прошлого этой науки.

Слайд 2

Давайте сначала выясним, что изучает генетика.

Кстати, генетика, как и многие науки, происходит из античной философии.

Название «генетика» образовано от греческого — «возникновение, зарождение, первоисточник, первоначало».

Слово «ген» переводится как «род».

Генетика увлекает своей логикой, загадочностью явлений, практической значимостью открытий и захватывающим духом перспектив.

Генетика — это наука о наследственности и изменчивости организмов.

Наследственностью и изменчивостью люди интересовались очень давно. С того момента, когда впервые задумались, как передаются признаки и почему у кошки обязательно рождаются котята, а у собаки — щенята.

Слайд 3

Отцом генетики считается Грегор Иоганн Мендель (1822–1884).

Чешский монах, религиозный деятель, математик и естествоиспытатель, основоположник учения о наследственности.

Свои идеи изложил в 1865 г. в книге «Опыты над растительными гибридами».

Работы Менделя — это пример умения применять нестандартный подход, проверять биологические законы алгебраическими закономерностями! Сейчас для биологов использование высшей математики в своих исследованиях — это норма, но на тот момент это было большим научным прорывом.

И плюс — огромная удача! Выбор гороха как модельного объекта для исследований определил успех всей работы Менделя.

Слайд 4

Достижения Грегора Менделя:

- Заложил научные принципы описания и исследования гибридов и их потомства.
- Разработал алгебраическую систему символов и обозначений признаков.
- Сформулировал основные законы наследования в ряду поколений, позволяющие делать предсказания.
- Высказал идею существования задатков наследственных признаков (или генов, как их стали называть в будущем).

Открытия Менделя не были поняты современниками (он сильно опередил время). К сожалению, ученый отказался от дальнейших исследований. Хотя сам Мендель говорил: «Мое время еще придёт!»

Слайд 5

1869 г. — Фридрих Мишер идентифицировал «нуклеин», выделив молекулу из ядра клетки, которая впоследствии стала известна как ДНК.

В XIX веке в науке господствовала теория, что материальными носителями наследственной информации являются белки. О роли такой простой субстанции, как ДНК, в данном вопросе не догадывались.

1881 г. — лауреат Нобелевской премии немецкий биохимик Альбрехт Коссель выделил те пять азотистых оснований, которые в настоящее время считаются основными строительными блоками ДНК и РНК: аденин (А), цитозин ©, гуанин (G), тимин (Т), урацил (U).

Обратите внимание на это открытие — в будущей Генетической азбуке появились первые буквы!

Но потом про нуклеиновые кислоты надолго забыли.

Слайд 6

В 1900 г. трое ученых: К. Корренс (Германия), Э. Чермак (Австрия) и Г. Де-Фриз (Голландия) — независимо друг от друга переоткрыли закономерности наследования признаков организма, впервые установленные Г. Менделем. Все ученые признали приоритет Менделя как основателя генетики.

Этот год считается официальной датой рождения генетики как науки.

Термин «генетика» был предложен английским ученым У. Бэтсоном в 1906 г.

Термин «ген» предложен в 1909 г. В. Иогансенем, датским ученым.

Слайд 7

С этого момента генетика становится и остается одной из важнейших наук. Для человека все, что связано с родом, наследованием, основой жизни всегда являлось самым значимым. Поэтому и с момента своего рождения, и в настоящий момент генетика находилась и находится под пристальным вниманием общества, все вопросы, связанные с использованием генетических технологий, очень бурно обсуждаются, в том числе людьми, далекими от науки. Не один раз ученых генетиков обвиняли в различных смертных грехах. Но тем не менее наука

продолжает развиваться, так как значение генетики для выживания человечества не вызывает ни у кого сомнений (а вопрос выживания человечества уже стоит).

Обратимся к рабочему листу и выполним задания № 1, № 2, № 3, № 4 (У Вас — 2 мин).

Слайд 8

Как развивалась генетика в нашей стране?

История генетики в нашей стране богата великими открытиями, настоящими прорывами в науке, а также великими учеными с мировой известностью.

Никола́й Константи́нович Колю́бов — русский биолог, основатель русской советской школы экспериментальной биологии, автор основополагающей идеи матричного синтеза хромосом.

Серге́й Серге́евич Четверико́в — русский и советский биолог, генетик-эволюционист, сделавший первые шаги в направлении синтеза менделевской генетики и эволюционной теории Чарльза Дарвина.

Александр Сергеевич Серебровский — советский биолог, один из основоположников генетики в СССР.

Слайд 9

Николай Иванович Вавилов (1887–1943).

Самое известное имя в нашей генетике. Российский генетик, географ, растениевод, мечтавший решить проблему голода во всем мире.

По значимости открытий имя Н.И. Вавилова стоит в одном ряду с Дмитрием Менделеевым, Карлом Линнеем, Чарльзом Дарвином.

Достижения.

Открыл закон гомологических рядов (о генетической близости родственных групп растений), учение о центрах происхождения культурных растений, теорию генотипического иммунитета растений.

Разработал ботанико-географические основы селекции.

Внедрил перспективные сорта пшеницы.

Продвигал растениеводство на Крайний Север и в зоны полупустынь.

Создал первую мировую коллекцию семян (первый генетический банк).

Основал масштабную сортоиспытательную сеть.

Слайд 10

К сожалению, Николай Иванович Вавилов стал жертвой предательства настоящего антигероя в истории советской генетики Трофима Денисовича Лысенко. Прикрываясь догмами марксизма, Т.Д. Лысенко вошел в доверие к руководству коммунистической партии, громил теорию генетики (в том числе учение Н.И. Вавилова и других ученых). По его доносу Николая Ивановича в 1940 г. отправили в тюрьму и приговорили к расстрелу. Привести приговор в исполнение не решились. Пугала мировая известность Вавилова.

В 1943 г. Вавилов умер в Саратовской тюрьме от голода, борьбе с которым посвятил всю свою жизнь.

В результате монополизма Лысенко и его сторонников в СССР в 30–40 годы были разгромлены научные школы в генетике, пострадали многие честные ученые, затормозилось развитие биологии, генетики и сельского хозяйства. И нам до сих пор приходится буквально догонять западную науку.

Слайд 11

А мировая генетика в этот момент продолжала интенсивно развиваться.

В 1933 году Нобелевская премия по медицине и физиологии присуждена Томасу Ханту Моргану за экспериментальное обоснование хромосомной теории наследственности, которая объяснила природу наследственных патологий человека, позволила экспериментально изменять наследственную информацию и стала началом современных методов генетических исследований. Грегор Мендель и Томас Хант Морган — биологи, которые стали корифеями и основателями генетики, и именно им должны быть благодарны все современные молекулярные биологи. Их интуитивно выбранные объекты исследований открыли двери в мир расшифровки генома, геной инженерии и трансгенной селекции.

Томас Хант Морган решает экспериментально проверить правоту Георга Менделя и на долгие годы становится «повелителем мух» — мушек дрозофил. Удачный выбор объекта для экспериментов сделал этих насекомых «священной коровой» всех генетиков на долгие столетия.

Морган гениально предвидел основы молекулярной генетики и открытие ДНК.

Слайд 12

Обратимся к рабочему листу и выполним задания № 5, № 6, № 7 (У Вас — 2 мин).

Слайд 13

В 1944 году вспомнили об открытии Фридриха Мишера. Другой медик, американский, Освальд Эвери (1877–1955) своими опытами наглядно доказал, что именно ДНК, а не белки являются носителями генетической информации.

В 1951 году еще одно великое открытие совершает Эрвин Чаргафф, профессор биохимии Колумбийского университета.

Знаменитое правило Чаргаффа звучит так:

В молекуле ДНК общее количество аденина равно количеству тимина, а гуанина — цитозину: $A = T$, $G = C$.

Это простое правило дало основу для расшифровки структуры ДНК. Первое правило генетической азбуки.

С этого момента началась настоящая гонка, сразу несколько лабораторий работали над «проблемой тысячелетия».

Кто выиграл эту гонку?

Слайд 14

В 1953 г. пространственную модель строения ДНК предложили Френсис Крик (1916–2004) и Джеймс Уотсон (1928). Согласно модели Крика-Уотсона, ДНК представляет двойную спираль, состоящую из двух цепей дезоксирибозофосфата, соединенных парами оснований аналогично ступенькам лестницы. Посредством водородных связей аденин связывается с тиминном, а гуанин — с цитозином. С помощью этой модели можно проследить репликацию самой ДНК.

В 1962 году Ф. Крик и Д. Уотсон получили Нобелевскую премию за данное открытие.

И в генетической азбуке появились слова и целые предложения.

Слайд 15

Ежегодно 25 апреля в разных странах мира отмечается необычный праздник — **Международный День ДНК (DNA Day)**. В этот день, в 1953 году, была опубликована статья об открытии ДНК. Ровно через 50 лет был завершён проект «Геном человека», о котором мы поговорим дальше.

Обратимся к рабочему листу и выполним задания № 8, № 9, № 10 (У Вас — 2 мин).

Слайд 16

А дальше генетика начала развиваться очень быстро. Люди, благодаря генетике, подошли к пониманию того, как устроена жизнь на Земле и что в основе жизни лежат те самые четыре буквы.

Перед Вами основные достижения в области генетики 2-ой половины XX века:

- 1953 — структурная модель ДНК;
- 1961 — расшифровка генетического кода;
- 1962 — первая замена ядра яйцеклетки на генетически помеченное ядро из соматической клетки взрослой лягушки («клонирование» лягушки);
- 1969 — химическим путем синтезирован первый ген;
- 1972 — рождение генной инженерии;
- 1977 — секвенирован первый ген человека;
- 1980 — получено первое модельное животное (мышь);
- 1988 — инициирован проект «Геном человека»;
- 1994 — первое трансгенное сельскохозяйственное растение;
- 1997 — клонировали овцу Долли;
- 1999 — клонировали корову и модельное животное (мышь);
- 2000 — прочитан геном человека.

Слайд 17

Остановимся чуть подробнее на проекте «Геном человека». Международный проект «Геном человека» был начат в 1988 г. под руководством Джеймса Уотсона под эгидой Национальной организации здравоохранения США.

В проекте были задействованы несколько тысяч ученых более чем из 20 стран. С 1989 г. в нем участвует и Россия. Все хромосомы человека поделены между странами-участницами, и России для исследования достались 3-, 13- и 19-я хромосомы.

Цели проекта:

- определение нуклеотидной последовательности генома человека;
- создание подробных карт генома;
- идентификация и характеристика всех генов;
- биологическая интерпретация информации, закодированной в ДНК.

Самые большие надежды ученые и общество возлагают на возможность применения результатов секвенирования генома человека для лечения генетических заболеваний. К настоящему времени в мире идентифицировано множество генов, ответственных за многие болезни человека, в том числе и такие серьезные, как болезнь Альцгеймера, муковисцидоз, мышечная дистрофия Дюшенна, хорья Гентингтона. Структуры этих генов полностью расшифрованы, а сами они клонированы.

Слайд 18

На сегодняшний день каждый год, каждый месяц ученые делают новые открытия в сфере генетики. Но все же мы еще стоим перед огромной книгой, которую читаем еще по слогам как маленькие дети. Сколько еще предстоит прочитать и понять, сложить в предложения, осознать полученную информацию и научиться с ней работать.

Поэтому молодому поколению в 21 веке предстоит очень серьезно поработать над развитием новой науки и совершить великие открытия.

Слайд 19

Открытия генетики: добро или зло?

Как вы считаете?

Сейчас в обществе, в прессе, в различных информационных источниках активно обсуждается данная проблема, причем часто звучит негативное отношение, аргументируемое просто, но ненаучно.

Например, а Вы слышали, что в капусту вставляют ген свиней? Большие кочаны есть нельзя, превратится непонятно во что. (Кстати, это полностью не соответствует научным фактам).

Попробуем рассмотреть проблему на следующих примерах.

Конечно, опасность в развитии генетических технологий существует. Самое страшное — это неоправданное вмешательство в геном человека. Уже сняты фантастические фильмы о страшных последствиях применения генетических технологий (например, художественный фильм «Химера»).

Давайте проведем параллель с ядерной энергией.

Это и страшное недопустимое ядерное оружие, использованное 75 лет назад США. Но это и атомные электростанции, без которых человечество уже не справится с энергетическими проблемами и которые при соблюдении всех правил эксплуатации безопасны и эффективны.

Вернемся к генетике. Никто, кроме самих генетиков и других ученых, не оценивает опасность использования генетических технологий серьезно и адекватно. Поэтому именно

ученые-генетики настояли на принятии «Конвенции о защите прав и достоинства человека в связи с применением достижений биологии и медицины», в которой запрещена модификация генома человека по причинам, не связанным со здоровьем (4 апреля 1997 г.). Имеется дополнительный протокол о запрещении клонирования человека (12 января 1998 г.).

Слайд 20

Обратимся к рабочему листу и выполним задания № 11, № 12, № 13 (У Вас — 2 мин).

Слайд 21

Где используются генетические технологии?

Медицина.

Медико-генетическое консультирование. Появилась возможность прогнозировать вероятность появления у будущего ребенка различных заболеваний.

Тяжелые наследственные болезни, которые передаются в любом случае, **для генетиков вызов. Сейчас они учатся лечить и такие болезни.**

Генная терапия — это новая и бурно развивающаяся область, ориентированная на исправление дефектов, вызванных мутациями в структуре ДНК.

Генная терапия на основе теломеразы становится одним из перспективных направлений, которые рождаются сейчас в терапевтической сфере радикального продления жизни и остановки старения.

Слайд 22

Разработка таких мощных инструментов для генной модификации, как CRISPR/Cas9 (Нобелевская премия 2020 года — американка Дженнифер Дудна и француженка Эмманюэль Шарпантье) предоставили человечеству возможность в ближайшем будущем с помощью генной модификации успешно устранять причины наследственных заболеваний и повысить устойчивость организма к старческим заболеваниям.

«В этом генетическом инструменте скрыта невероятная мощь, которая затронула всех нас. Он произвел революцию не только в фундаментальной науке, но и в сельском хозяйстве. Он может привести к новым сенсационным методикам лечения различных болезней», — подчеркнул важность премии глава Нобелевского комитета по химии Клас Густафссон.

Слайд 23

Безопасность.

В 1984 году британский ученый Алек Джеффрис разработал и представил метод идентификации личности человека с использованием его генетического материала. В дальнейшем этот подход получил название ДНК-дактилоскопии (или ДНК-идентификации), завоевав любовь и уважение у криминалистов всего мира.

Этот метод используется и при опознании жертв преступлений, и при опознании преступников по биологическим следам.

До 80 % тяжких преступлений в России — повторные! Соответственно, создание генетической базы особо опасных преступников имеет огромное значение.

Слайд 24

Сельское хозяйство

Генетика — это научная основа селекции, в настоящий момент в данной области наблюдается прорыв. Благодаря достижениям геномной инженерии, появились сорта растений, устойчивые к вредителям и холоду, быстрорастущие и высокопродуктивные.

Да, конечно, слово ГМО пугает. Но отметим, создатели трансгенных объектов сами очень осторожны и настаивают на жестком регулировании. С другой стороны, боязнь ГМО происходит из-за недостаточной генетической грамотности населения и ненаучных фейков Интернета. Кстати, трансгенные продукты появились 40 лет назад. И за это достаточно длительное время доказанных фактов негативного воздействия не появилось, только предположения.

Кстати, в результате столь сильного негатива по отношению к геномной инженерии мы значительно отстали от других стран в плане семеноводства. Нам надо интенсивно включаться в работу над этим направлением.

Слайд 25

Экология

Проблема сохранения биоразнообразия.

По мнению многих исследователей, начинается шестое глобальное вымирание. Согласно данным Международного союза охраны природы, 27 % видов живых организмов находятся под угрозой вымирания, в том числе 40 % амфибий, 33 % коралловых полипов, 25 % млекопитающих. Результаты международной программы ООН «Оценка экосистем на пороге тысячелетия» показали, что каждый день исчезает до 24 видов. По прогнозам, в ближайшее время темпы вымирания могут вырасти в 1000 раз.

Современные генетические технологии уже играют важную роль в охране биоразнообразия. Как?

Уже есть положительные примеры по спасению крайне малочисленных популяций с использованием генетических технологий. Например, красноногий ибис, флоридская пума.

Слайд 26

Другой пример — спасение американского каштана. Американский каштан почти вымер из-за патогенного грибка, который был занесен на родину каштанов. Классическая селекция — слишком медленный способ, так каштан не успели бы спасти. Исследователям удалось «привить» каштанам устойчивость к данному виду грибка с помощью внедрения гена из пшеницы. Работа по спасению каштана продолжается. Высажены первые 10 деревьев с внедренными генами, которые, по мнению исследователей, должны защитить деревья от патогена, безжалостно уничтожающего растения.

Помочь решить проблему сохранения редких видов призваны банки ДНК. Оцифровка геномов, как говорят генетики, позволит спасти вымирающие виды. Мы сможем воспроизвести их.

Слайд 27

Палеогенетика.

Благодаря генетическим технологиям, мы открываем историю Земли заново. Система живого мира сейчас буквально переписывается, обновляется благодаря генетическим технологиям и прочтению геномов растений и животных. Сколько новых открытий совершили антропологи, благодаря изучению геномов древних людей.

Слайд 28

Генетические технологии находят применение и в археологии. Например, история фараонов. Доказано родство (или неродство) внутри семей фараонов, определены генетические болезни. То есть получено много интересных факторов, которые позволили посмотреть на жизнь фараонов по-другому.

И это еще не все!

Слайд 29

Как вы видите, генетика стала настоящей прикладной наукой, которая работает сразу во многих областях человеческой деятельности. Много новых направлений появилось только в последние годы. Поэтому Вы действительно можете стать первопроходцами в сфере генетики.

«Важная, а по сути стратегическая задача — вдохновить подрастающее поколение стать первопроходцами в сфере генетики».

Поручение Президента Российской Федерации В.В. Путина Правительству Российской Федерации от 06 июля 2020 года по развитию отечественной генетики.

Как же работают генетики? Например, основная операция в генетических технологиях — выделение и расшифровка ДНК. Приглашаю вас на виртуальную экскурсию в генетическую лабораторию.

Просмотр видеоролика.

Обратимся к рабочему листу и выполним задания № 14, № 15.

Слайд 30

Кем Вы сможете работать, если выберете профессию генетика?

- Лаборант-исследователь

(Самая распространенная работа в сфере генетических технологий, особенно для начинающих генетиков, и самые великие исследования совершались руками лаборантов — исследователей).

- Ученый-генетик

(Научные сотрудники систематизируют результаты экспериментов, анализируют, делают выводы и оформляют научные статьи и открытия).

- Генный инженер

(Задача генной инженерии — получение организма (растения или животного) с желаемыми качествами. Генный инженер непосредственно вмешивается в генетический

аппарат. Генетическая инженерия является не столько наукой, сколько инструментом биотехнологии).

- **Врач-генетик**

(Занимается вопросами прогнозирования возможности иметь детей у конкретной семейной пары; выявлением наследственной предрасположенности к определенной болезни и степени вероятной передачи ее от родителей к детям и многое другое).

- **Биоинформатик**

(Биоинформатика находится на стыке медицины, биологии, генетики, прикладной математики, информатики. Биоинформатики решают такие глобальные задачи, как разработка, планирование, внедрение математических методов, алгоритмов, программ, используемых для анализа медицинской и биологической информации).

Области исследования обширные, а биоинформатика обладает огромным потенциалом. Международный рынок труда уже испытывает дефицит биоинформатиков, ведь в них заинтересованы и фармакологические, и IT-компании.

Обратимся к рабочему листу и выполним задание № 16.

Слайд 31

«По масштабу задач, прорыву, значению для страны программа развития генетических технологий сопоставима с атомными и космическими проектами XX века» (В.В. Путин, совещание по развитию генетических технологий в РФ).

Выход нашей страны в космос, прорыв в области ядерной энергетики обеспечили нашей стране суверенитет на многие годы. В настоящий момент перед нашей страной стоит задача совершить прорыв в области генетических технологий, которые могут, с одной стороны, очень помочь нашей стране, но с другой — защитить нас от различных опасностей.

Слайд 32

Где учат на генетика?

В настоящее время в России представлено множество высших учебных учреждений, которые готовят генетиков. Назовем самые престижные университеты:

- Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова;
- Первый Московский государственный университет имени И.М. Сеченова;
- Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова;
- Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет);
- Санкт-Петербургский университет.

Многие региональные вузы дают хорошую подготовку для генетиков. Информацию о вузах необходимо узнать самостоятельно, тем более что информации более чем достаточно.

Обязательно сдаем ЕГЭ по химии и биологии.

Серьезное изучение данных предметов в школе, выполнение исследовательских и проектных работ по соответствующим темам обязательно поможет Вам в дальнейшем.

На что еще стоит обратить внимание?

Информатика и математика.

В современной науке уже без этого уже не обойтись.

Обязательно — хорошее владение английским языком!

Будьте готовым к постоянному самообразованию. Открытия в генетике делаются постоянно. Знания, полученные в учебном заведении, не то чтобы быстро устаревают, они становятся базой для новых открытий.

Слайд 33

Генетика — это действительно профессия будущего. Если Вы заинтересовались, то обязательно начинайте готовиться уже сейчас. Занимайтесь самообразованием и много читайте — есть много интересных сайтов в Интернете (список на экране). Стоит пойти на занятия в учреждения дополнительного образования — например, технопарки «Кванториум». Во многих есть биоквантумы. Обратите внимание на Экостанции, Дома научной коллаборации. И конечно, образовательный центр «Сириус» в Сочи.

Слайд 34

Где можно работать после получения образования?

Генетики могут работать в следующих учреждениях:

- Научно-исследовательские центры, институты и ВУЗы.
- Селекционные центры.
- Фармацевтические компании.
- Медико-биологические лаборатории.
- Центры криминалистики.
- Центры медицинской генетики.

Слайд 35

Обратимся к рабочему листу.

Последнее задание в рабочем листе:

Каков Ваш взгляд на генетику как науку?

Сформулируйте 3–5 предложений на тему «Я и генетика».

Оцените Ваши ответы на задания, используя лист самооценки. По количеству баллов можно сделать примерный вывод о Вашей предрасположенности к профессиям, связанным с генетическими технологиями.

Обратите внимание на список литературы и информационных источников, Если Вас заинтересовала тема нашего урока, обязательно возьмите список.

И закончим занятие замечательной цитатой:

«Есть 2 трека развития в генетике: в сторону Нобелевской премии, в сторону исследований, но также есть трек развития предпринимательства и попадания в список Форбс — и эти направления зависят от тех знаний, тех умений, которые люди приобретают в ходе сквозного обучения в рамках генетики и связанных с ней дисциплин», — Алексей Алексеевич

Заварзин, заместитель директора Федерального исследовательского центра Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова

Ваше будущее в ваших руках.

Вы делаете свой выбор самостоятельно.

Но от Вашего выбора зависит процветание нашей страны.

Домашнее задание:

Расскажите о вашем региональном высшем учебном заведении, в котором готовят генетиков. В чем приоритеты в подготовке специалистов, где могут работать выпускники? Разместите Ваш рассказ в социальных сетях под хэштегом #УрокГенетики.

Список литературы:

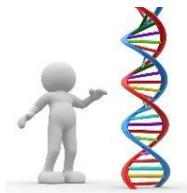
1. Федеральная научно-техническая программа развития генетических технологий на 2019–2027 годы // Утверждена Постановлением Правительства Российской Федерации от 22 апреля 2019 г. № 479.
2. Докинз Р. Эгоистичный ген / Ричард Докинз; пер. с англ. Н. Фоминой. — М.: АСТ: CORPUS, 2013. — 509 с.
3. Левитин В. Удивительная генетика / Вадим Левитин — М.: ЭНАС-КНИГА, 2013 — 256 с.
4. Панчин А. Сумма биотехнологии. Руководство по борьбе с мифами о генетической модификации растений, животных и людей / Александр Панчин. — М.: Издательство АСТ: CORPUS, 2016. — 432 с.
5. Пассарг Э. Наглядная генетика / Э. Пассарг; пер. с англ. под ред. д-ра биол. наук Д.В. Ребрикова. — М.: Лаборатория знаний, 2020. — 508 с.
6. Ридли М. Геном: автобиография вида в 23 главах / Метт Ридли [Пер. с англ. О.Н. Рева.] — М.: Издательство Бомбора, 2017. — 432 с.
7. Уотсон Дж. ДНК. История Генетической Революции / Джеймс Уотсон [Пер. с англ. А. Пасечника.] — М.: Питер, 2019. — 512 с.
8. Стенограмма совещания Путина о развитии генетических технологий в России [Электронный ресурс] // Президент России (president.org) — URL: <http://prezident.org/tekst/stenogramma-soveschaniya-putina-o-razviti-geneticheskikh-tehnologii-v-rossii-14-05-2020.html>.
9. Генетика [Электронный ресурс] // Биомолекула(biomolecula.ru) — URL: <https://biomolecula.ru/themes/genetika>.

Приложение 1

Рабочий лист к Всероссийскому уроку генетики

«Генетика: история и будущее»

Фамилия, имя _____ Класс _____



**Генетика — наука, способная
в буквальном смысле сделать нас
лучше и изменить мир вокруг**

*В.В. Путин, совещание
по развитию генетических технологий в РФ*

1) Генетика — это наука о

_____.

2) Какого великого монаха считают отцом генетики?

_____.

3) Перечислите первые буквы в Генетической азбуке:

_____.



4) Выберите даты:

- Термин «генетика» предложен английским ученым У. Бэтсоном в _____ г.
- Термин «ген» предложен датским ученым В. Иогансеном в _____ г.
- Официальная дата рождения генетики как науки — _____ г.

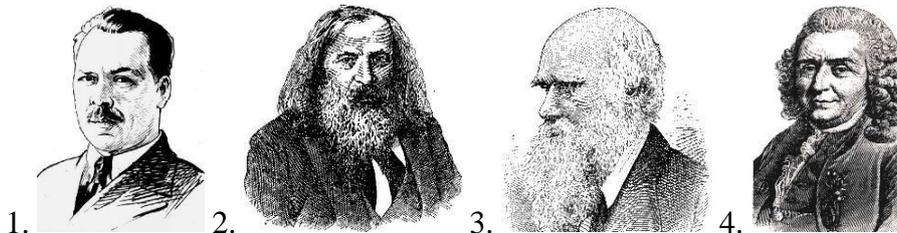
5)



Жизнь коротка, надо спешить.

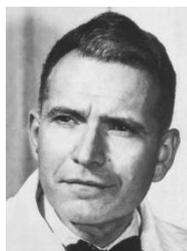
Кому принадлежит данная фраза? _____

Портрет данного ученого вы можете видеть ниже:



б) Узнали ли Вы других ученых? Почему они объединены в один ряд?

7) Как звали этого ученого? Почему его называют «повелителем мух»? Почему открытие этого ученого сопоставимо с открытиями Менделя?



8) Эрвин Чаргафф в 1951 году открывает первое правило генетической азбуки, которое дало основу для расшифровки структуры ДНК. Укажите любую формулировку.

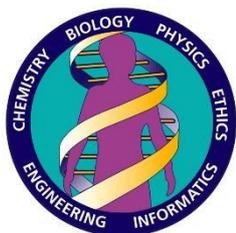
9) Эти ученые смогли решить «проблему тысячелетия» и построить структуру «самой главной молекулы».

Назовите этих ученых и ту самую молекулу?



10) Какие слова и предложения человечество научилось читать благодаря этому открытию?

11) Цели проекта «Геном человека»:



- определение нуклеотидной последовательности генома человека;
- создание подробных карт генома;
- идентификация и характеристика всех генов;
- биологическая интерпретация информации, закодированной в ДНК.

Какие возможности открывает расшифровка генома человека?

12) Прочитайте цитату:

«Природоподобные технологии, давая человечеству шанс избежать ресурсного коллапса, определяют вместе с тем принципиально новые глобальные угрозы и вызовы.

Эти угрозы связаны с самим характером природоподобных технологий, построенных на возможности технологического воспроизведения систем и процессов живой природы.

Эта возможность открывает перспективу целенаправленного вмешательства в жизнедеятельность природных объектов, прежде всего, человека и впервые в истории, в процесс его эволюции».



М.В. Ковальчук, президент НИЦ «Курчатовский институт»

Какую главную угрозу, с точки зрения автора цитаты, могут создать природоподобные технологии?

13) Когда была принята «Конвенция о защите прав и достоинства человека в связи с применением достижений биологии и медицины»?

14) Вставьте в блок-схему области применения генетических технологий.



15) Мы с вами побывали на виртуальной экскурсии в лаборатории генетических технологий. Давайте вспомним, с какими этапами генетического исследования мы познакомились. Выберите из предложенного списка термины и разместите под соответствующей схемой.

Секвенирование, ПЦР (полимеразная цепная реакция), электрофорез

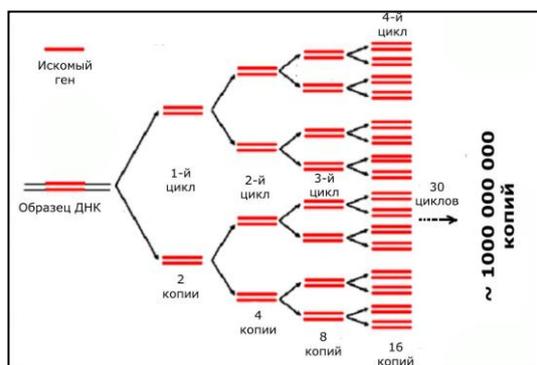


Рисунок 1

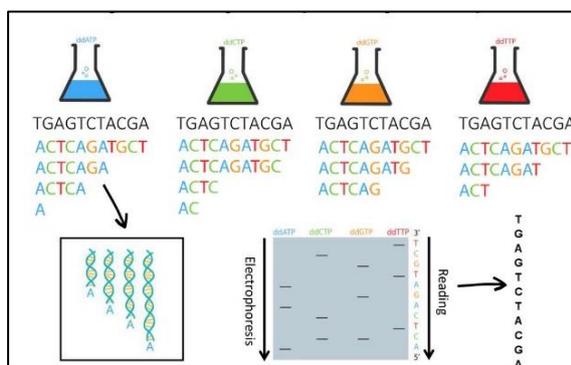


Рисунок 2

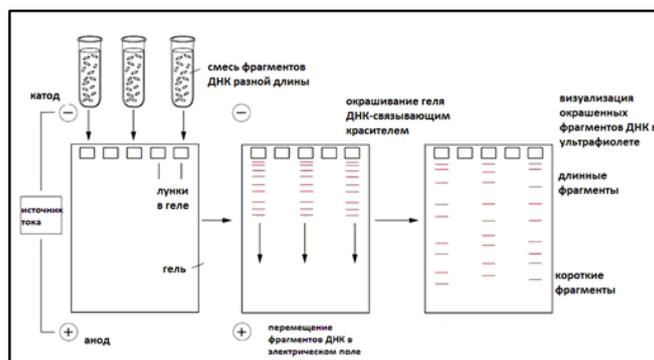


Рисунок 3

16) Профессии, связанные с генетикой. Установите соответствие между профессией и обязанностями.

Профессии	Обязанности
А. Лаборант-исследователь	1. Анализ экспериментальных медико-биологических данных, разработка и применение на практике вычислительных методов в области молекулярной биологии
Б. Врач-генетик	2. Организация научных исследований, сложных экспериментов и наблюдений. Обработка, анализ и обобщение научной информации, результатов экспериментов и наблюдений
В. Биоинформатик	3. Видоизменение структуры живых организмов на генном уровне, получение видов растений, животных и прочих живых организмов с измененным набором генов
Г. Ученый-генетик	4. Диагностика, лечение и предупреждение наследственных заболеваний, выявление степени вероятности передачи болезни от родителей к детям
Д. Генный инженер	5. Выполнение лабораторных анализов, испытаний, измерений, участие в выполнении экспериментов, проведение наблюдений, подготовка оборудования и реактивов

А	Б	В	Г	Д

Рефлексия:

Напишите 3–5 предложений на тему «Я и генетика».

**Лист самооценки
к рабочему листу № 1 к Всероссийскому уроку генетики
«Генетика: история и будущее»**

№	Ответ	Баллы
1	Генетика — это наука о наследственности и изменчивости организмов	1
2	Грегор Иоганн Мендель	1
3	А, Т, Г, Ц, У	5
4	Термин «генетика» предложен У. Бэтсоном в 1906 г. Термин «ген» предложен В. Иогансеном в 1909 г. Официальная дата рождения генетики — 1900 г.	3
5	Николай Иванович Вавилов	2
6	Чарльз Дарвин, Карл Линней, Дмитрий Менделеев Открытия Н.И. Вавилова сопоставимы с открытиями этих великих ученых	5
7	Томас Хант Морган За удачный выбор экспериментального объекта — мушек дрозофил	3
8	$N(A) = N(T)$, $N(Ц) = N(Г)$ или количество аденина равно количеству тимина, а гуанина — цитозину: $A = T$, $G = C$	2
9	Френсис Крик и Джеймс Уотсон ДНК (дезоксирибонуклеиновая кислота)	3
10	Гены, хромосомы и геномы	3
11	В том числе лечение генетических заболеваний	2
12	Вмешательство в процесс эволюции человека (допустимы другие формулировки)	2
13	4 апреля 1997 г.	2
14	Медицина, безопасность, сельское хозяйство, экология, происхождение человека, палеонтология и археология	5
15	Рисунок 1 — ПЦР Рисунок 2 — секвенирование Рисунок 3 — электрофорез	6
16	А — 5; Б — 4; В — 1; Г — 2; Д — 3	5
	ИТОГО	50

Подведем итоги:

1. Если Вы набрали от 40 до 50 баллов, то Вам стоит задуматься о профессии, связанной с генетическими технологиями. Стоит задуматься о выборе высшего учебного заведения и начать подготовку в соответствующем направлении. Рекомендуем записаться в дополнительные образовательные учреждения для углубленного изучения данной тематики.

2. Если Вы набрали менее 40 баллов, то для Вас список научно-популярных книг и информационных источников, посвященных генетике. Обязательно почитайте, генетика — эта наука будущего!

Список литературы для чтения:

1. Докинз Р. Эгоистичный ген / Ричард Докинз; пер. с англ. Н. Фоминой. — М.: АСТ: CORPUS, 2013. — 509 с.
2. Левитин В. Удивительная генетика / Вадим Левитин — М.: ЭНАС-КНИГА, 2013 — 256 с.
3. Панчин А. Сумма биотехнологии. Руководство по борьбе с мифами о генетической модификации растений, животных и людей / Александр Панчин. — М.: Издательство АСТ: CORPUS, 2016. — 432 с.
4. Пассарг Э. Наглядная генетика / Э. Пассарг; пер. с англ. под ред. д-ра биол. наук Д.В. Ребрикова. — М.: Лаборатория знаний, 2020. — 508 с.

5. Ридли М. Геном: автобиография вида в 23 главах / Метт Ридли [Пер. с англ. О.Н. Рева.] — М.: Издательство Бомбора, 2017. — 432 с.
6. Уотсон Дж. ДНК. История Генетической Революции / Джеймс Уотсон [Пер. с англ. А. Пасечника.] — М.: Питер, 2019. — 512 с.
7. Шляхов А.Л. Генетика для начинающих / А.Л. Шляхов — М.: Издательство АСТ, 2019. — 320 с.

Список информационных источников:

8. Генетика [Электронный ресурс] // Биомолекула (biomolecula.ru) — URL: <https://biomolecula.ru/themes/genetika>.
9. Элементы [Электронный ресурс] // Элементы (elementy.ru) — URL: <https://elementy.ru/>.
10. Информационный портал о генетике [Электронный ресурс] // Genetics-info — URL: <https://genetics-info.ru/>.
11. Новости по генетике [Электронный ресурс] // Генетика (genetiki.ru) — URL: <http://genetiku.ru/>.
12. Современные представления о гене и возможностях генетики [Электронный ресурс] // Популярно о генетике (populargenetik.ru) — URL: <http://populargenetik.ru/>.

Приложение 3

Всероссийский урок «Генетика: история и будущее»

ГЕНЕТИКА – увлекательная и захватывающая область знаний, которая определяет наше будущее. РАЗДВИГАЕТ ГРАНИЦЫ РЕАЛЬНОГО И ОТКРЫВАЕТ ГЛАЗА НА ЧУДЕСА ЖИЗНИ.

Клаудиа Эберхард-Метцгер,
АВТОР КНИГ О ГЕНЕТИКЕ.

ГЕНЕТИКА – это наука о наследственности и изменчивости организмов.

- Название «генетика» образовано от греческого – «возникновение, зарождение, первоисточник, первоначало»
- Слово «ген» переводится как «род».



Отец генетики – монах Грегор Иоанн Мендель (1822 – 1884).



Модельный объект – горох

Достижения Грегора Менделя

- Научные принципы описания и исследования гибридов и их потомства.
- Алгебраическая система символов и обозначений признаков.
- Основные законы наследования признаков в ряду поколений.
- Идея существования задатков наследственных признаков (или генов, как их стали называть в будущем).



Открытие ДНК



Фридрих Мишер



Рождение генетики

1900 г. – переоткрытие закономерностей наследования по Менделю



Карл Эрих Корренс



Эрих Чермак-Зейзенег



Хуго де Фриз

Альбрехт Коссель



Вильгельм Бэтсон

1906 г. – термин «Генетика»



Вильгельм Иогансен

1909 г. – Термины «Ген», «Генотип», «Фенотип», «Аллель»

С этого момента генетика становится и остается одной из важнейших наук

Выполним задания №1, №2, №3 и №4 на рабочем листе



Советские генетики



Николай Васильевич Кольцов



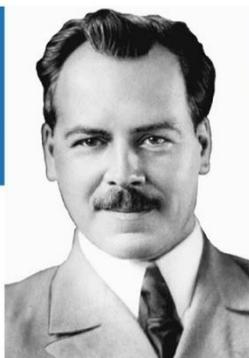
Сергей Сергеевич Четвериков



Александр Сергеевич Серебровский

Николай Иванович Вавилов (1887 – 1943)

- Открыл закон гомологических рядов, учение о центрах происхождения культурных растений, теорию генотипического иммунитета растений.
- Разработал ботанико-географические основы селекции.
- Ввездил перспективные сорта пшеницы.
- Продвигал растениеводство на Крайний Север и в зоны полупустынь.
- Создал первую мировую коллекцию семян (первый генетический банк).
- Основал масштабную сортоиспытательную сеть.



Гонения на генетику в СССР



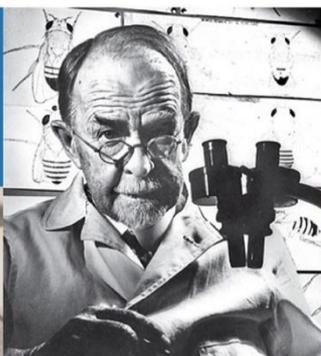
Николай Иванович Вавилов



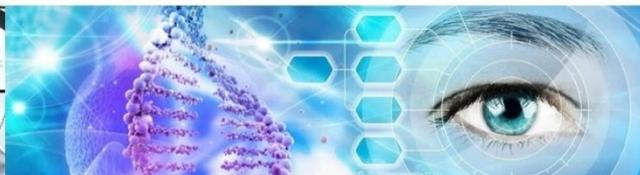
Трофим Денисович Лысенко

Томас Хант Морган

1933 г. – Нобелевская премия за экспериментальное обоснование хромосомной теории наследственности



Обратимся к рабочему листу и выполним задания № 5, № 6, № 7.



Проблема тысячелетия



Освальд Эвери



A = T Ц = Г



Эрвин Чаргафф

Френсис Крик и Джеймс Уотсон

1953 г. –
Нобелевская премия
за исследование структуры
нуклеиновых кислот



Обратимся к рабочему листу
и выполним задания № 8, № 9, № 10.



25
АПРЕЛЯ

МЕЖДУНАРОДНЫЙ
ДЕНЬ ДНК

Основные достижения 2-ой половины XX века:

- 1953 – структурная модель ДНК
- 1961 – расшифровка генетического кода
- 1962 – первая замена ядра яйцеклетки на генетически помеченное ядро из соматической клетки взрослой лягушки («клонирование» лягушки)
- 1969 – химическим путем синтезирован первый ген
- 1972 – рождение ганной инженерии
- 1977 – секвенирован первый ген человека
- 1980 – получено первое модельное животное (мышь)
- 1988 – инициирован проект «Геном человека»
- 1994 – первое трансгенное сельскохозяйственное растение
- 1997 – клонировали овец Долли
- 1999 – клонировали корову и модельное животное (мышь)
- 2000 – прочитан геном человека



Проект «Геном человека»

Цели проекта:

- определения нуклеотидной последовательности генома человека;
- создания подробных карт генома;
- идентификации и характеристики всех генов;
- биологическая интерпретация информации, закодированной в ДНК.



Открытия генетики: добро или зло?

Конвенция о защите прав и достоинства человека в связи с применением достижений биологии и медицины – 4 апреля 1997 г.



**Обратимся к рабочему листу
и выполним задания № 11, № 12, № 13.**



Генетические технологии в МЕДИЦИНЕ

- Медико-генетическое консультирование – прогнозирование рождения детей с наследственными патологиями.
- Генная терапия – это изменение свойств организма путем редактирования генома.




2020 г. – Нобелевская премия за развитие метода редактирование генома.

В этом генетическом инструменте скрыта невероятная мощь, которая затронула всех нас. Он произвел революцию не только в фундаментальной науке, но и в сельском хозяйстве. Он может привести к новым сенсационным методам лечения различных болезней.

Глава Нобелевского комитета по химии Клас Густафссон.



Дженнифер Дудна и Эмманюэль Шарпантье



Генетические технологии в безопасности



ДНК-ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЛИЧНОСТИ



Генетические технологии в сельском хозяйстве





Решение проблемы сохранения биоразнообразия с помощью генетических технологий



IUCN
Международный союз охраны природы

Решение проблемы сохранения биоразнообразия с помощью генетических технологий






Палеогенетика



Археология



Просмотр видеоролика

Обратимся к рабочему листу и выполним задания № 14, № 15.



Важная, а по сути стратегическая задача – вдохновить подрастающее поколение стать первопроходцами в сфере генетики.

Поручение Президента Российской Федерации В. В. Путина Правительству Российской Федерации от 06 июня 2020 года по развитию отечественной генетики

<http://genetika.fedot.ru/wp-content/uploads/genetika/video/putin.mp4>

Профессии для генетиков сегодня

- Лаборант – исследователь
- Ученый – генетик
- Гениый инженер
- Врач – генетик
- Биоинформатик

Обратимся к рабочему листу и выполним задание № 16



Федеральная научно-техническая программа развития генетических технологий на 2019 – 2027 годы.



Стратегические направления развития генетических технологий в РФ:

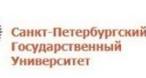
- биобезопасность,
- сельское хозяйство,
- промышленность,
- медицина.



По масштабу задач, прорыву, значению для страны программа развития генетических технологий, думаю, сопоставима с атомными и космическими проектами XX века.
В.В. Путин, совещание по развитию генетических технологий в РФ.

Получение Президента Российской Федерации В. В. Путина Правительству Российской Федерации от 06 июня 2020 года по развитию отечественной генетики

Я б в генетики пошёл, пусть меня научат!



Занимайтесь самообразованием!

Интересные сайты о генетике (и не только):

- Биомолекула
- Элементы
- Информационный портал о генетике
- Генетика
- Популярно о генетике



Генетики могут работать в следующих учреждениях:

- Научно-исследовательские центры, институты и ВУЗы
- Селекционные центры
- Фармацевтические компании
- Медико-биологические лаборатории
- Центры криминалистики
- Центры медицинской генетики

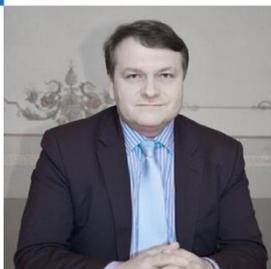


Есть 2 трека развития в генетике:

В сторону Нобелевской премии, в сторону исследований, но также есть трек развития предпринимательства и попадания в список Форбс – и эти направления зависят от тех знаний, тех умений, которые люди приобретают в ходе сквозного обучения в рамках генетики и связанных с ней дисциплин.

Журнал «Юннатский вестник», выпуск № 2, апрель 2021 г.

Алексей Алексеевич Заварин,
 заместитель директора
 Федерального исследовательского центра
 Всероссийского института
 генетических ресурсов растений
 им. Н. И. Вавилова



Урок «Генетика растений и продовольственная безопасность»

Цель урока — создание условий формирования устойчивого познавательного интереса и мотивации к изучению генетики растений и осознанного выбора будущей профессии, связанной с генетическими технологиями в селекции.

Задачи урока:

- расширение представлений о генетике и селекции растений, об использовании современных методов генетических технологий;
- воспитание патриотизма на примере жизни Н.И. Вавилова и его вклада в мировую науку;
- формирование устойчивой мотивации к овладению генетическими технологиями в генетике растений.

Форма проведения урока:

Урок построен в лекционной форме, что соответствует рекомендуемому возрасту. В ходе урока предусмотрен просмотр видеоролика, выполнение дидактических упражнений и домашнего задания.

Необходимое оборудование и материалы:

- проектор и экран, компьютер, ноутбук либо интерактивная доска для демонстрации презентации ([Приложение 3](#));
- презентации в MicrosoftPowerPoint;
- фотоаппарат или телефон с фотокамерой, чтобы сделать фотографии для отчета.

Список приложений:

[Приложение 1](#). Рабочий лист для обучающихся.

[Приложение 2](#). Лист самооценки.

План урока:

Продолжительность урока — 45 минут. Урок состоит из 4-х взаимосвязанных блоков.

В первой части урока учащиеся под руководством учителя рассматривают понятие «продовольственная безопасность», актуализируют знания о селекции, формируют представление о генетике как о базовой основе селекции.

Слайд 1–10. Рекомендуемое время — 10 мин.

Во второй части урока учащиеся знакомятся с жизненным и научным подвигом Н.И. Вавилова, узнают об истории создания коллекции растений и о научных учреждениях, связанных с именем Н.И. Вавилова.

Слайд 11–18. Рекомендуемое время — 10 мин.

В третьей части урока особое внимание уделяется методам работы генетиков — селекционеров, в том числе современным.

Слайд 19–28. Рекомендуемое время — 13 мин.

В четвертой части подводится итог урока. Рассматриваются перспективы и значение развития генетических технологий в области генетики и селекции растений в нашей стране. Обсуждается домашнее задание.

Слайд 29–32. Рекомендуемое время — 12 мин.

Подстрочный текст учителя для демонстрации слайдов презентации.

Слайд 1. Титульный

*Мы не можем ждать милостей от природы.
Взять их у неё — наша задача. Человек может и
должен создавать новые формы растений лучше
природы*

Иван Владимирович Мичурин

Здравствуйте!

Сегодня мы с Вами примем участие во втором Всероссийском уроке генетики.

Обратите внимание, перед Вами на столе лежат рабочие листы, к которым мы будем периодически обращаться и выполнять определенные задания. В конце занятия вы сможете проверить правильность их выполнения в листе самооценки.

Сегодня мы с вами поговорим о селекции и генетике растений.

Мы прекрасно понимаем, что человек зависит от растений. Растения дают человеку все, что нужно для жизни человека, в том числе и пищу. Но население планеты растет стремительно. Более 800 млн людей на планете уже голодают. И **продовольственная безопасность** — элемент национальной безопасности каждого государства. Помочь решить проблему продовольственной безопасности может новый подход по отношению к селекции растений.

Уточним понятие.

Селекция — наука о методах создания новых и улучшения существующих пород животных, сортов растений и штаммов микроорганизмов.

Слайд 2

Погрузимся в древнюю историю человечества. Древние люди собирали плоды, злаки и корешки. При этом чаще они питались все-таки мясом, поэтому постоянно кочевали.

Древнее человечество стало увеличиваться, и постепенно стада древних животных стали сокращаться. Люди стали переходить к оседлому образу жизни. Как, каким образом люди стали заниматься сельским хозяйством? Наверное, очень умные люди заметили, что проросли семена съедобных растений рядом с пещерой. Может быть, кто-то подмел пещеру и выбросил мусор? Мы никогда не узнаем имя человека, кто первым целенаправленно посадил растения и стал за ними ухаживать, но с именно с этого момента началась история сельского хозяйства. И именно момент переноса растения из дикой среды на обработанную землю и стал началом спонтанной и неосознанной селекции растений. Дата появления селекции, по археологическим находкам, примерно 10 тысяч лет назад (но, скорее всего, намного раньше).

Сперва человек сажал и ждал, иногда напрасно, ведь растения — создания привередливые, а потом взял дело в свои руки, выбрал самые здоровые, сильные, пригодные в пищу (вкусные) побеги и стал планомерно их выращивать, со временем приспособивая в соответствии со своими нуждами.

И благодаря этому естественный отбор, формировавший ранее облик дикого предка культурного растения, под влиянием деятельности человека пошел другим путем. Именно тогда началось формирование привычного нам облика культурных растений.

Слайд 3

Посмотрим, как выглядели предки самых распространенных культурных растений.

На слайде — теосинте.

Как вы думаете, какое культурное растение выведено на основе этого дикого предка?

Слайд 4

Кукуруза, самое древнее культурное растение, сохранившее свое значение для мировой цивилизации и сейчас.

Похожи? Кстати, родство теосинте и современной кукурузы пришлось доказывать генетикам.

В початке теосинте содержится всего 9–12 зерен, которые упакованы очень прочной оболочкой, к тому же они выпадают из нее после достижения зрелости, что очень сильно мешает сбору урожая. Раньше початки были значительно меньше, соответственно урожай был намного ниже. Селекция кукурузы началась 10 тысяч лет назад. И уже пять тысяч лет назад у людей на территории современной Мексики была почти современная кукуруза.

Слайд 5

Еще один предок известнейшего культурного растения.

Угадали? Капуста. *(По щелчку).*

Дикорастущая капуста вполне съедобна и имеет вкус, напоминающий обычные культурные сорта белокочанной капусты. Правда, листья этой капусты более жёсткие и, конечно, не образуют кочанов.

Капусту начали выращивать в Южной Европе более 4 тысяч лет назад. Древние греки и римляне очень любили капусту и считали, что она лечит от многих болезней. Издревле выращивали капусту и славяне, у которых она была одной из главных овощных культур.

Слайд 6

Большая часть известных сортов капусты возникла еще в 19 веке.

Какие же методы использовали первые селекционеры?

Конечно, искусственный отбор.

Как же из листовой капусты получили кочанную?

Нашли растения с соответствующими мутациями.

Мутация — стойкое изменение генома. Термин предложен Гуго де Фризом в 1901 году. Процесс возникновения мутаций получил название **мутагенеза**.

В природе спонтанные мутации в ДНК растений происходят постоянно, например, из-за солнечного излучения. Раньше, когда такие мутации приводили к появлению новых растений с видимыми положительными отличиями, людям оставалось проводить наблюдения и выбирать нужные образцы для последующего выращивания и отбора. Большое разнообразие овощей семейства крестоцветных, которое мы наблюдаем сегодня, является прекрасным примером этого процесса. Так, цветная капуста, белокочанная и брокколи происходят от одного общего предка.

Слайд 7

Выполним задания в рабочем листе № 1, № 2.

Слайд 8

В 18–19 веках человечество добивается больших успехов в селекции. Появляется огромное количество сортов, появляются крупные семеноводческие предприятия.

И развивается еще один метод — скрещивание (гибридизация).

Гибридизация — процесс получения гибридов. Выделяют близкородственную гибридизацию и неродственную.

Иозеф Готлиб Кёльрейтер, почетный член Санкт-Петербургской Академии наук, в период с 1755 по 1806 гг. в широких масштабах проводил скрещивания, учитывал значение межвидовой гибридизации и возможность использования эффекта, который мы теперь называем гетерозисом.

Что такое гетерозис?

Гибридная сила, явление увеличения урожайности и других показателей у гибридов F1, активно используется в семеноводстве и в настоящий момент.

Слайд 9

Исключительных практических результатов достиг выдающийся американский селекционер второй половины 19 века Лютер Бербанк. Применяя метод гибридизации, умело пользуясь многократным отбором, он создал много ценных сортов плодовых, овощных и декоративных культур (1260 сортов).

В России во второй половине 19 века работал огородник из Петербурга Ефим Андреевич Грачев, который на выставках овощных культур и картофеля получил 60 медалей, 10 из которых золотые, а в 1877 году он был избран членом Парижской академии сельского хозяйства, промышленности и торговли.

Великий русский биолог и селекционер И.В. Мичурин занимался плодовыми культурами. Успешно применял целый ряд новых оригинальных методов. Большое значение для теории и практики селекции растений имели его работы по гибридизации географически отдаленных форм. И.В. Мичурин за свою жизнь создал более 300 сортов различных культурных растений.

Все вышеперечисленные ученые стояли на пороге научной селекции, но фундамент заложили два крупнейших открытия в области биологических дисциплин 19 века, которые изменили мир в целом. *Какие?*

Слайд 10

Первое открытие совершил Чарльз Дарвин.

В 1868 году в книге «Изменение животных и растений в домашнем состоянии» Дарвин подводит итог практической селекции, проанализировав и объяснив успехи селекционеров 19 века.

Дарвин показал, что на основе наследственной изменчивости человек путем отбора, сохранения и размножения полезных для него организмов, т. е. искусственного отбора, создал многочисленные сорта культурных растений.

Слайд 11

Решающее значение для формирования научной селекции сыграло переоткрытие в 1900 году законов наследственности, сформулированных Г. Менделем, и возникновение новой науки — генетики. Менделевские законы легли в основу дальнейшего развития селекции во всей её сложности и многообразии.

Уточним. *Что же такого важного дала генетика селекции?*

С открытием Менделем законов генетики селекционеры получили возможность действовать не методом проб и ошибок, а подбирать родительские пары, основываясь на знаниях о доминантных и рецессивных признаках и просчитывать вероятность появления того или иного признака в потомстве.

Основные положения молодой генетической науки стали фундаментом для селекционной практики. В работу с растениями вступают генетики. Селекционеры получают новые методы и генетический инструментарий, которые дают совершенно новые возможности и перспективы.

Слайд 12

Выполним задания в рабочем листе № 3, № 4, № 5 и № 7.

В начале 20 века наиболее успешно развивалась генетика растений. Это связано с тем, что в нашей стране жил и работал великий ученый, совершивший жизненный и научный подвиг. Ученый, чье имя очень хорошо известно во всем мире. *Кто этот ученый?*

Слайд 13

«Этот сказочно продуктивный человек сделал для генетического развития сельского хозяйства своей страны больше, чем сделал кто-либо другой для какой-либо другой страны в мире», — *лауреат Нобелевской премии Г. Меллер*.

Николай Иванович Вавилов родился 25 ноября 1887 года в Москве.

Уже в 1912 году опубликовал работу о связи агрономии с генетикой, где одним из первых в мире предложил программу использования достижений генетики для улучшения культурных растений.

В этот момент в связи с резким ростом населения на планете, революцией и Первой Мировой войной встаёт проблема голода. Н.И. Вавилов хотел решить её на основании научного подхода быстро, эффективно и надолго. Избавить страну от голода и дать государству в руки научное оружие быстрого роста продовольствия и улучшения его качества.

Слайд 14

Для этого

Н.И. Вавилов организовал 180 экспедиций (20–30 гг. XX века) по самым труднодоступным и зачастую опасным районам земного шара с целью изучения многообразия и географического распространения культурных растений.

Географическое общество СССР наградило Вавилова золотой медалью «За географический подвиг».

Слайд 15

Результатом его путешествий стало определение центров многообразия и происхождения культурных растений. Именно в центрах происхождения можно ожидать наибольшее генетическое разнообразие культурных форм, а также диких предковых форм растений, введенных в культуру.

Слайд 16

Н.И. Вавилов создает учение об иммунитете растений.

Он считал, что устойчивость против паразитов выработалась в процессе эволюции растений в центрах их происхождения на фоне длительного (в течение тысячелетий) естественного заражения возбудителями болезней.

Слайд 17

Вавиловым был сформулирован закон гомологических рядов наследственной изменчивости: у генетически близких видов и родов существуют гены, которые дают сходные признаки. Таким образом, можно предсказать наличие признаков у других видов известного рода. Например, Н.И. Вавилову удалось найти ряд форм ржи, опираясь на наличие этих признаков у пшеницы (например, зерновки красной, белой, черной и фиолетовой окраски). Современники сравнили по значению открытие закона с открытием таблицы химическим элементом Дмитрия Ивановича Менделеева. Эти открытия в своей совокупности создали совершенную базу для селекционной работы на основе генетических законов.

Этим достижения Н.И. Вавилова не исчерпываются.

Слайд 18

Неожиданный вопрос:

Знаете ли Вы, какая коллекция самая дорогая в мире? Нет, это не коллекция бриллиантов. Нет, это не коллекция шедевров мировой живописи или самых дорогих автомобилей.

Наша страна, благодаря работам и экспедициям Н.И. Вавилова, обладает величайшим сокровищем. Представьте, примерно эта коллекция оценивается в 8 триллионов долларов.

Что же это коллекция?

В период своей работы Вавилов создал величайшую коллекцию семян культурных растений, сохранившуюся в наше время. Начало сбора коллекции было положено Вавиловым и его экспедициями по всему миру.

На момент создания, в 1940 году, коллекция насчитывала около 250 тысяч образцов. Сегодня коллекция выросла до 320 000 образцов.

Таким количеством семян можно засеять всю землю заново, если что-то пойдет не так (биологическая катастрофа по различным причинам, при современном состоянии биосферы все возможно).

Коллекция не только нашла применение в селекционной практике, но и стала первым в мире важным банком генов. В целях сохранения биологического разнообразия такие банки генов сейчас активно создаются и используются для сохранения генетических ресурсов растений основных сельскохозяйственных культур и их диких сородичей. Но первым ученым, показавшим необходимость создания таких банков, стал Н.И. Вавилов.

Слайд 19

Коллекция семян, собранная Н.И. Вавиловым и его сотрудниками, хранится в Федеральном исследовательском центре Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова. Семена ежегодно размножаются в коллекциях ВИР и широко используются селекционерами как исходный материал для создания новых сортов.

Институт фактически создан Н.И. Вавиловым на базе Бюро по прикладной ботанике Сельскохозяйственного ученого комитета в Петрограде, который сразу рассматривался как центр большой научно-исследовательской сети «всесоюзного масштаба», по сути, штаб научного земледелия страны.

Давайте отправимся с вами на виртуальную экскурсию в знаменитый ВИР имени Н.И. Вавилова и своими глазами увидим замечательную коллекцию, современные лаборатории и пообщаемся учеными-генетиками.

Просмотр видеоролика.

Видеоматериалы предоставлены Федеральным исследовательским центром Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова.

Слайд 20

Имя Н.И. Вавилова носит также знаменитый ИОГен — Федеральное государственное бюджетное учреждение науки институт общей генетики Российской академии наук. Это старейшее научное учреждение, которое тоже долго возглавлял Николай Иванович.

Н.И. Вавилов был необоснованно репрессирован и умер в тюрьме в 1943 году. Гибель этого великого ученого и гонения на генетику в нашей стране затормозили развитие науки на десятилетия.

Выполним задание в рабочем листе № 7.

Слайд 21

В 20 веке селекция растений получает от генетиков очень серьезный инструмент — возможность вызывать мутации искусственно.

Радиационный мутагенез был открыт американским генетиком Германом Меллером в 1927 году и отмечен Нобелевской премией в 1946-м. Честь же открытия химического мутагенеза принадлежит советским генетикам, ученикам Н.К. Кольцова.

Искусственный (индуцированный) мутагенез используют для увеличения разнообразия исходного материала. Уточним, как происходит процесс искусственного мутагенеза: воздействуя мутагенами на исходный материал, нарушают строение молекул ДНК, что приводит к резкому росту числа мутаций. Искусственно полученные мутантные формы являются ценным материалом для селекции, поскольку в контролируемых условиях можно получить мутации, встречающиеся в природе очень редко или вообще не обнаруживаемые. За последние 80 лет люди получили данным способом более трех тысяч новых сортов растений. Сорты пшеницы, хлопчатника, томатов, кукурузы, земляники, полученные таким образом, возделывают и сейчас.

Слайд 22

В 20 веке в селекцию растений входит и такой прием, как искусственная полиплоидизация. Полиплоидия — это геномная мутация (кратное увеличение числа

хромосомных наборов). Искусственно полиплоидию вызывают обработкой растений колхицином. Колхицин разрушает нити веретена деления и препятствует расхождению гомологичных хромосом в процессе мейоза.

Многие полиплоидные формы культурных растений (пшеницы, картофеля, овощных культур) имеют более высокую урожайность, чем родственные диплоидные виды.

Полиплоидия позволяет избежать бесплодия межвидовых гибридов.

Получение первых межвидовых гибридов — важнейшее достижение генетиков-селекционеров.

Открыл дорогу для создания межвидовых гибридов с использованием полиплоидии Г.Д. Карпеченко (капустно-редечный гибрид).

Также появился и знаменитый тритикале — гибрид пшеницы и ржи.

В нашей стране в 20 веке работали знаменитые селекционеры, основатели отечественных селекционных школ: Павел Пантелеймонович Лукьяненко, селекционер пшеницы, Василий Степанович Пустовойт, селекционер подсолнечника, Хаджинов Михаил Иванович, селекционер кукурузы.

Слайд 23

После какого открытия начинается новый прорыв в генетике?

Новое развитие получает генетика и, соответственно, селекция растений после открытия Уотсона и Крика, расшифровавших молекулу ДНК.

Генетика превращается в одну из самых значимых дисциплин 20 века. Начинается череда великих открытий, которые раскрывают новые горизонты не только перед теоретиками, но и перед практиками.

Слайд 24

В 20 веке формируются новые научные направления, в том числе и прикладные.

Геномика — раздел молекулярной генетики, посвящённый изучению генома и генов живых организмов.

Геномика сформировалась как особое направление в 1980–1990-х годах вместе с возникновением первых проектов по секвенированию геномов некоторых видов живых организмов. Полностью секвенирован геном человека. Развитие геномики стало возможно благодаря появлению более мощной вычислительной техники, которая позволила работать с огромными массивами данных.

Так возникла **биоинформатика** — междисциплинарная область, объединяющая молекулярную биологию, кибернетику, генетику, химию, компьютерные науки, математику и статистику. Крупномасштабные биологические проблемы, требующие анализа больших объемов данных, решаются биоинформатикой с вычислительной точки зрения.

Получает дальнейшее развитие **биотехнология** — обширная область биологии, включающая использование живых систем и организмов для разработки или производства продуктов. Биотехнология охватывает широкий спектр процедур для модификации живых организмов в соответствии с целями человека.

Слайд 25

Выполним задание в рабочем листе № 8, № 9, № 10.

Слайд 26

Сегодня на занятии нас интересует современная генетика растений и генетические технологии на службе у селекционеров.

Тем более что генетика предоставила селекции растений разнообразнейший инструментарий.

Например, маркер-опосредованная селекция — это использование маркеров для маркирования генов желательного признака, что дает возможность установить наличие или отсутствие в геноме данного гена.

Молекулярные маркеры — это небольшие сегменты ДНК, которые расположены в непосредственной близости от гена в ДНК растения, придающего растению желаемое свойство — например, большую засухоустойчивость, которую селекционер хочет сформировать у нового сорта. Анализ небольшого фрагмента ткани растения при использовании маркеров позволяет селекционеру понять, имеется ли желаемый ген в новом растении. Если такой ген отсутствует, селекционер может сразу же перейти к анализу следующего растения.

Маркер-ориентированная селекция = Традиционная селекция + Диагностические ДНК-маркеры.

Слайд 27

Генная инженерия самая перспективная и так горячо обсуждаемая в обществе.

Основана на переносе генов из одного организма в другой. *Трансгенными* могут называться те виды растений, в которых успешно функционирует ген (или гены), пересаженные из других видов растений или животных.

Методы генной инженерии позволяют вводить новые признаки, а также лучше их контролировать, чем предыдущие методы, например, индуцированный мутагенез.

Трансгенез осуществляется в различных целях:

- а) повышение общей продуктивности растений;
- б) повышение устойчивости к насекомым-вредителям, к вирусным и грибковым заболеваниям, к нематодам;
- в) повышение устойчивости к стрессовым факторам.

Генетически модифицирующие растения — это важная экономическая деятельность: в 2017 году 89 % кукурузы и 91 % хлопка, произведенных в США, были произведены из генетически модифицированных сортов. После внедрения ГМ-культур урожайность увеличилась на 22 %, а прибыль фермеров, особенно в развивающихся странах, увеличилась на 68 %. Важным побочным эффектом ГМ-культур стало снижение требований к земле.

Слайд 28

Клеточная инженерия:

Это конструирование специальными методами клеток нового типа на основе их культивирования, гибридизации и реконструкции. Включает реконструкцию жизнеспособной клетки из отдельных фрагментов разных клеток.

Методы клеточной инженерии связаны с культивированием отдельных клеток в питательных средах, где они образуют *клеточные культуры*. Оказалось, что клетки растений, помещенных в питательную среду, содержащую все необходимые для жизнедеятельности вещества, способны делиться. Клетки растений обладают еще и свойством *тотипотентности*, то есть при определенных условиях они способны сформировать полноценное растение.

Слайд 29

На данном свойстве основан метод микроклонального размножения растений, иначе говоря, получение в условиях *in vitro* (т. е. в пробирке) растений, генетически идентичных исходно взятому экземпляру. При этом выбирается растение с нужными признаками и размножается с получением сотен и тысяч точных копий. Растения, полученные данным способом, быстро переходят к репродуктивной фазе своего развития. Работы этим методом можно проводить круглый год, весьма ощутимо экономя на площадях для посадочного материала.

Слайд 30

Одним направлением клеточной инженерии в селекции растений является также гибридизация соматических клеток — объединение двух целых клеток, принадлежащих различным видам. Она основана на слиянии протопластов соматических клеток, лишенных ферментативным путем оболочек, и получении гибридных клеток. Таким путем удается преодолевать не только межвидовые, но и межродовые барьеры нескрещиваемости. Получены гибридомы картофеля и томата, яблони и вишни.

Слайд 31

Хромосомная инженерия:

Совокупность методик, позволяющих изменить хромосомный набор организма, комбинировать в нем хромосомы от разных видов и родов.

Данными методами можно добавить в генотип растительного организма пару чужих гомологичных хромосом, контролирующих развитие нужных признаков (дополненные линии), или заместить одну пару гомологичных хромосом на другую (замещенные линии). В полученных таким образом замещенных и дополненных линиях собираются признаки, приближающие растения к «идеальному сорту».

Очень перспективен *метод гаплоидов (дигаплоидная технология)*, основанный на выращивании гаплоидных растений с последующим удвоением хромосом. Он позволяет получать растения, в потомстве которых не наблюдается расщепления признаков, поэтому всё оно наследует одинаковые свойства. Эффективно используются в селекции растений.

Мы с Вами только прикоснулись к миру генетических технологий.

Слайд 32

В 21 веке человечество осваивает совершенно новые генетические технологии, которые позволяют по-новому подойти к вопросу создания новых сортов растений. Уже давно растениеводство во всем мире радуется многочисленным подаркам генной инженерии — устойчивым к вредителям и холоду, быстрорастущим и продуктивным растениям. Казалось бы, впереди у человечества огромные радужные перспективы развития селекции растений на основе генетики и полное решение проблемы продовольственной безопасности

Но! В обществе активно распространяется негативное отношение через неконтролируемый поток информации в Интернете к использованию в селекции генетических технологий. Слово «ГМО» просто превратилось в своеобразную «Каинову печать». Что, кстати, объясняется генетической неграмотностью населения. Согласно свежим опросам «Левада-центра», всего лишь 30 % россиян точно знают, что гены содержатся во всех растениях, а не только в генетически модифицированных.

Данная ситуация очень сильно тормозит развитие генетических технологий.

Слайд 33

Вспомним, что перед человечеством по-прежнему стоят огромные проблемы:

- по обеспечению продовольствием всего населения планеты;
- по рациональному использованию плодородных земель;
- по внедрению новых технологий в сельское хозяйство;
- по экологизации всех производств.

И очевидно, что только с использованием генетических технологий человечество может решить эти проблемы.

Никто, кроме ученых, не может адекватно оценить все возможности и риски. Ученые многократно проверяют свои исследования и настаивают на жестком контроле, поэтому не стоит доверять фактам и рассуждениям в Интернете, лучше проверить их научными методами, выбрав профессию, связанную с генетическими технологиями.

Слайд 34

В нашей стране активно работают научные центры:

Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук;

Кафедра генетики Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова;

Кафедра генетики и биотехнологии Санкт-Петербургского государственного университета.

Создаются и развиваются центры генетических технологий.

Ведущим центром считается Курчатowski геномный центр во главе с НИЦ «Курчатowski институт», исследования которого ориентированы на решение задач, поставленных Стратегией научно-технологического развития Российской Федерации.

«Возрождение генетики — вопрос национальной безопасности», — сказал Михаил Ковальчук, президент НИЦ «Курчатowski институт».

Слайд 35

Выполним задания в рабочем листе № 11 и № 12.

Слайд 36

И закончим занятие замечательной цитатой великого ученого Н.И. Вавилова.

«Впереди нужно сделать горы: заставить яблони цвести от семян через несколько месяцев, персики плодоносить месяца через три-четыре после посева семян. Жду от вас подвигов».

На этом наша встреча с генетикой заканчивается, но надеюсь, что ваш путь только начинается. Будущее человечества неразрывно связано с генетикой. И вам предстоит принять и продолжить эту работу.

Обратимся к рабочему листу и выполним последнее задание. Сформулируйте и запишите 3–5 предложений на тему «Генетические технологии и перспективы выживания человечества».

Оцените Ваши ответы на задания, используя лист самооценки. По количеству баллов можно сделать примерный вывод о Вашей предрасположенности к профессиям, связанным с генетическими технологиями.

Обратите внимание на список литературы и информационных источников. Если Вас заинтересовала тема нашего урока, обязательно возьмите список.

Домашнее задание:

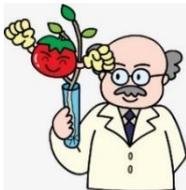
Расскажите о вашем региональном научно-исследовательском учреждении, где работают генетики. Какие научные направления реализуются? Какие успехи уже достигнуты? Разместите Ваш рассказ в социальных сетях под хэштегом #УрокГенетики.

Список литературы:

1. Федеральная научно-техническая программа развития генетических технологий на 2019–2027 годы // Утверждена Постановлением Правительства Российской Федерации от 22 апреля 2019 г. № 479.
2. Вавилов Н.И. Жизнь коротка, надо спешить / Сост.: Ю.Н. Вавилов, М.Е. Раменская. — М.: Советская Россия, 1990. — 704 с.
3. Голубев Г.Н. Великий сеятель: Николай Вавилов / Г.Н. Голубев — М.: Молодая гвардия, 1979 — 175 с.
4. Инге-Вечтомов С.Г. Генетика с основами селекции: учебник для студентов высших учебных заведений / С.Г. Инге-Вечтомов — СПб.: Н-Л., 2015. — 591 с.
5. 12 методов в картинках: полимеразная цепная реакция [Электронный ресурс] // Биомолекула (biomolecula.ru) — URL: <https://biomolecula.ru/articles/metody-v-kartinkakh-polimeraznaia-tsepnaia-reaktsiia>.
6. Стенограмма совещания Путина о развитии генетических технологий в России [Электронный ресурс] // Президент России (president.org) — URL: <http://prezident.org/tekst/stenogramma-soveschaniya-putina-o-razviti-geneticheskikh-tehnologii-v-rossii-14-05-2020.html>.
7. Цисгеномика: новое слово в селекции растений [Электронный ресурс] // Биомолекула (biomolecula.ru) — URL: <https://biomolecula.ru/articles/tsisgenomika-novoe-slovo-v-seleksii-rastenii>.
8. ГМО и другие генетические тайны селекции растений [Электронный ресурс] // Элементы(elementy.ru) — URL: https://elementy.ru/nauchno-populyarnaya_biblioteka/434116/GMO_i_drugie_geneticheskie_tayny_seleksii_rasteniy.

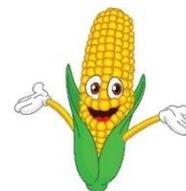
Приложение 1

Рабочий лист к Всероссийскому уроку генетики «Генетика растений и продовольственная безопасность»



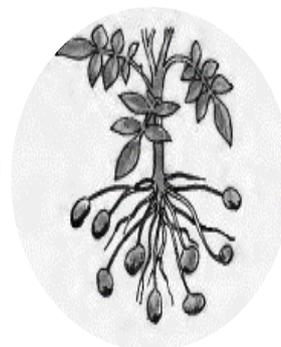
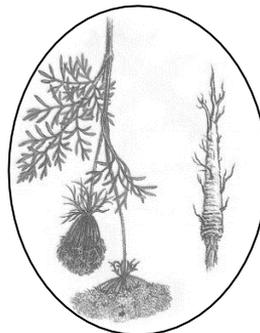
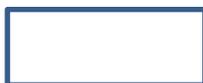
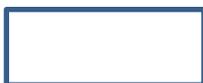
Фамилия, имя _____

Класс _____



1) В «Римской декларации» (1996) говорится об обязанности любого государства обеспечивать право каждого человека на доступ к безопасным для здоровья и полноценным продуктам питания в соответствии с правом на адекватное питание и правом на свободу от голода. О каком элементе национальной безопасности государства идет речь?

2) Рассмотрите изображения диких предков культурных растений. Как называются культурные растения, выведенные из данных форм:



3) Назовите основные методы селекционеров 19 века.



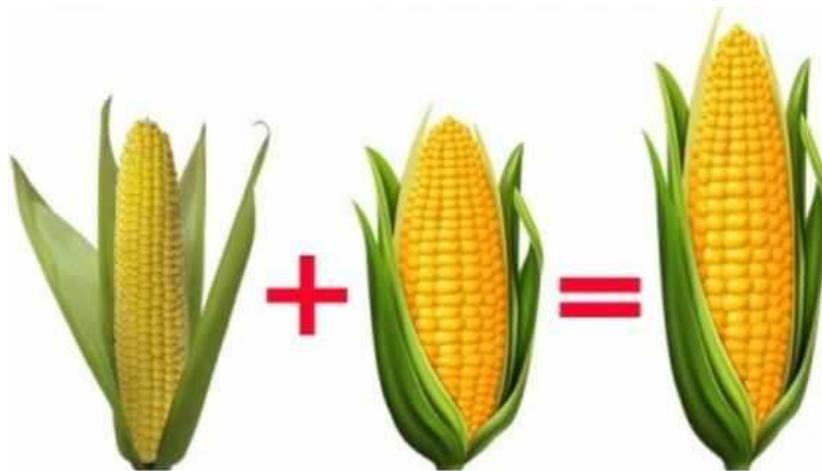
4) Великие ботаники и селекционеры 18, 19 и начала 20 веков. Подпишите портреты:



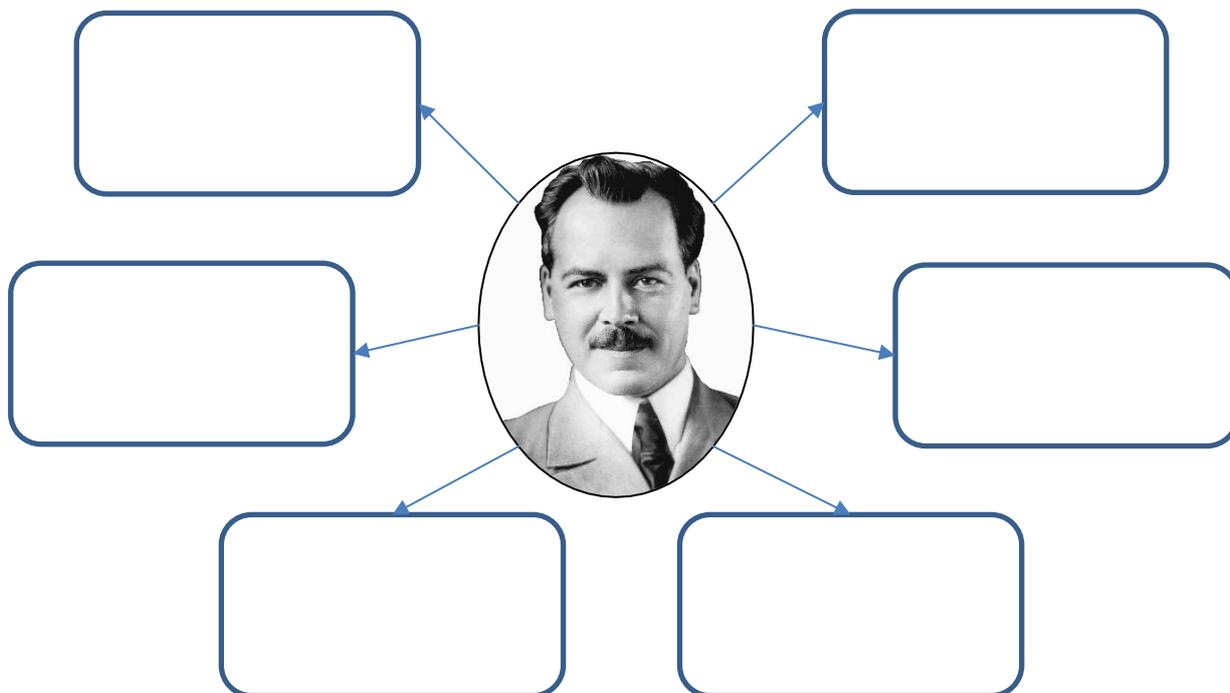
5) Кому из представленных выше селекционеров принадлежат следующие слова:

"Через мои руки прошли десятки тысяч опытов. Я вырастил массу новых разновидностей плодовых растений, из которых получилось несколько сот новых сортов, годных для культуры в наших садах, причём многие из них по своим качествам нисколько не уступают лучшим иностранным сортам. Я, как помню себя, всегда и всецело был поглощён только одним стремлением выращивать те или иные растения. И настолько сильно было такое увлечение, что я почти совершенно не замечал многих остальных деталей жизни; они как-то все прошли мимо меня и почти не оставили следа в памяти".

6) Как называется данный эффект? В чём его суть?

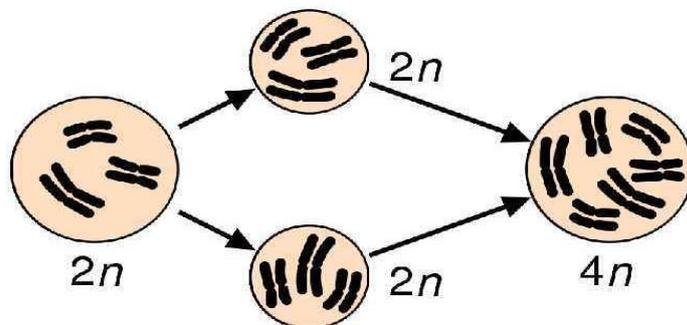


7) Вставьте в блок-схему основные достижения Н.И. Вавилова.

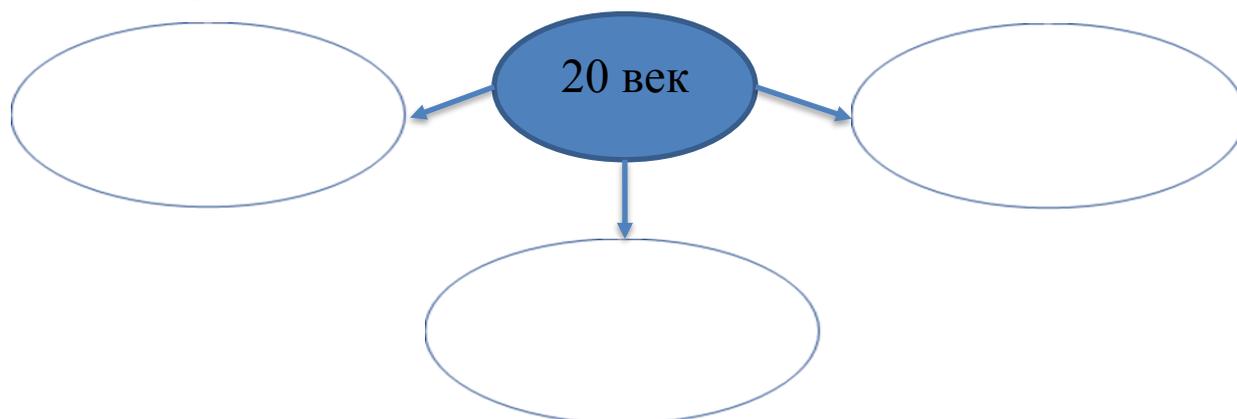


8) Что дало селекции растений открытие индуцированного мутагенеза?

9) Как называется данное явление? В чем его суть?



10) Укажите в блок-схеме связанные с генетикой новые научные направления, которые получили свое развитие в 20 веке.



11) Установите соответствие между названиями новых методов и генетических технологий, используемых в селекции и генетике растений, и основным содержанием работы:

Название метода или технологии	Содержание работы
А. Маркер-опосредованная селекция	1. Способ вегетативного размножения растений, основанный на тотипотентности растений
Б. Генная инженерия	2. Технологии, ориентированные на манипулирование с хромосомами, с целью изменения наследования генетических признаков
В. Клеточная инженерия	3. Использование ДНК-маркеров для того, чтобы установить наличие или отсутствие в изучаемом геноме конкретного гена
Г. Хромосомная инженерия	4. Конструирование специальными методами клеток нового типа на основе их культивирования, гибридизации и реконструкции
Д. Метод микрклонального размножения растений (in vitro)	5. Основана на переносе генов из одного организма в другой. Методы позволяют вводить новые признаки, а также лучше их контролировать

А	Б	В	Г	Д

12) Назовите минимум три крупнейших научных учреждения Российской Федерации, которые занимаются генетикой растений и генетическими технологиями.

13) Выразите свое отношение к генетическим технологиям. Сформулируйте и запишите 3–5 предложений на тему «Генетические технологии и перспективы выживания человечества».

Приложение 2

Лист самооценки к рабочему листу № 1 к Всероссийскому уроку генетики «Генетика растений и продовольственная безопасность»

№	Ответ	Баллы
1	Продовольственная безопасность	1
2	Капуста, кукуруза, пшеница, картофель, морковь	4
3	Искусственный отбор, наблюдение, гибридизация (скрещивание)	3
4	Иозеф Готлиб Кельрёйтер Ефим Андреевич Грачев Лютер Бербанк Иван Владимирович Мичурин	8
5	Иван Владимирович Мичурин	2
6	Гетерозис (гибридная сила) — явление увеличения урожайности и других показателей у гибридов	3
7	1. Центры многообразия и происхождения культурных растений 2. Учение об иммунитете растений 3. Закон гомологических рядов наследственной изменчивости 4. Создание первого генетического банка семян 5. Создание Всероссийского института растениеводства 6. Создание масштабной сортоиспытательной сети	12
8	Увеличение разнообразия генетического материала. Возможность получить мутации, встречающиеся в природе очень редко или вообще не обнаруживаемые	3
9	Полиплоидия — это геномная мутация (кратное увеличение числа хромосомных наборов). Искусственно полиплоидию вызывают обработкой растений колхицином	3
10	Геномика, биоинформатика, биотехнология	3
11	А — 3, Б — 5, В — 4, Г — 2, Д — 1	5
12	Курчатовский геномный центр Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР) Институт общей генетики Российской академии наук имени Н.И. Вавилова ИЦиГ СПбГУ кафедра «Генетики и биотехнологии» МГУ кафедра генетики	3

Подведем итоги:

1. Если Вы набрали от 40 до 50 баллов, то Вам стоит задуматься о профессии, связанной с генетикой растений. Стоит задуматься о выборе высшего учебного заведения и начать подготовку в соответствующем направлении. Рекомендуем записаться в дополнительные образовательные учреждения для углубленного изучения данной тематики.

2. Если Вы набрали менее 40 баллов, то для Вас список научно-популярных книг и информационных источников, посвященных генетике растений. Обязательно почитайте, генетические технологии и решение проблемы продовольственной безопасности взаимосвязаны!

Список литературы для чтения:

1. Вавилов Н.И. Жизнь коротка, надо спешить / Сост.: Ю.Н. Вавилов, М.Е. Раменская. — М.: Советская Россия, 1990. — 704 с.
2. Вавилов Н.И. Ботанико-географические основы селекции / Н.И. Вавилов. — М.: Нобель Пресс, 2012. — 433 с.
3. Голубев Г.Н. Великий сеятель: Николай Вавилов / Г.Н. Голубев — М.: Молодая гвардия, 1979 — 175 с.

4. Инге-Вечтомов С.Г. Генетика с основами селекции: учебник для студентов высших учебных заведений / С.Г. Инге-Вечтомов — СПб.: Н-Л., 2015. — 551 с.
5. Генетические основы селекции растений: в 4 т. Т. 1: Общая генетика растений / НАН Беларуси, Ин-т генетики и цитологии; [науч. ред.: А.В. Кильчевский, Л.В. Хотылева]. — Минск: Белорусская наука, 2018. — 552 с.
6. Генетические основы селекции растений: в 4 т. Т. 2: Частная генетика растений / НАН Беларуси, Ин-т генетики и цитологии; [науч. ред.: А.В. Кильчевский, Л.В. Хотылева]. — Минск: Белорусская наука, 2010. — 552 с.
7. Генетические основы селекции растений: в 4 т. Т. 3: Биотехнология в селекции растений. Клеточная инженерия / НАН Беларуси, Ин-т генетики и цитологии; [науч. ред.: А.В. Кильчевский, Л.В. Хотылева]. — Минск: Белорусская наука, 2012. — 489 с.
8. Генетические основы селекции растений: в 4 т. Т. 4: Биотехнология в селекции растений. Геномика и генетическая инженерия / НАН Беларуси, Ин-т генетики и цитологии; [науч. ред.: А.В. Кильчевский, Л.В. Хотылева]. — Минск: Белорусская наука, 2014. — 654 с.
9. Цисгеномика: новое слово в селекции растений [Электронный ресурс] // Биомолекула (biomolecula.ru) — URL: <https://biomolecula.ru/articles/tsisgenomika-novoe-slovo-v-selektsii-rastenii>.
10. ГМО и другие генетические тайны селекции растений [Электронный ресурс] // Элементы(elementy.ru) — URL: https://elementy.ru/nauchno-populyarnaya_biblioteka/434116/GMO_i_drugie_geneticheskie_tayny_selektsii_rasteniy.

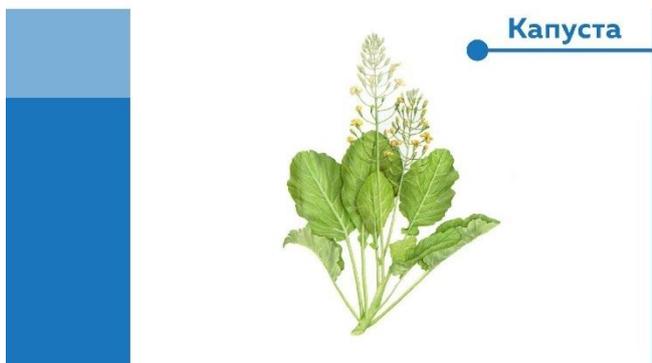
Приложение 3

Всероссийский урок
«Генетика растений и
продовольственная безопасность»



МЫ НЕ МОЖЕМ ЖДАТЬ МИЛОСТЕЙ
ОТ ПРИРОДЫ. ВЗЯТЬ ИХ У НЕЕ - НАША ЗАДАЧА.
ЧЕЛОВЕК МОЖЕТ И ДОЛЖЕН СОЗДАВАТЬ
НОВЫЕ ФОРМЫ РАСТЕНИЙ ЛУЧШЕ ПРИРОДЫ.

ИВАН ВЛАДИМИРОВИЧ МИЧУРИН



ДИКОРАСТУЩАЯ КАПУСТА И РАЗНОВИДНОСТИ КАПУСТЫ



Выполним задания в рабочем листе № 1, № 2.



Иозеф Готтлиб Кёльрейтер (1733 – 1806)

- Провел первые научные опыты по гибридизации растений
- Получил первый межвидовой гибрид
- Открыл явление гетерозиса (гибридной силы)



Крупнейшие селекционеры 19 века



Лутер Бербанк



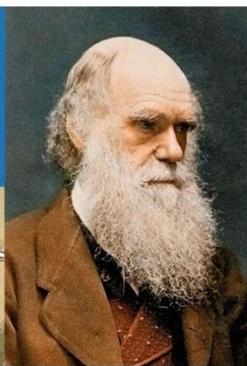
Ефим Андреевич Грачев



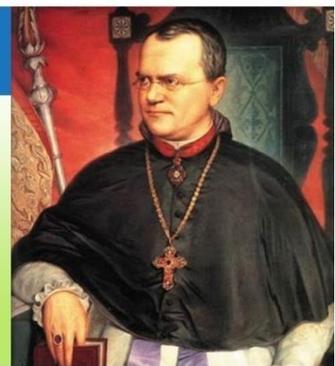
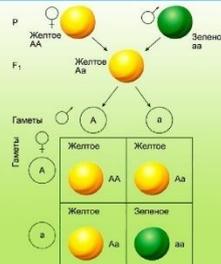
Иван Андреевич Мичурин

Чарлз Дарвин

1869 г. - книга «Изменение животных и растений в домашнем состоянии»



Грегор Мендель



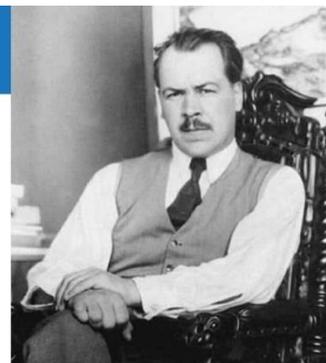
Выполним задания
в рабочем листе № 3, № 4, № 5 и № 6.



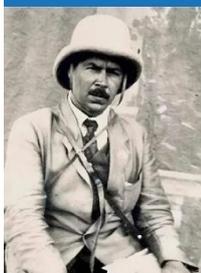
Николай Иванович Вавилов

Этот скромно
продуктивный человек
сделал для генетического развития
сельского хозяйства своей страны
больше, чем сделал кто-либо другой
для какой-либо другой страны
в мире.

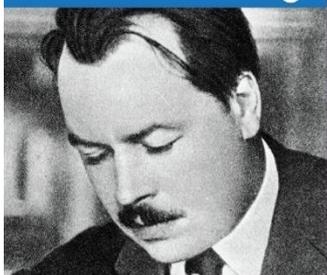
Лауреат Нобелевской премии Г.Моллер.



Золотая медаль «За географический подвиг»



Учение об иммунитете РАСТЕНИЙ



Н.И. Вавилов

Учение об иммунитете
растений
к инфекционным
заболеваниям

Закон гомологических рядов наследственной изменчивости Н.И. Вавилова



Коллекция семян культурных растений Н.И. Вавилова

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н. И. Вавилова

<http://genetika.fedotki.ru/sep-content/themes/genetika/video/cikakuranya.mp4>

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова Российской академии наук

Выполним задания в рабочем листе № 7.

Искусственный мутагенез

Герман Меллер

1946 г. Нобелевская премия «За открытие появления мутаций под влиянием рентгеновского облучения».

Полиплоидизация

Расшифровка структуры ДНК – важнейшее открытие 20 века.

Георгий Дмитриевич Карпеченко

Диплоидное растение (2n) Гексаплоидное растение (6n)

Пшеница Рожь Тритикале

Генетика – самая значимая дисциплина 20 – 21 веков

Генетика – раздел молекулярной генетики, посвящённый изучению генома и генов живых организмов.

Биоинформатика включает в себя изучение и разработку компьютерных методов и направлена на получение, анализ, хранение, организацию и визуализацию биологических данных.

Биотехнология – обширная область биологии, включающая использование живых систем и организмов для разработки или производства продуктов.



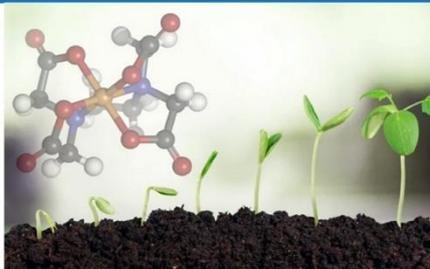
Выполним задания в рабочем листе № 8, № 9 и № 10.



Маркер-ориентированная селекция

использование ДНК-маркеров для отбора потомства с нужными генами

*Маркер-ориентированная селекция = Традиционная селекция + Диагностические ДНК-маркеры



Генная инженерия

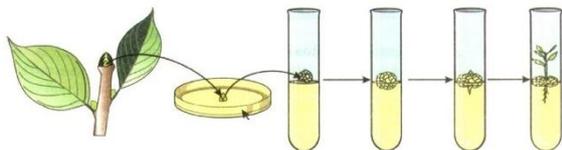
• Основана на переносе генов из одного организма в другой.

• Трансгенными могут называться те виды растений, в которых успешно функционирует ген (или гены), пересаженные из других видов растений или животных.



Клеточная инженерия

это конструирование специальными методами клеток нового типа на основе их культивирования, гибридизации и реконструкции.

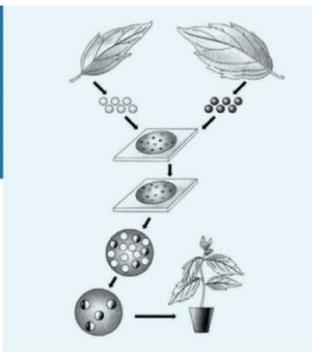


Метод микроклонального размножения растений in vitro



Гибридизация соматических клеток

Объединение двух целых клеток, принадлежащих различным видам. Основано на слиянии протопластов соматических клеток, лишенных ферментативным путем оболочек, и получении гибридных клеток.



Хромосомная инженерия растений

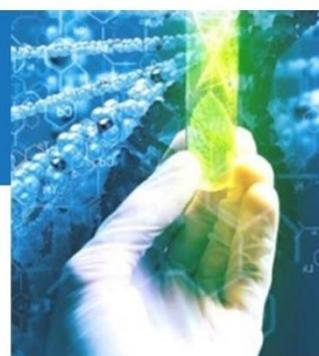
Совокупность методов, позволяющих изменить хромосомный набор организма, комбинировать в нем хромосомы от разных видов и родов

- Метод замещенных линий
- Метод дополненных линий
- Метод гаплоидов



Проблемы, стоящие перед человечеством.

- Обеспечение продовольствием всего населения планеты,
- Рациональное использование плодородных земель,
- Внедрение новых технологий в сельское хозяйство,
- Экологизация всех производств.



Возрождение генетики – вопрос национальной безопасности
Михаил Ковальчук, президент НИЦ «Курчатовский институт»



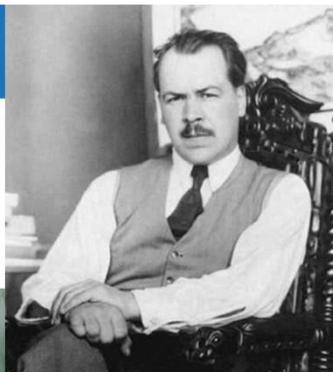
Выполним задания
в рабочем листе № 11 и № 12.



Николай Иванович Вавилов

*Впереди нужно сделать горы:
заставить яблоны цвести
от семян через несколько месяцев,
персики плодоносить месяца
через три-четыре после посева семян. <...>
Жду от вас подвигов.*

Николай Иванович Вавилов



Подгузов Николай Александрович
ФГБОУ ДО «Федеральный центр дополнительного образования
и организации отдыха и оздоровления детей», Москва, Россия
Методист отдела учебно-воспитательной работы

Всероссийский конкурс «Геном 15+». Задания и ответы

Инструкция по выполнению заданий.

Для выполнения заданий используйте листы формата А4.

Перед выполнением задания обязательно напишите:

- фамилию, имя, отчество;
- место проживания (область, населенный пункт);
- образовательное учреждение;
- Ваш электронный адрес;
- фамилию, имя, отчество Вашего педагога;
- электронный адрес педагога.

Ответы на задания должны быть лаконичными и четкими, написаны разборчивым почерком.

Учтите, что в некоторых заданиях может быть не единственный ответ, а несколько правильных ответов. В заданиях с открытыми вопросами ответы оцениваются в зависимости от оригинальности и логичности.

Не забывайте добавлять пояснения к однозначным ответам. Пояснения показывают знание материала.

Не оцениваются рассуждения и примеры, не имеющие отношения к заданным вопросам, независимо от степени их разумности.

За ошибочные ответы оценка не снижается.

Работа выполняется индивидуально. Выполнение заданий не подразумевает использование сети Интернет или других источников. При обнаружении в работах списывания у других участников, а также цитат, выданных за собственные мысли, работы будут дисквалифицированы.

Теоретические задания

Максимальный балл за теоретическую часть — 60 баллов (56 баллов за правильные ответы. Жюри имеет право добавить до 4 баллов за оригинальность предложенных идей).

Задания на 1 балл

1. Какова длина генома всех клеток человека? Выберите правильный ответ:

А — 8 см	Г — 20 000 км
Б — 2 м	Д — 150 млн км
В — 12 км	Е — 10^{11} км

ОТВЕТ: У человека длина всех молекул ДНК, содержащихся во всех хромосомах одной клетке, составляет примерно 2 метра. Следовательно, длина молекул ДНК в миллиард раз больше их толщины. Так как организм взрослого человека состоит примерно из 5×10^{13} – 10^{14} клеток, то общая длина всех молекул ДНК в организме равна 1011 км (это почти в тысячу раз больше расстояния от Земли до Солнца).

Задания на 2 балла

2) Наверное, вы знаете такую немудреную игру, как «Махнемся не глядя». А какой процесс в клетке схож с этой игрой. Ответ обязательно поясните.

ОТВЕТ: кроссинговер.

3) Вы решили заказать себе портрет у известного художника. А что с точки зрения генетики будет считаться портретом и кто является художником? Ответ обязательно поясните.

ОТВЕТ: фенотип — портрет, генотип — художник.

4) Изначально эта структура отвечает за хранение информации. Ее возможности феноменальны! Все знания мировой Сети можно вместить в коробок спичек, если сохранять данные в таком виде. Что это за носитель? Какая главная проблема в использовании этого приспособления? Ответ обязательно поясните.

ОТВЕТ: ДНК. Нужен аппарат, способный такое считывать и скорость считывания во много раз ниже, чем у действующих компьютеров.

5) Почему был запущен проект по клонированию мамонта, а вот кого-нибудь из динозавров не собираются воспроизводить? Ответ обязательно поясните.

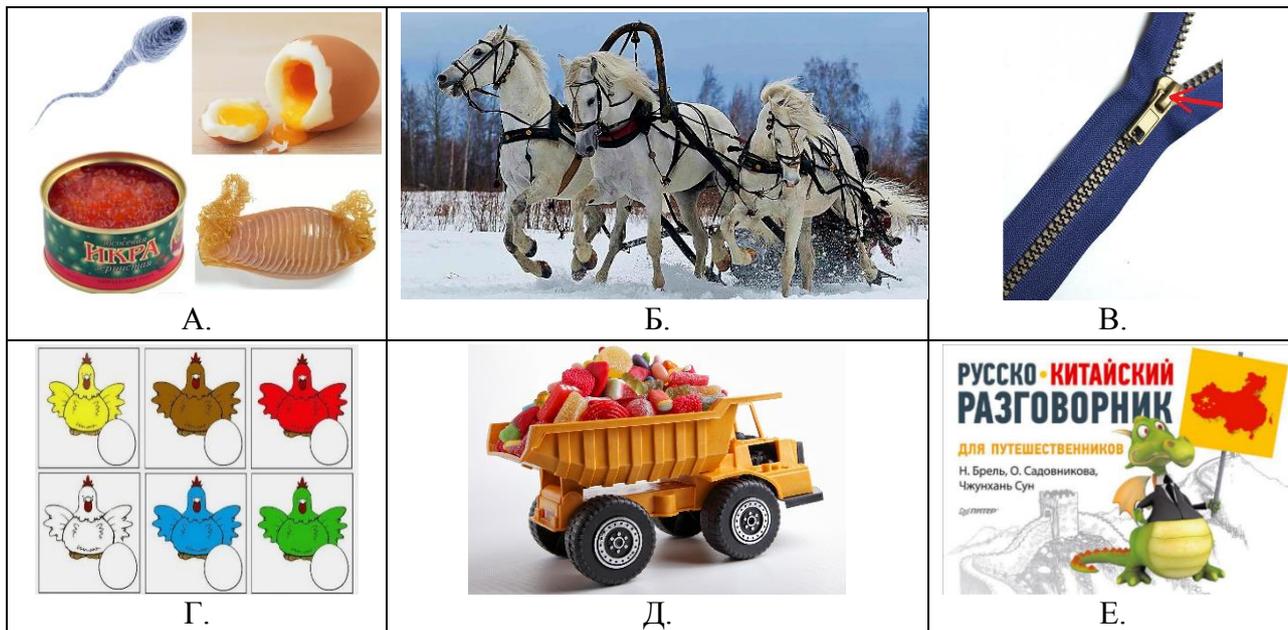
ОТВЕТ: Период полураспада ДНК составляет 521 год, а через 1,5 миллиона лет нельзя прочесть даже те образцы ДНК, которые сохранились наилучшим образом. По этой причине крайне маловероятно, чтобы динозавров можно было бы когда-нибудь клонировать, так как они вымерли более 65.000.000 лет назад.

6) Недавнее открытие ученых может шокировать. Они обнаружили, что ДНК человека и банана совпадают на 50 процентов. Значит ли это, что человек произошел от банана? Объясните эти данные.

ОТВЕТ: Растительный и животный мир в процессе эволюции разошлись полтора миллиарда лет тому назад, но до сих пор многие их гены схожи между собой, т. к. несут в себе гены их общих предков.

Задания на 3 балла

7) Перед вами представлены рисунки. Попробуйте соотнести их с предложенными генетическими терминами.



Генетические термины:

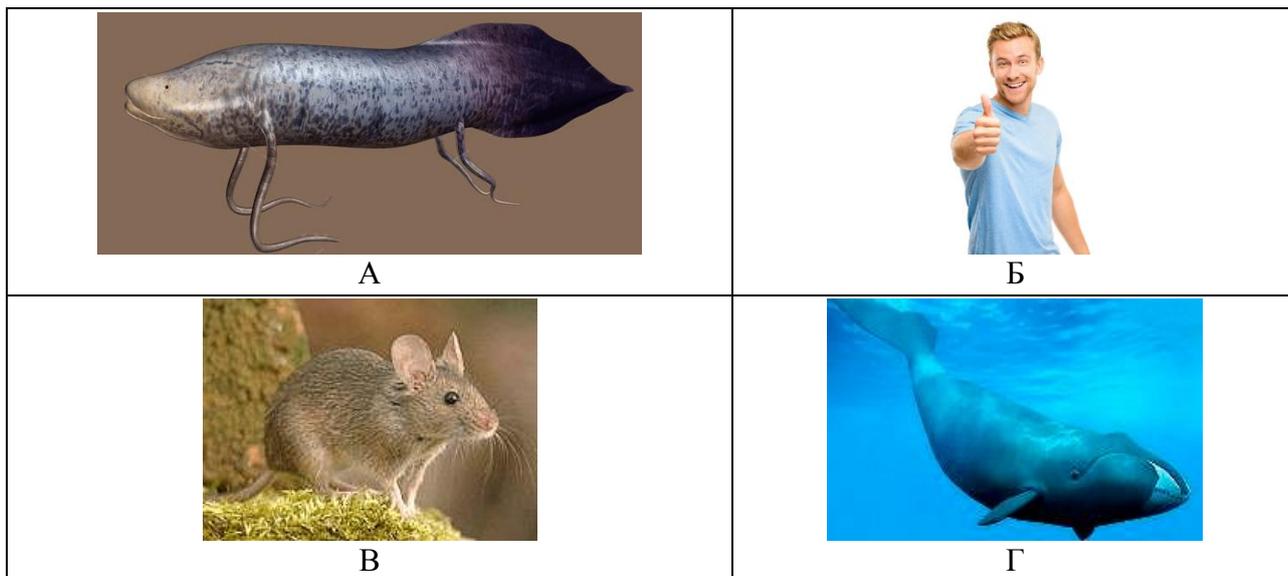
ДНК-полимераза, сплайсинг, гаметы, ген, трансляция, фенотип, т-РНК, кодон (триплет), теломер.

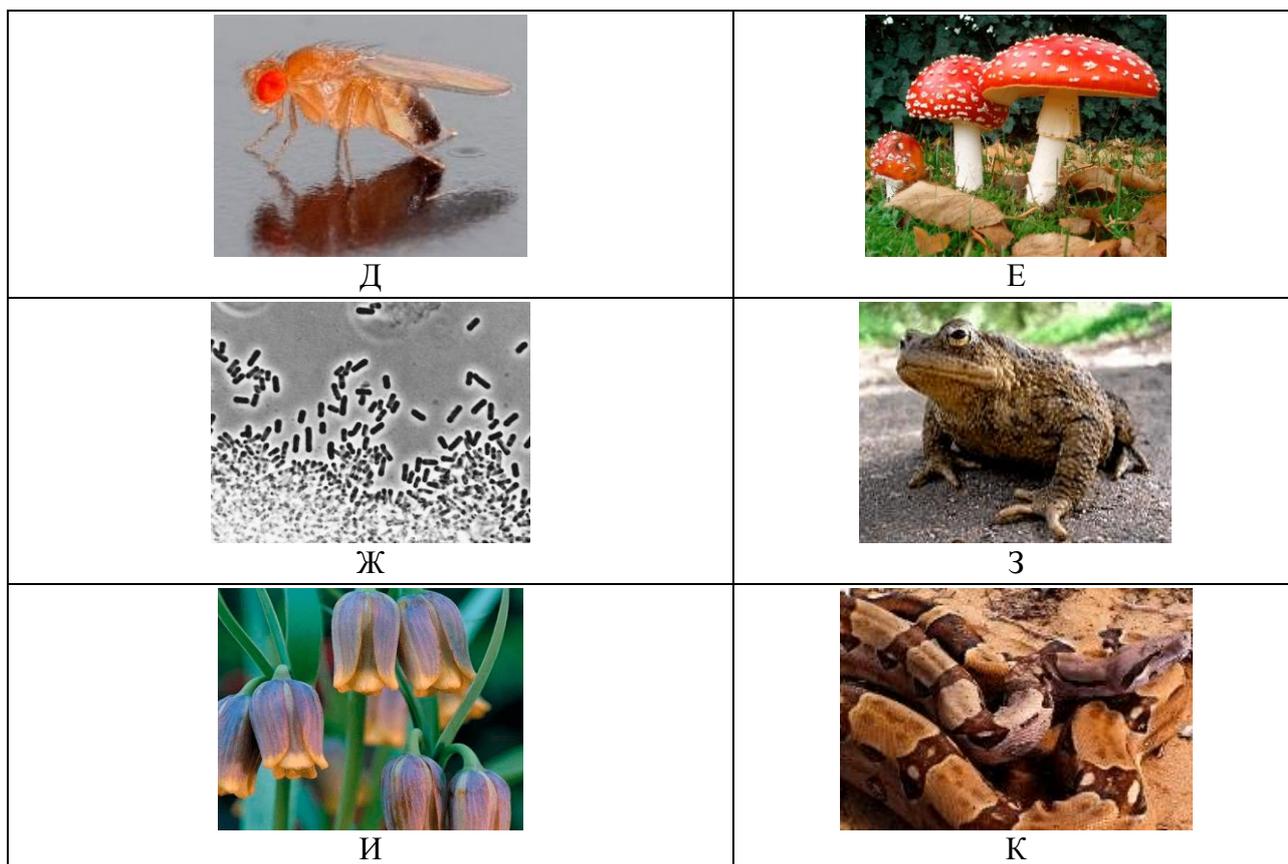
Вставьте ответы в таблицу:

Рисунок	А	Б	В	Г	Д	Е
Понятие						

ОТВЕТ: А — гаметы, Б — кодон (триплет), В — ДНК-полимераза, Г — фенотип, Д — т-РНК, Е — трансляция.

8) Составьте логическую цепочку по увеличению генома живых организмов от самого маленького к большому.





Ответы занесите в таблицу:

От меньшего к большему										
------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

ОТВЕТ:

От меньшего к большему	Ж	Е	Д	К	Г	В	Б	З	И	А
------------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Ж. *Sorangium cellulosum*, почвенная бактерия — 0,013 нг (пикограмм).

Е. *Amanita muscaria* Koide, мухомор красный — 0,04 нг.

Д. *Drosophila melanogaster*, фруктовая мушка, дрозофила фруктовая, плодовая мушка — 0,12–0,21 нг.

К. *Boa constrictor*, удав обыкновенный — 1,75–3,15 нг.

Г. *Balaena mysticetus*, гренландский, или полярный, кит — 2,93 нг.

Б. *Homo sapiens*, человек — 3,5 нг.

В. *Mus musculus*, домовая мышь — 3,45–4,03 нг.

З. *Bufo bufo*, обыкновенная жаба, или серая жаба, или коровница — 5,82–7,75 нг.

И. *Fritillaria assyrica*, рябчик ассирийский — 130,00 нг.

А. Мраморная африканская двоякодышащая рыба (*Protopterus aethiopicus*) — 132,83 нг (а это примерно в 40 раз больше, чем у человека!).

9) Выстройте хронологическую последовательность открытий в генетике:

А. Ф. Крик и Д. Уотсон создали структурную модель ДНК в форме двойной спирали.

Б. Дж. Гёрдон осуществил первое клонирование животного организма (лягушка).

В. Ч. Дарвин публикует свою книгу «Происхождение человека и половой отбор».

Г. Успешное завершение проекта "Геном человека"

Д. Запущен проект «Протеом человека», который должен составить полный список человеческих белков.

Е. Открытие.

Г. Менделем факторов наследственности и разработка гибридологического метода, т. е. правил скрещивания организмов и учета признаков у их потомства.

Ж. Была создана хромосомная теория наследственности.

З. Т. Морган показывает, что гены находятся на хромосомах в линейном порядке, определяя природу признаков, связанных с полом.

И. Н.И. Вавилов сформулировал «закон гомологических рядов».

К. Кроссинговер определен как причина рекомбинации.

Л. Установлено, что диплоидный набор хромосом у человека равен 46.

М. Опубликованы быстрые методы определения (секвенирования) последовательностей ДНК. Секвенирован первый ген человека — ген, кодирующий белок.

Н. Определена полная последовательность нуклеотидов геномов кишечной палочки и дрожжей.

О. Осуществлено экспериментальное определение размеров гена.

Вставьте ваши ответы в таблицу.

Год	1865	1871	1902	1910	1922	1931	1935	1953	1956	1962	1977	1997	2003	2010
Событие														

ОТВЕТ:

Год	1865	1871	1902	1910	1922	1931	1935	1953	1956	1962	1977	1997	2003	2010
Событие	Е	В	Ж	З	И	К	О	А	Л	Б	М	Н	Г	Д

Е. 1865 год — Открытие Г. Менделем (1822—1884) факторов наследственности и разработка гибридологического метода, т. е. правил скрещивания организмов и учета признаков у их потомства.

В. 1871 год — Ч. Дарвин публикует свою книгу «Происхождение человека и половой отбор».

Ж. 1902 год — В. Саттон и Т. Бовери независимо создают хромосомную теорию наследственности.

З. 1910 год — Томас Хант Морганом установлено, что гены расположены в хромосомах в линейном порядке, образуя группы сцепления.

1922 год — Н.И. Вавилов сформулировал «закон гомологических рядов» — о параллелизме в изменчивости родственных групп растений.

1931 год — Кроссинговер идентифицирован как причина рекомбинации.

1935 год — Н.В. Тимофеев-Ресовский, К.Г. Циммер, М. Дельбрюк осуществили экспериментальное определение размеров гена.

1953 год, 25 апреля — Френсис Крик и Джеймс Уотсон, опираясь на результаты опытов генетиков и биохимиков и на данные рентгеноструктурного анализа, создали структурную модель ДНК в форме двойной спирали.

1956 год — Ю. Тиро и А. Леван установили, что диплоидный набор хромосом у человека равен 46.

1962 год — Дж. Гёрдон осуществил первое клонирование животного организма (лягушка).

1977 год — Опубликованы быстрые методы определения (секвенирования) длинных нуклеотидных последовательностей ДНК. Секвенирован первый ген человека — ген, кодирующий белок хорионный соматотропин.

1997 год — Определена полная последовательность нуклеотидов геномов кишечной палочки *E.coli* и дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*.

2003 год — Успешное завершение проекта "Геном человека".

2010 год — Запущен проект — «Протеом человека», который должен составить полный список человеческих белков.

10) На рисунках представлены различные типы одного из важнейших понятий генетики. Определите данное понятие. Попробуйте разбить примеры на группы и дайте названия данным группам. Ответы поясните.



А



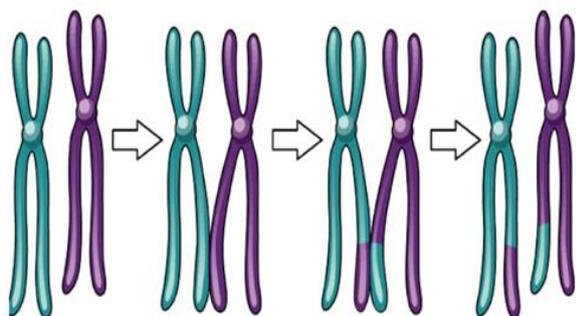
Б



В



Г



Д



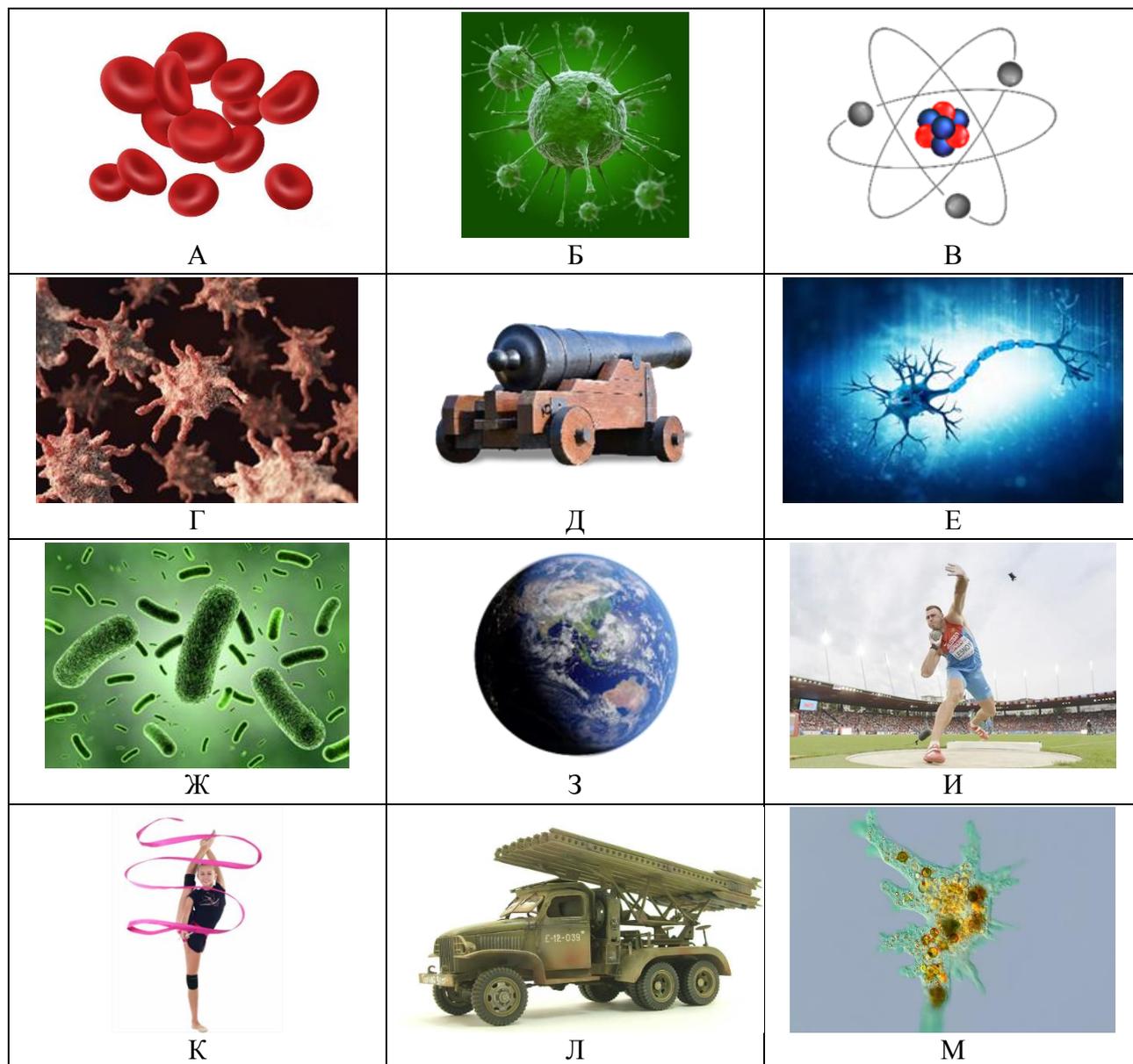
Е

ОТВЕТ: Изменчивость.

Фенотипическая (ненаследственная) — А, Б, Г (изменение цвета ягод при их зрелости, появление седины с возрастом, загар.

Наследственная: комбинативная — Е, Ж (кроссинговер, комбинация хромосом в ходе оплодотворения) и мутационная — В.

11) Это понятие часто упоминается как в генетике, так и в цитологии. Попробуйте определить данное понятие и разделить рисунки по принципу наличия или отсутствия в них определенного вами объекта. Поясните свой выбор.



ОТВЕТ: Безъядерные клетки эритроцитов (А), тромбоцитов (Г) и бактерий (Ж); не используются ядра в художественной гимнастике (К) и реактивной ракетной установке («Катюша») (Л). Нет ядра и в вирусах (Б).

Ядра имеются в атомах (В), нейронах (Е), центре Земли (З), использовались в пушках и в легкой атлетике — метание ядра (И) и у амёбы (М).

Задания на 4 балла

12) Предположительно митохондрии и хлоропласты представляют собой остатки древних бактерий, которые попали в цитоплазму, вступили в симбиоз с клеткой-хозяином и явились предшественниками этих органелл. Какие доказательства можно привести в пользу этой теории?

ОТВЕТ:

В этих органоидах есть своя кольцевая ДНК. Их внешняя мембрана похожа на мембрану вакуоли, а внутренняя — на бактериальную. Размножаются бинарным способом. Имеют свой аппарат синтеза белков — рибосомы, также похожие на бактериальные.

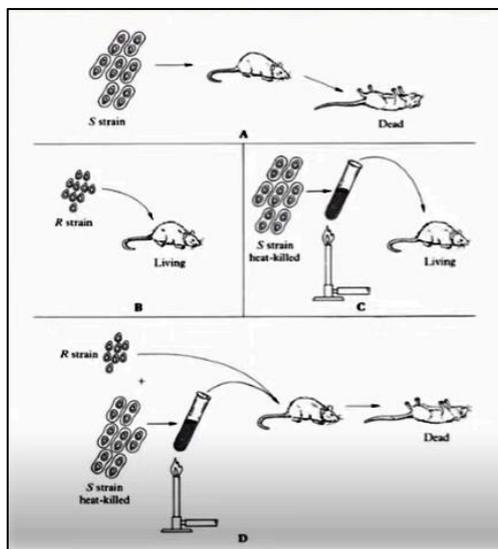
13) Почему партеногенез не стал доминирующим способом полового размножения, хотя он по своей сути намного проще и не требует поиска «партнёра»? Ответ обязательно поясните.

ОТВЕТ: при партеногенезе новые особи идентичны предкам и если происходит какая-то вредная мутация, то потомки наследуют ее и это может приводить к гибели популяции. Чтобы последующее поколение могло избавиться от мутаций, необходима здоровая молекула извне, чтобы залатать ею генные прорехи. Так же не происходит появления новых признаков, что может помочь приспособиться к изменяющимся условиям внешней среды. Чем больше генетических комбинаций в потомстве, тем выше шансы на выживаемость, что при партеногенезе невозможно.

14) У мужчин к 30 годам накапливается больше мутаций в половых клетках (45 против 11 мутаций у женщин), что может приводить к нежелательным последствиям у потомства. Почему проявляется такая большая разница?

ОТВЕТ: В отличие от женщин (яйцеклетки формируются в уже в эмбриональном периоде, и после рождения происходит только их «дозревание»), мужчины не рождаются с готовыми сперматозоидами. Выработка сперматозоидов начинается в период полового созревания и протекает постоянно. С течением времени под воздействием различных факторов количество мутаций в новом поколении сперматозоидов увеличивается.

15) На рисунке изображена схема одного известного исследования: В опытах **A** в мышь вводили патогенные бактерии и она погибала. В опытах **B** вводили непатогенный штамм бактерий и мышь жила. В опытах **C** вводили обработанные «прокипяченные» бактерии (бактерии погибали) и мышь жила, в **D** — вводили смесь непатогенного штамма и погибших бактерий (C) — в результате мышь погибала, при чем в ее теле находили процветающие патогенные бактерии (A). Почему это происходило? С каким процессом связано это явление?



ОТВЕТ: явление трансформация, горизонтальный перенос генов между бактериями (наследственный материал от мертвых бактерий может быть включен в живые бактерии, благодаря процессу трансформации).

16) Используя приложенный текст, инфографику и собственные знания, сравните две российские вакцины и заполните таблицу, внося в нее знаки «+» или «-».

«ГамКовидВак», или «Спутник V», стал первой вакциной от коронавируса в России. Ученые взяли за основу два уже давно известных миру аденовируса человека — ad26 и ad5. Это типы обычного вируса, из-за которого у нас возникает сезонная простуда (ОРВИ). Аденовирусы обезвредили и превратили в оболочку-вектор, куда «встроили» ген S-белка коронавируса — белок шип, который помогает COVID-19 проникать в организм. К нему у нас и вырабатывается иммунитет после прививки. Вакцина разбита на 2 компонента: с оболочкой ad5 и с оболочкой ad26. Поэтому для выработки полноценного иммунитета нужно делать два укола с промежутком 21 день. Вирусологи считают, что такая схема вакцинации позволяет выработать организму максимальное количество антител.

«ЭпиВакКорона» — вторая вакцина от коронавируса, разработанная в новосибирском научном центре «Вектор», «ЭпиВакКорона» — препарат на основе пептида. Вирусологи синтезировали пептидные антигены, которые в точности повторяют фрагмент S-белка коронавируса. Пептиды закреплены на белке-носителе, который и вводится в организм. После вакцинации иммунная система вырабатывает узкоспециализированные антитела именно к тем фрагментам, которые и скопировали биотехнологии. «ЭпиВакКорона», как и «Спутник V», вводится дважды, с интервалом от 14 до 21 дня.



Утверждения:

1. После введения активного компонента вакцины в В-лимфоцитах человека «включается» синтез ферментов РНК-полимераз, аминоксил-т-РНК синтетаз.
2. В технологическом цикле производства вакцины необходимы рестриктазы.
3. Вакцина является двухвекторной.
4. При иммунизации этой вакциной антитела вырабатываются на химерный S-белок.

Утверждение	А — верно только для «Спутник V»	Б — верно только для «ЭпиВакКорона»	В — верно для обеих вакцин	Г — неверно для обеих вакцин
1				
2				
3				
4				

ОТВЕТ:

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
<i>В</i>	<i>А</i>	<i>А</i>	<i>Б</i>

Задания на 5 баллов

17) То, что обезьяна — близкий родственник человека, известно уже давно, шимпанзе среди всех обезьян — наш самый близкий родственник. При исследовании ДНК происхождение человека от обезьяноподобных предков вполне подтверждается. Генетические различия на уровне ДНК между людьми составляют в среднем 1 нуклеотид из 1000 (то есть 0.1 %), между человеком и шимпанзе — 1 нуклеотид из 100 (т. е. 1 %). Если же мы возьмем отличие между мужчиной и женщиной, то отличие заключается в том, что у женщины есть 2 X хромосомы, а мужчины 1 X и 1 Y хромосомы. Получается, что разница между в ними в целой хромосоме. Почему же тогда мужчины и женщины больше похожи друг на друга, чем человек на шимпанзе (это очевидно)? Ответ обязательно поясните.

ОТВЕТ: У человека Y-хромосома значительно меньше (59 млн нуклеотидов против 150 млн. на X-хромосоме и в ней содержатся всего несколько важных незаменимых генов: например, помимо гена SRX, определяющего пол, имеются гены, отвечающие за сперматогенез и формирование семенников. Эволюционно Y-хромосома деградирует.

18) У современного человека не африканского происхождения около 3 % генов неандертальцев. Неандертальские примеси в геномах современных людей могут влиять на различные заболевания, патологии. Так, неандертальский ген участвует в повышенном свертывании крови. Другой неандертальский ген отвечает за транспорт тиамин (витамина B1). Тиамин — обязательный участник метаболизма **углеводов**, а неандертальский аллель снижает его поступление в клетки.

Если бы эти гены были вредными, то они не закрепились бы в генотипе сапиенсов, однако то, что было полезно нашим древним предкам, оказывается вредным для современного человека? Так какую пользу могли приносить приведенные выше неандертальские гены нашим далеким предкам и чем они вредны современному человеку?

ОТВЕТ:

а) Сворачиваемость крови помогала при получении различных ранений и кровотечениях. В каменном веке, когда не было других способов остановить кровотечение после ранения или родов, а до старости всё равно мало кто доживал. Для современного горожанина, однако, это вредный признак, который может приводить к тромбозам и как следствие инсультам и инфарктам.

б) В холодной Европе сапиенсам приходилось питаться совсем другой пищей, чем в жаркой Африке, и им нужно было подстроить обмен веществ к новой диете. Но с развитием земледелия количество тиамина в пище снизилось, а доля простых углеводов возросла. Это и могло привести к тому, что полезный в прошлом неандертальский ген стал вредным. Наличие у людей этого неандертальского генетического варианта связывается с белковой и энергетической недостаточностью.

Практическая часть

Практическая часть предусматривает написание эссе на одну из 10 предложенных тем:

- «Этические вопросы генетики»;
- «Будущее человечества и генетика»;
- «Палеогенетика»;
- «Генетика в современной пищевой промышленности»;
- «Генетика и фармацевтика»;
- «Эволюция генетики как науки»;
- «Генетика и гениальность»;
- «Вопросы генетики в фантастике»;
- «Био-арт»;
- «Мифы нашего времени: ГМО».

Эссе — сочинение небольшого объема и свободной композиции, отличающееся смысловым единством и выражающее индивидуальные впечатления по конкретному вопросу, поэтому вы должны создать связный текст, который желательно разбить на абзацы, каждый из которых будет выражать отдельную мысль.

Выбирая высказывания для эссе, вы должны быть уверены, что:

- владеете основными понятиями той базовой науки, к которой оно относится;
- чётко понимаете смысл высказывания;
- можете выразить собственное мнение;
- знаете термины, необходимые для грамотного обоснования личной позиции на теоретическом уровне (при этом используемые термины и понятия должны четко соответствовать теме эссе и не выходить за её пределы);
- сумеете привести примеры из практики, истории, литературы, а также личного жизненного опыта для подтверждения собственного мнения.

Готовое эссе нужно проанализировать на предмет соответствия критериям, используемым для оценки работы.

Оценка и критерии выполнения практической части — эссе:

1. оригинальность (проходят проверку в программе Антиплагиат, допускается не более 45 % цитирования) — 5 баллов;
2. понимание материала и владение им — 10 баллов;
3. научность (употребление научной терминологии) — 5 баллов;
4. доступность изложения — 5 баллов;
5. самостоятельность выводов — 5 баллов.

Максимальный балл — 30

Палеогенетика

Что такое Палеогенетика? Палеогенетика — это направление генетики, которое занимается исследованием древнего генома всех живых организмов. Палеогенетика выделяет, секвенирует ДНК и на этих данных выстраивают различные выводы. Это направление появилось в нашем научном мире не так давно, и с каждым днем оно развивается все более и более активно. Но! Именно благодаря этому направлению мы можем узнать эволюцию не только человечества, но и всего живого.

Суть палеогенетики в том, что ученые выделяют ДНК из останков древних организмов, анализируют, расшифровывают информационный код, а уже после из полученных результатов делают выводы.

Поговорим о том, что такое геном. Геном — это совокупность Митохондриальной ДНК и ядерной ДНК клетки. Митохондриальная дезоксирибонуклеиновая кислота находится в органелле клетки, митохондриях. Отсюда и произошло ее название. А вот ядерная ДНК будет находиться непосредственно в самом ядре. Выделение этих ДНК будет различно. И не всегда палеогенетики имеют перед собой так называемую «открытую карту». Это не так. В клетке древних организмов может находиться одна митохондриальная ДНК или одна ядерная.

А теперь рассмотрим проблематику получения древней дезоксирибонуклеиновой кислоты из образца. После смерти организма разрушаются нуклеазы. В некоторых случаях ДНК поедается бактериями, некоторые окисляются кислородом. Также дезоксирибонуклеиновая кислота разрушается под воздействием высоких температур. Именно поэтому больше всего останков, которые можно применить в палеогенетике, находятся не в жарких местах. Конечно же, древнее ДНК может загрязниться молекулами других организмов. Именно поэтому, работая в научном центре, желательно, чтобы лаборатории с ДНК человека и древнее ДНК находились даже на разных улицах! Ведь процентная статистика древнего ДНК очень мала по сравнению с человеческой.

Помимо всех этих условий, существует еще две проблемы. Первая — дегградация ДНК: количество ДНК в клетке, как я уже ранее говорила, очень маленькое и сохраняется лишь маленькая часть всего генома. Вторая проблема — это контаминация. Сначала разберемся, что такое контаминация. Это заражение чужеродными материалами биологического материала. В нашем случае в образце будет содержаться менее 1 % древней ДНК. Как может произойти контаминация? Помимо того, что образец может заразиться в среде, где лежали останки, сами палеогенетики могут своим ДНК загрязнить образец.

До недавнего времени в палеогенетике существовали различные стереотипы. Считалось, что ДНК сохраняется только при сильном холоде, что ДНК образца должно быть не старше десяти тысяч лет. На данный момент все стереотипы развеялись.

Как это произошло?

В 2013 году ученые проанализировали ДНК человека из митохондриальной ДНК. Дезоксирибонуклеиновую кислоту получили из бедренной кости, которой было 400 тысяч лет. В нашем случае ДНК выделяли из кости, что не очень удобно. Материал костей пористый, а значит, больше подвержен влиянию факторов, названных выше. Другое дело — неповрежденные зубы. Их эмаль очень прочна, она создает дополнительную защиту наследственной информации. А ДНК выделяется не из эмали, а из дентина. Во всяком случае выделение ДНК происходит из разных материй.

Эта новость облетела весь свет! О ней знали все! На северо-востоке Сибири нашли коренные зубы, которые принадлежали трем мамонтам. Палеогенетики извлекли митохондриальную ДНК и секвенировали. Оказалось, что этим останкам более 1 миллиона лет. В истории палеогенетики такое было впервые! Благодаря этому исследованию узнали, что в Сибири жил не один вид мамонтов, а два. Этот факт многих поразил!

На данный момент палеогенетика — развивающаяся наука. Я думаю, что у нее еще все впереди! Это очень интересная, очень нужная в наше время область генетики!

Шелепова Илария

Генетика в современной пищевой промышленности

На протяжении длительного периода времени в сельскохозяйственной практике человек долго и упорно занимался селекционными процессами животных и растений. В самом начале процесс селекции был основан на наследуемой генетической изменчивости, но позже началось внедрение нового селекционного направления, которое называется биотехнологией. Биотехнология — использование живых организмов и биологических процессов в производственных целях. Сама биотехнология многогранна. Она включает в себя несколько отраслей науки, которые являются ее важными составляющими. Наиболее известными и важными являются генная инженерия, клеточная инженерия, биоэлектрохимия и культивирование микроорганизмов.

Я бы хотела уделить отдельное внимание генной инженерии и ее развитию в современной пищевой промышленности. Генная инженерия — искусственный перенос нужных генов от одного вида живых организмов в другой вид, часто отдаленный по происхождению. Она четко связана с целенаправленным конструированием новых комбинаций генетического материала, который в дальнейшем способен размножаться в клетке и синтезировать определенный продукт.

Также генная инженерия применяется в различных отраслях народного хозяйства, одной из которых является пищевая промышленность. Основная задача в этом направлении — применение новых способов переработки и хранения пищевых продуктов и получение пищевых добавок, аминокислот, ферментов, способных менять качество пищи.

Актуальность данного направления объясняется потребностью в усовершенствовании качества пищевых продуктов. Данная проблема сейчас довольно сильно волнует население, так как с увеличением здорового образу жизни на продовольственном рынке возрастает спрос на продукты, не имеющие вредных для организма веществ.

Так, основными продуктами генной инженерии могут служить такие аминокислоты, как цистеин, метионин, лизин, которые применяются для повышения ценности пищевых продуктов с низким содержанием белка, а для придания безалкогольным напиткам и кондитерским изделиям сладковатого вкуса используют полученный аспарат или глицин. Большое количество ферментов также находит свое применение в пищевом производстве. Например, α -амилаза широко используется в изготовлении детского питания, спирта и пива; различные липазы придают специфичный аромат сыру и другим кисломолочным продуктам, повышают их качество.

Генетически модифицированные организмы (ГМО) — это организмы, генотип которых был искусственно изменен с помощью методов генной инженерии. ГМО способны воспроизводить и передавать свой генетический материал.

Первоначальной целью создания ГМО было обеспечение продовольственной безопасности на планете. Например, для повышения выживаемости и морозостойкости клубники внедряли гены полярных рыб, а для защиты кукурузы от вредителей — ген ядовитой змеи. Таким образом, повышается шанс на получение большого количества сельскохозяйственных продуктов, которые используются в пищевой промышленности.

Но само отношение к данному виду генетически изменённых организмов неоднозначно. Многие люди высказывают свое недовольство по поводу данного метода «повышения качества» пищевых продуктов, говоря о вреде, который он несёт организму человека. ГМО вызывают аллергические реакции — ответ иммунной системы организма на чужеродные искусственно созданные белки-аллергены. Также появляются необоснованные гипотезы по поводу появления онкологических заболеваний или даже бесплодия. Хочется заметить, что не все опасения беспочвенны. Генная инженерия является относительно

молодой наукой, результаты которой до конца предугадать на данный момент просто невозможно.

Но, опираясь на современные научные источники, можно сделать вывод о положительном влиянии ГМ-культур. Выращивание таких культур и животных экономически более выгодно, а также относительно безопасно. Генетически модифицированные добавки повышают пищевую ценность продуктов, а также увеличивают количество полученного урожая, который будет использоваться в пищевой промышленности, и сроки хранения этих продуктов.

Исходя из всего вышесказанного, мне бы хотелось сказать, что геновая инженерия является одной из самых важных отраслей в современной науке, которую необходимо ещё более активно развивать, чтобы в будущем иметь возможность получать совершенно безвредные модифицированные организмы, которые не будут вызывать беспокойства общества, а также позволят пищевой отрасли промышленности выйти на новый уровень.

Хубян Жанна

АНО ДО «Кванториум в городе Невинномысске», Невинномысск, Россия

Генетика и фармацевтика

В современном обществе, несомненно, практически каждому человеку известно о том, чем занимается такая область науки, как фармацевтика. Всем хотя бы раз в жизни приходилось принимать какие-либо лекарства. Но немногие задумывались о том, как она может быть связана с генетикой несмотря на то, что этот вопрос очень актуален для современной медицины и науки в целом. Давайте рассмотрим взаимосвязь этих наук на конкретных примерах.

Ни для кого не секрет, что у многих препаратов есть побочное действие, которое может быть даже хуже самой болезни. В такой неприятной ситуации может оказаться любой человек. Но данную проблему решает одна относительно молодая, но очень актуальная наука — фармакогенетика. Она изучает влияние наследственности человека на взаимодействие его организма с лекарством. Проводимые генетические тесты позволяют врачам более эффективно подбирать лекарства в приемлемых для человека дозах, а также избегать возможных патологических реакций организма. Такой индивидуальный, серьезный подход поможет людям больше доверять медицине и не бояться приёма лекарственных препаратов.

Можно также вспомнить о том, насколько сильное влияние на развитие медицины оказали достижения генной инженерии — области, которая напрямую связана с развитием генетики. Важнейшим шагом для всего человечества была разработка компанией «Eli Lilly» в 1982 году инсулина человека, позволившего сохранить жизни миллионам людей, болеющих сахарным диабетом. До этого человек, страдающий от данного заболевания, не имел возможности как-либо облегчить свою участь и неминуемо должен был погибнуть. Сейчас же эти люди могут жить полноценной жизнью, а всё благодаря тому, что учёные разработали препарат, внедрив ген инсулина человека в бактериальную клетку.

Подводя итог, нельзя не сказать о том, что дальнейшее сближение фармацевтики и генетики, по моему мнению, может принести человечеству несомненную пользу, а развитие фармакогенетики — решить множество проблем, связанных с медициной.

Жильцова Ксения

Эволюция генетики как науки

Зачастую именно с генетикой связывают будущее нашей цивилизации. Генетика является одной из наиболее сложных и увлекательных наук. Генетика изучает наследственность и изменчивость организмов, т. е. передачу признаков сквозь поколения, и приобретение организмами новых признаков, отсутствующих у их родительских форм. Идеи и методы генетики применяются в агрономии, пищевой промышленности, в сельском хозяйстве и медицине, например, помогают создавать новые сорта растений, выводить новые виды животных и штаммы микроорганизмов, получать лекарственные препараты.

Открытия в генетике, связанные с медициной, позволяют определять генетическую предрасположенность к той или иной болезни, находить способы лечения болезней, считавшихся до этого неизлечимыми и т. д. Знания о строении генома человека позволяют распознавать врождённые заболевания, заниматься разработкой лекарственных препаратов. В странах первого мира группы учёных путем гениальных и филигранно точных экспериментов один за другим открывают для мира науки невероятные свойства составляющих живого, разрабатывают биотехнологии. Некоторые из них открыли дверь в мир неотехногенного мира.

Первое открытие — это возможность работать с живыми генами. Она появилась благодаря выделению гена отдельно от прочих структур организма и его синтезу. Значение этого открытия огромно. Следует заметить, что для выделения гена применяют разнообразные методы.

Второе ключевое открытие — это способность внедрения чужеродной информации в геном, а также функционирования его в клетках высших организмов. Материалы для этого открытия накапливались на протяжении нескольких веков. Данное достижение было бы невозможно без многочисленных исследований по возникновению и развитию злокачественных опухолей. Кроме того, стимулированные идеей генетической инженерии опыты с профаговой трансдукцией подтвердили возможность функционирования генов простых организмов в клетках млекопитающих, включая клетки человека. Генетика человека является одной из наиболее развивающихся областей.

На мой взгляд, эволюционная теория Дарвина сыграла ключевую роль в развитии генетики, способствовала возникновению ряда гипотез и теорий, объясняющих сущность наследственности и изменчивости. В своей работе «Происхождение видов» (1859) Чарльз Дарвин обобщил опыт и наблюдения естествоиспытателей по изучению наследственности и изменчивости, которые наравне с отбором являются движущими факторами эволюции. В работе «Временная гипотеза пангенезиса» Дарвин сделал попытку объяснить, каким образом осуществляется передача признаков и свойств от родителей потомкам.

Основоположником генетики принято считать Г. Менделя, который впервые разработал метод научного подхода к изучению наследственности и в своих опытах с растительными гибридами установил важнейшие законы наследования признаков.

С начала девятнадцатого века почти каждое десятилетие учёные всего мира делают открытия, связанные с генетикой, и продолжают изучать неизведанное, и так будет продолжаться, пока существует человечество.

Болдина Алина

ГАОУ ДПО ВО «Владимирский институт развития образования имени Л.И. Новиковой»,

Владимир, Россия

Детский технопарк «Кванториум-33»

Вопросы генетики в фантастике

Генетика и, в частности, генная инженерия являются неотъемлемой частью многих научно-фантастических романов. Особенно популярной данная тема была у писателей-фантастов двадцатого века. В то время молодая, но перспективная наука генетика действительно была чем-то фантастическим.

Если вы читаете фантастику, то почти всегда вам встречаются какие-либо понятия генетики современной или гипотетической генетики будущего. Например, известный всему миру роман «О дивный новый мир» Олдоса Хаксли, в данном произведении именно генная инженерия играет решающую роль в жизни людей будущего. Человек рождается из пробирки, а его предназначение и судьба в прямом смысле зашифрованы в его ДНК, написанной на суперсовременном компьютере. Стоит отметить, что данное произведение, как и многие другие, является антиутопией. Здесь, как и в фильме «Дивергент», генетический код стал причиной разделения людей на касты, на «своих и чужих». Думаю, что основная мысль романа — показать, как генная инженерия становится «яблоком раздора» в людском обществе.

С другой стороны, возможность изменения ДНК животных, растений и людей расценивается как абсолютно правильный и прорывной шаг в таких романах, как «Умри, чтобы не погибнуть» Тадеуша Марковски и «Рейнджеры космоса» Андре Нортон. Описанный в данных произведениях прорыв в области биотехнологий и генетики позволил человечеству стать «космической расой, равной другим», обрести телепатию и даже бессмертие для полёта к далёким звёздным системам.

Однако в приключенческой фантастике существует ещё одно направление. Чётко сформулировать его определение достаточно сложно. Это нечто среднее между магией, алхимией и генетикой. Ярким примером такого необычного объединения является роман Э. Рехтера «Бессмертные карлики». Древние существа, используя кровь людей, золото и познания в медицине, превращают свою расу в бессмертную, но быстро стареющую и в итоге вымирающую где-то в вулканических катакомбах. Я думаю, что идея романа — показать контраст науки, в том числе и генетики, и «околонаучной» магии.

Подводя итог вышесказанному, можно сделать вывод, что вопрос генетики в сфере фантастики отнюдь не однозначен. При этом нельзя расценивать данный факт в негативном ключе. Зачастую именно фантастика подаёт идеи современным учёным-генетикам.

Ковалев Андрей

Мифы нашего времени: ГМО

Аббревиатура ГМО расшифровывается как генетически модифицированный организм, т. е. есть такой организм, чья ДНК намеренно изменили. Это как бы ускоренная селекция, потому что обычная селекция занимает достаточно много времени, так как для селекции тщательно подбирают особей с определенными подходящими признаками для репродукции, генно-модифицированная селекция проходит намного быстрее и позволяет снизить риски побочных эффектов, а также осуществлять контроль над генами особей.

В обществе распространено мнение, что генетически модифицированный продукт опасен для организма, если употреблять его в пищу. По данным ВЦИОМ, больше 80 % россиян настроены против ГМО. Подобные опросы проводились также в США, Франции и Германии. Якобы чужеродная ДНК может встраиваться в клетки организма или в бактерии микрофлоры кишечника. В интернете можно найти множество статей о вреде ГМО, где пишут: «Эксперты выделяют следующие главные опасности употребления в пищу генетически модифицированных продуктов: подавление иммунитета, аллергия и метаболические расстройства в итоге прямого воздействия трансгенных белков». Но на самом деле ДНК, когда попадает в пищеварительный тракт, подвергается расщеплению и теряет свои свойства кодировать белки. Если следовать данной логике, то в пищеварительный тракт попадает огромное количество чужеродных для человека ДНК, например продуктов питания, которые могут навредить нашему организму. Однако никаких последствий с точки зрения изменения генетических свойств клеток человека в организме не происходит.

Сейчас в моду вошли продукты без ГМО. На этикетках продуктов можно увидеть значок «без ГМО», даже на упаковке таких продуктов, где употребление ГМО вообще невозможно.

Употребление в пищу продуктов, содержащих ГМ-организмы, прошедших экспертную оценку и получивших Свидетельство о государственной регистрации, не несет никаких рисков, что подтверждается результатами научных исследований. Наука доказала, что продукты ГМО не наносят вред здоровью человека или животного, когда те употребляют генно-модифицированный продукт в пищу.

Прежде чем вывести ГМ-продукт в продажу, ученые проводят множественные испытания, которые длятся годы. Они наблюдают, как ведут себя трансгены и продукты генной модификации, не вызывают ли они аллергии или отравления. Международное законодательство требует, чтобы каждый такой товар проходил серьезную проверку на безопасность для людей, животных и окружающей среды; также в Евросоюзе продукты, прошедшие генную модификацию, отслеживают еще много лет после выхода на рынок данного продукта, чтобы выявить возможные риски его употребления.

Кроме того, у ГМО есть и ряд преимуществ. Как я сказала выше, это ускоренная селекция, позволяющая сократить сроки его производства. Также можно хорошо контролировать все, что происходит во время модификации, отслеживать признаки и выявлять риски и, наоборот, безопасность продуктов. Еще один из плюсов ГМО — это то, что генная модификация удешевляет производство и выращивание продуктов. К примеру, требуется меньше удобрений, гербицидов, инсектицидов. ГМО продукты лучше хранятся и транспортируются. Данные плюсы ГМО показывают нам, что использование модифицированных продуктов значительно повышает шансы на избавление человечества от голода. Волонтеры могут использовать ГМО, чтобы прокормить людей в странах, где остро стоит проблема нехватки продуктов питания для населения.

Таким образом, можно сделать вывод, что вредность генно-модифицированных продуктов и организмов — это заблуждение. Такие продукты — скорее надежда на лучшую жизнь для людей, которые не могут полноценно питаться для поддержания здоровья своего организма. А для тех людей, которые могут спокойно пойти в магазин, увеличивается выбор качественных продуктов.

Кабелюк Наталья

Инфраструктурный лист лаборатории генетических технологий

1. Общее оснащение лаборатории.

№	Наименование	Кол-во
1	Стол лабораторный	10 шт.
2	Стул	6 шт.
3	Табурет	5 шт.
4	Стол моечный	1 шт.
5	Аптечка для оказания первой помощи	1 шт.
6	Шкаф для хранения лабораторной посуды	2 шт.
7	ЖК "ТВ-панель 65"	1 шт.
8	Стойка для телевизора	1 шт.
9	Стенд "Работа в лаборатории молекулярной биологии"	1 шт.
10	Журнал регистрации инструктажа по технике безопасности	1 шт.

2. Реактивы.

№	Наименование	Кол-во
1	Стиральный порошок	1 шт.
2	Спирт 96 %	20 л
3	Белизна	1 л
4	Глицерол	1,2 кг
5	Этиленгликоль	1,1 кг
6	Калий марганцовокислый (KMnO ₄)	0,1 кг
7	Праймеры для ПЦР	10 шт.
8	Набор для выделения геномной ДНК «Сорб-ГМО-Б»	4 шт.
9	Агароза LE 2 (100 г)	200 г
10	Буфер 50X TAE	4 л
11	Бромистый этидий	200 мг
12	Вода SP010-50	
13	4-кратный буфер для хранения и нанесения образцов ДНК «БиК», D-3002	
14	Маркеры длины ДНК Sky-High (13 фрагментов от 250 до 10 000 п.н.)	
15	Маркеры длины ДНК Step 100 (10 фрагментов от 100 до 1000 п.н.)	
16	ПЦР-Буфер-Б для Taq ДНК-полимеразы В-009	4 шт.
17	Дезоксинуклеозидтрифосфаты В-006	4 шт.
18	MgCl ₂ В-005	4 шт.
19	Thermus aquaticus ДНК-полимераза E-007-5000	2 шт.
20	Среда МС готовая сигма	2 шт.
21	Агар-агар бактериологический	1 кг
22	Сахароза	2 кг
23	Индолил-3-масляная кислота	
24	Индолил-3-уксусная кислота (гетероауксин)	
25	Гиббереллиновая кислота	
26	Тидиазурон	50 г
27	Набор реагентов для приготовления 5 литров среды МУРАСИГЕ-СКУГА	6 шт.
28	Раствор витаминов 1000-кратный на 5 л среды МУРАСИГЕ-СКУГА, стерильный (фильтрация), 5 мл	6 шт.

3. Оборудование, инструменты, лабораторная посуда.

№	Наименование	Кол-во
1	Камера для горизонтального электрофореза SE-1	1 шт.
2	Камера для горизонтального электрофореза SE-2	6 шт.
3	GelDoc Go Imaging System catalog 12009077	1 шт.
4	Источник питания для электрофореза Эльф-4 (PS-400)	3 шт.
5	Трансильноминатор Квант-С, 20x20 см, длина волны 470 нм	1 шт.
6	V-3 Вортекс-встряхиватель V-3, Elmi	2 шт.
7	BS-010111-AAA Шейкер-инкубатор ES-20, (Комплект поставки: Шейкер-инкубатор ES-20/60 без платформы — платформы на выбор)	2 шт.
8	BS-010203-AAG Вортекс V-1 Plus персональный для пробирок от 1,5 до 30–50 мл, включая блок питания 230VAC/12VDC 500 mA	2 шт.

№	Наименование	Кол-во
9	Магнитная мешалка с подогревом IKA HS4	1 шт.
10	Флуориметр для измерения концентрации ДНК, РНК и протеинов. MAXLIFE Personal Gene Analyzer H100	1 шт.
11	Генетический анализатор (амплификатор с детекцией в режиме реального времени) для проведения изотермической амплификации	1 шт.
12	Амплификатор T100 Thermal Cyclor	2 шт.
13	ПЦР-бокс, ширина рабочей поверхности 645 мм, с УФ-рециркулятором, со встроенной розеткой, для стерильных работ, UVC/T-M-AR, Biosan	1 шт.
14	Центрифуга IKA mini G	1 шт.
15	Центрифуга Multi-spin FV-2400	2 шт.
16	Миницентрифуга UC-1512	
17	Диспергатор универсальный IKA Ultra Turrax Tube Drive с комплектом бус (стеклянные, металлические).	1 шт.
18	Микроволновая печь DEXP B25BSDWG	1 шт.
19	Дистиллятор лабораторный АЭ-4/8 со	1 шт.
20	Бокс абактериальной воздушной среды	1 шт.
21	Весы аналитические Ohaus AX224	1 шт.
22	Весы прецизионные Ohaus PX4203	1 шт.
23	Настольный pH метр ST3100-F с отдельным держателем электрода, пластиковый обслуживаемый pH-электрод ST3100 "3 в 1", набор порошкообразных буферов pH в пакетиках и защитный чехол дисплея, с проверкой	1 шт.
24	Электроплитка бытовая ВЕСТА мощность 2400 Вт	1 шт.
25	Шкаф сушильный CM 50/250-500 ШС	1 шт.
26	Автоклав МИЗ-МА ГЛ-10	1 шт.
27	Ярусная светоустановка/фитостеллаж	1 шт.
28	Стерилизатор STERI 250	1 шт.
29	Термостат типа "Драй-блок" TDB-120 with A-103	3 шт.
30	Генератор льда Hurakan HKN-GB20	1 шт.
31	Холодильник	1 шт.
32	Автоматический дозатор 100–1000 мкл	7 шт.
33	Автоматический дозатор 2–20 мкл	6 шт.
34	Автоматический дозатор 10–100 мкл	3 шт.
35	Автоматический дозатор 0,5–10 мкл	2 шт.
36	Автоматический дозатор 0,5–5 мкл	2 шт.
37	Автоматический дозатор 20–200 мкл	4 шт.
38	Дозаторы пипеточные, восьмиканальные 5–50 мкл, "Блэк"	2 шт.
39	Подставка для пипеток на 5 мест	14 шт.
40	Халат Лаборатория	50 шт.
41	Перчатки (S)	10 уп. по 100 шт.
42	Перчатки (L)	10 уп. по 100 шт.
43	Стрипы с крышками KG2531N	4 уп. по 125 шт.
44	Пробирки с плоской оптически непрозрачной крышкой объемом 0,2 мл	2 уп. по 1000 шт.
45	Тонкостенные микропробирки 0,5 мл	2 уп. по 1000 шт.
46	Тонкостенные микропробирки 1,5 мл	2 уп. по 500 шт.
47	Тонкостенные микропробирки 2,0 мл	2 уп. по 500 шт.
48	Наконечники для автоматических пипеток 0,5–10 мкл	2 уп. по 1000 шт.
49	Наконечники Vertex до 10 мкл, стерильные, 96 штук в штативе	
50	Наконечники для автоматических пипеток 1–200 мкл	2 уп. по 1000 шт.
51	Наконечники Vertex до 200 мкл, универсальные, 96 штук в штативе	6 уп. по 96 шт.
52	Наконечники для автоматических пипеток 100–1000 мкл	2 уп. по 1000 шт.
53	Стерильные наконечники до 1000 мкл Vertex, универсальные, 96 штук в штативе	
54	Штатив для хранения на 96 мест (12x8) с крышкой, для микропробирок 0,2 мл (стрипы, одиночные пробирки, ПЦР-планшет без юбки)	8 шт.
55	Штатив для микропробирок	8 шт.
56	Штатив для хранения на 81 место (9x9) с крышкой, для микропробирок 1,5–2,0 мл	4 шт.
57	Ступки	13 шт.
58	Пестики	13 шт.
59	Банка для реактивов SIMAX 1632414321940, синяя крышка, светлое стекло, 1000 мл	2 шт.
60	Банка для реактивов SIMAX 1632414321500, синяя крышка, светлое стекло, 500 мл	4 шт.
61	Банка для реактивов SIMAX 1632414321500, синяя крышка, темное стекло, 500 мл	3 шт.
62	Банка для реактивов SIMAX 1632414321250, синяя крышка, светлое стекло, 250 мл	2 шт.

№	Наименование	Кол-во
63	Банка для реактивов SIMAX 1632414321100, синяя крышка, светлое стекло, 100 мл	4 шт.
64	Банка для реактивов SIMAX 1632414321100, синяя крышка, тёмное стекло, 100 мл	3 шт.
65	Пробирки типа Falcon объемом 15 мл стерильные, 50 шт./уп.	2 уп.
66	Пробирка типа Falcon 50 мл в упаковке, 25 штук в упаковке	2 уп.
67	Бумага фильтровальная м. "ФМ" (52x60 см), 10 кг/уп.	1 уп.
68	18000405 Очки защитные "Труд" прозрачные, поликарбонат, Kartell (инд. Уп.)	25 шт.
69	Микрошпатель двухсторонний, длина 150 мм, лопатка 40×2 мм, диаметр ручки 1 мм, нержавеющая сталь, Vochem	
70	Чашки Петри, d 100 мм, нейтральное стекло, h 20 мм, Россия	2 уп. по 36 шт.
71	Парафинизированная пленка Parafilm	1 шт.
72	Пинцет анатомический глазной прямой 100 мм	
73	Пинцет	9 шт.
74	Скальпель брюшистый средний	5 шт.
75	Ножницы остроконечные глазные прямые 115 мм	5 шт.
76	Штатив для пробирок ШЛПП-20	10 шт.
77	Колба коническая КН-2-250-50 со шкалой и цилиндрической горловиной	2 шт.
78	Колба коническая КН-2-500-50 со шкалой и цилиндрической горловиной	10 шт.
79	Колба коническая КН-2-1000-50 со шкалой и цилиндрической горловиной	5 шт.
80	Набор маркеров промышленных Edding E-140 S/4 для глянцевых поверхностей и пленок 4 цвета (0.3 мм)	2 уп.
81	Цилиндр 3-100-2 с носиком	5 шт.
82	Цилиндр 1-10-2 с носиком	
83	Цилиндр 1-250-2 с носиком	5 шт.
84	Цилиндр 1-1000-2 с носиком	1 шт.
85	Пробирки лабораторные, боросиликатное стекло БСС, 12*75 мм, 6 мл, уп. 250 шт., № 901275	1 уп.
86	Марля 36 гр/м.кв. (средней плотности), ширина 90 см, длина 10 метров	1 уп.
87	Таймер электронный Evology, TGE-2, LCD дисплей, цвет белый	1 шт.
88	пластиковые стаканчики на 150–200 мл	
89	Кварцевый песок	
90	Платформа Р-16/88 с пружинными держателями для 88 пробирок, d до 30 мм, Biosan	1 шт.
91	Платформа Р-12/100 перфорированная с зажимами для колб 12x100 мл, 250x190 мм, Biosan	1 шт.
92	Ноутбук	
93	РС-компьютер в комплекте с периферией и ПО	
94	C-mount камера MC500	
95	Камера цифровая Levenhuk M1000 PLUS	
96	Микроскоп Микромед-2, вар. 2–20 inf. — арт.: 78314	
97	Грунт универсальный	2 уп. по 10 л
98	Активные акустические колонки	
99	Водонагреватель Equation 50 л Inox	1 шт.

4. Средства обеспечения ОТ и ТБ.

4.1 Заземленное оборудование.

4.2 Аптечка.

4.3 Журнал техники безопасности.

4.4 Стенд "Работа в лаборатории молекулярной биологии".

*Специалисты ФГБНУ «Федерального исследовательского центра
Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова»,
Санкт-Петербург, Россия*

Общие правила техники безопасности в лаборатории генетических технологий

Общие правила техники безопасности в лаборатории на занятиях по биотехнологии, микробиологии, биохимии и т. д.

1. Работать в лаборатории необходимо в халате, защищая одежду и кожу от попадания на нее реактивов и микроорганизмов.
2. Каждый должен работать на закрепленном за ним рабочем месте. Переход на другое место без разрешения преподавателя не допускается.
3. Рабочее место следует поддерживать в чистоте, не загромождать его посудой и другими предметами.
4. Обучающимся запрещается работать в лаборатории без присутствия преподавателя или лаборанта, а также в неустановленное время без разрешения преподавателя.
5. К выполнению лабораторной работы можно приступить только после получения инструктажа по технике безопасности и разрешения преподавателя.
6. Приступая к работе, необходимо осознать методику работы, правила ее безопасного выполнения, проверить соответствие взятых веществ тем веществам, которые указаны в методике работы.
7. Лабораторный опыт необходимо проводить в точном соответствии с его описанием в методических указаниях, особенно придерживаться очередности добавления реактивов.
8. Для выполнения опыта пользоваться только чистой, сухой лабораторной посудой; для отмеривания каждого реактива нужно иметь мерную посуду (пипетки, бюретки, мензурку, мерный цилиндр или мерный стакан); не следует выливать избыток налитого в пробирку реактива обратно в емкость, чтобы не испортить реактив.
9. Если в ходе опыта требуется нагревание реакционной смеси, надо следовать предусмотренным методическим указаниям способа нагрева: на водяной бане, на электроплитке или на газовой горелке и др. Сильно летучие горючие вещества опасно нагревать на открытом огне.
10. Пролитые на пол и стол химические вещества обезвреживают и убирают под руководством лаборанта (преподавателя) в соответствии с правилами.
11. При работе в лаборатории следует соблюдать следующие требования: выполнять работу нужно аккуратно, добросовестно, внимательно, экономно, быть наблюдательным, рационально и правильно использовать время, отведенное для работы.
12. По окончании работы следует привести в порядок свое рабочее место: помыть посуду, протереть поверхность рабочего лабораторного стола, закрыть водопроводные краны, выключить электрические приборы.

Правила техники безопасности в лаборатории при работе с кислотами и щелочами

1. Кислоты и щелочи в большинстве относятся к веществам повышенного класса опасности и способны вызвать химические ожоги и отравления, поэтому необходимо внимательно следить за тем, чтобы реактивы не попадали на лицо, руки и одежду.
2. Запрещается по лаборатории с концентрированными кислотами и щелочами, а наливать их только в отведенном для этого месте.
3. Разливать концентрированную азотную, серную и соляную кислоты следует только при включенной вентиляции в вытяжном шкафу.
4. Запрещается набирать кислоты и щелочи в пипетку ртом. Для этого следует применять резиновую грушу и прочее оборудование для отбора проб.
5. Для приготовления растворов серной, азотной и других кислот необходимо их приливать к воде тонкой струей при непрерывном перемешивании, а не наоборот. Приливать воду в кислоту запрещается!
6. Растворять твердые щелочи следует путем медленного добавления их небольшими кусочками к воде при непрерывном перемешивании. Кусочки щелочи нужно брать только щипцами.
7. При смешивании веществ, которое сопровождается выделением тепла, необходимо пользоваться термостойким толстостенной стеклянной или фарфоровой посудой.
8. Разлитые кислоты или щелочи необходимо немедленно засыпать песком, нейтрализовать, и только после этого проводить уборку.
9. При попадании на кожу или одежду кислоты, надо смыть ее большим количеством воды, а затем 3–5 % раствором пищевой соды или разбавленным раствором аммиака.
10. При попадании на кожу или одежду щелочи, после смывания ее большим количеством воды, нужно провести обработку 2–3 % раствором борной, лимонной или уксусной кислотами.
11. Вещества, фильтры, бумагу, использованные при работе, следует выбрасывать в специальное ведро, концентрированные растворы кислот и щелочей также сливать в специальную посуду.

Правила техники безопасности в лаборатории с легковоспламеняющимися и горючими жидкостями (ЛВЖ и ГЖ)

1. Все работы с ЛВЖ и ГЖ должны осуществляться в вытяжном шкафу при включенной вентиляции, отключенных газовых проводках и электронагревательных приборов.
2. Запрещается нагревать на водяных банях вещества, которые могут вступать между собой в реакцию, сопровождающуюся взрывом или выделением паров и газов.
3. При случайном пролипании ЛВЖ (сероуглерод, бензин, диэтиловый эфир и др.), а также при потерях горючих газов необходимо немедленно отключить все источники открытого огня, электронагревательные приборы.

4. Сосуды, в которых проводились работы с ЛВЖ и ГЖ, после окончания исследований должны быть немедленно освобождены от оставшейся жидкости и промыты.
5. Опыты с ядовитыми веществами и веществами, которые имеют сильно выраженный запах, можно проводить только в вытяжном шкафу.
6. При тушении бензина, спирта, эфира пользоваться песком, которым следует засыпать на вспыхнувшее пламя.
7. При распознавании газа по запаху, который выделяется, необходимо нюхать газ только на определенном расстоянии, направляя его струю движением руки от сосуда к себе.

**Правила техники безопасности
в лаборатории с бытовым газом, спиртовкой и сухим горючим:**

1. В связи с опасностью взрыва газозвушной смеси, применение бытового газа для нагрева в лабораториях допускается в крайних случаях, когда отсутствуют электронагревательные приборы.
2. Перед зажиганием спиртовки нужно убедиться, что корпус ее исправленный, фитиль выпущен на нужную высоту и развернут, а горловина и черенок фитиля сухие.
3. Зажженную спиртовку нельзя переносить с места на место; нельзя зажигать одну спиртовку от другой.
4. Тушить спиртовку нужно накрывая пламя колпачком. Задувать пламя запрещается.
5. В спиртовках используется только этиловый спирт; пользоваться бензином или другими горючими жидкостями запрещается.
6. Брикеты (таблетки) сухого горючего иногда могут использоваться для нагрева. Зажигать их следует на керамических пластинках, тушить — колпачками для спиртовок или керамическими тиглями. Брикеты, которые не догорели, после тушения надо убрать в вытяжной шкаф.
7. Нагревание реакционных смесей в пробирках и других стеклянных сосудах нужно проводить осторожно, предварительно насухо вытерев внешние стенки сосуда и не допуская разбрызгивания смеси из сосуда. Горловина сосуда должна быть направлена в сторону как от себя, так и от тех, кто работает рядом. Пробирку следует держать под наклоном. Нельзя наклоняться над жидкостью, которая нагревается, так как иногда она может выкипать из сосуда. При нагревании пробирки над спиртовкой необходимо использовать специальный держатель для пробирок.
8. При возникновении пожара прежде всего надо выключить все нагревательные приборы, затем тушить пламя. Его нельзя задувать. Если горят органические вещества, не следует заливать пламя водой. Используйте песок, пожарные одеяла, огнетушители (лучше углекислотные).
9. При незначительных ожогах (горячими предметами, веществами или паром) место ожога необходимо обработать спиртом или крепким раствором перманганата калия, а при более тяжелых ожогах следует немедленно обратиться к врачу.

Правила техники безопасности в лаборатории с химической посудой

1. Основным травмирующим фактором, который связан с использованием стеклянной посуды, аппаратов и приборов, являются острые осколки стекла, способные вызвать порезы, а также ожоги рук при неосторожном обращении с нагретыми до высокой температуры частями стеклянной посуды.
2. Размешивать реакционную смесь в сосуде стеклянной палочкой или шпателем надо осторожно, не допуская разлома сосуда. Держать сосуд при этом необходимо за его горловину.
3. Перенося сосуды с горячей жидкостью, надо держать их двумя руками: одной — за дно, другой — за горловину, используя при этом полотенце (чтобы избежать ожогов кистей и пальцев рук).
4. При закрывании толстостенной посуды пробкой следует держать ее за верхнюю часть горловины. Нагретый сосуд нельзя закрывать притертой пробкой пока он не охладится.
5. В опытах с нагревом необходимо пользоваться посудой, которая имеет соответствующую маркировку.
6. В случае пореза стеклом нужно сначала внимательно осмотреть рану и извлечь из нее осколки стекла, если они есть, а затем обмыть раненное место 2 % раствором перманганата калия, смазать йодом и завязать бинтом или заклеить лейкопластырем.

Правила техники безопасности в лаборатории с электрооборудованием и электроприборами:

1. Химические лаборатории (включая биохимические и микробиологические) согласно степени опасности поражения электрическим током относятся к помещениям с повышенной или особой опасностью, которая обусловлена возможностью воздействия на электрооборудование химически активных сред.
2. Все работы, связанные с применением электроприборов, должны проходить под наблюдением преподавателя (лаборанта).
3. При работе с водяной баней нельзя пробовать степень нагрева воды рукой.
4. При неисправности в работе электроприбора (например, подсветка в микроскопе) необходимо обратиться к преподавателю. Чинить самостоятельно приборы запрещается.
5. При поражении электрическим током, если пострадавший остается в соприкосновении с токоведущими частями, необходимо немедленно выключить ток с помощью пускателя или вывернуть охранную пробку или перерубить токопроводящий провод изолированным инструментом. Пострадавшего, пока он находится под воздействием тока, нельзя касаться незащищенными руками (без резиновых перчаток). Если пострадавший потерял сознание, после выключения тока нужно немедленно, не дожидаясь врача, делать искусственное дыхание.

Правила техники безопасности в лаборатории при работе с реактивами

1. Если к работе не дано указаний относительно дозировки реактивов, то брать их для проведения опытов необходимо в возможно меньшем количестве (экономия материалов и времени, которое затрачивается на опыт).
2. Избыток реактива нельзя высыпать и выливать обратно в сосуд, из которого он был взят.
3. После расходования реактива банку или стакан необходимо сразу закрыть пробкой и поставить на место.
4. Сухие реактивы необходимо брать с помощью лопаток, пластмассовых или металлических шпателей. Шпатель должен быть всегда сухим и чистым. После расходования следует его тщательно обтереть.
5. Когда реактив отбирается пипеткой, ни в коем случае нельзя той же пипеткой, не вымыв ее, брать реактив с другой емкости.
6. При наливании реактивов нельзя наклоняться над сосудом, предотвращая попадания брызг на лицо или одежду.
7. Нельзя держать банку или стакан с реактивом, которую нужно открыть, держа в руках, ее надо поставить на лабораторный стол и только после этого открывать.

Правила техники безопасности в лаборатории при работе с биообъектами

1. Необходимо четко выполнять инструкции к лабораторным занятиям.
2. В лаборатории запрещается принимать пищу, пить воду.
3. Работу с биологическим материалом проводить только инструментами.
4. При случайном попадании биологического материала (особенно микроорганизмов) на стол, руки нужно провести обработку дезинфекционным раствором (например, хлорамином).
5. После работы необходимо тщательно вымыть руки с использованием дезинфекционных средств (детергентов).

Правила работы в стерильном помещении

При работе в стерильном помещении лаборатории все находящиеся в лаборатории обязаны соблюдать следующие правила работы, которые обеспечивают стерильность в работе и исключают возможность возникновения заражений при выполнении работ:

1. Все сотрудники (учащиеся, посетители), находящиеся в лаборатории, должны быть в халатах, сменной обуви (либо бахилах), белой шапочке или косынке.
2. В помещении запрещается прием пищи и хранение продуктов питания.
3. Нельзя вносить в лабораторию посторонние вещи.
4. Запрещается выходить за пределы лаборатории в халатах или надевать верхнюю одежду поверх лабораторного халата.
5. Каждый сотрудник должен пользоваться только своим рабочим местом, учащиеся — специально подготовленными индивидуальными рабочими местами.

6. Все манипуляции должны производиться с соблюдением правил стерильности (при работе с учащимися под наблюдением или непосредственно преподавателем): все стерильные работы проводят вблизи пламени горелки, переливание химических (или содержащих возбудителей и/или вирусы) жидкостей производят над лотком с дезинфицирующим раствором (под присмотром преподавателя и/или преподавателем) и т. п.
7. Нужно строго следить за чистотой рук: по окончании работы с зараженным материалом их дезинфицируют. Рабочее место в конце дня приводят в порядок и тщательно дезинфицируют.
8. Весь инвентарь, находившийся в контакте с зараженным материалом, подлежит стерилизации или уничтожению.
9. При всех процедурах, которые могут сопровождаться прямыми или случайными контактами с потенциальными инфекционными материалами, следует надевать специальные перчатки. После использования перчатки следует снимать асептически и мыть руки.
10. Все сотрудники (учащиеся, посетители), находящиеся в лаборатории, должны мыть руки каждый раз после манипуляций с инфицированными материалами, а также в конце рабочего дня.
11. При необходимости предохранить глаза и лицо от брызг, возможности попадания источников искусственной и ультрафиолетовой радиации следует надевать защитные очки, лицевые щитки или другие защитные средства.
12. Носить защитную одежду вне лабораторных помещений, а именно в столовой, буфете, служебных помещениях, библиотеках, комнатах персонала и туалетах, запрещается.
13. В лабораториях нельзя носить обувь с открытыми носками.
14. В лабораторной зоне не разрешается принимать пищу и пить, курить, применять косметические средства и использовать контактные линзы.
15. В рабочей зоне лаборатории хранение пищи и напитков запрещено.
16. Защитная лабораторная одежда не должна храниться в тех же шкафчиках или ящиках, что и личная.
17. Пипетирование ртом строго запрещено.
18. Материалы нельзя брать в рот, наклейки нельзя трогать языком и губами.

Сабинин Семен Сергеевич — составитель
*ФГБУН «Институт биоорганической химии имени академиков М.М. Шемякина
и Ю.А. Овчинникова Российской академии наук»*
Лаборатория молекулярных технологий Отдела метаболизма и редокс-биологии
Сотрудник
*ФГБОУ ДО «Федеральный центр дополнительного образования
и организации отдыха и оздоровления детей», Москва, Россия*
Куратор лаборатории генетических технологий

Федосеева Дарья Николаевна

ГАОУ ДПО ВО «Владимирский институт развития образования имени Л.И. Новиковой»,
Владимир, Россия
Детский технопарк «Кванториум-33»

Лабораторная работа «Экстракция суммарной ДНК в школьной лаборатории»

Особенности выделения ДНК из растений

При экстракции ДНК из растительных объектов необходимо не только деактивировать клеточные ферменты, но и «удалить» запасные вещества, например, полисахариды и вторичные метаболиты, такие как алкалоиды, фенольные соединения, терпены, которые не просто мешают изолированию ДНК, но и отрицательно влияют на ее качество. Процедура выделения ДНК включает обязательные процедуры:

- разрушение клеток;
- удаление мембранных липидов;
- удаление вторичных метаболитов и запасных веществ;
- удаление белков;
- удаление РНК;
- осаждение ДНК.

Лабораторная работа, вариант 1

Оборудование:

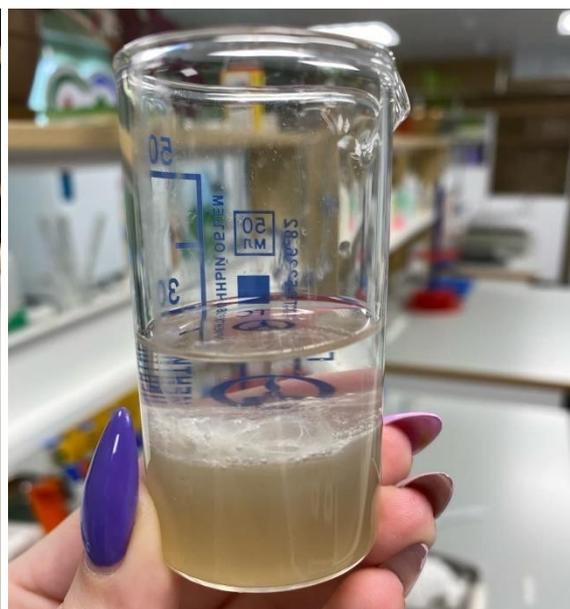
- Ступка с пестиком.
- Химические стаканы — 600 мл / 300 мл.
- Пробирки химические/биологические.
- Мерный цилиндр.

Материалы:

- Банан / клубника / киви.
- Марля / бинт.
- Жидкое мыло или средство для мытья посуды.
- Соль поваренная.
- Изопропиловый спирт.

Методика постановки

1. Подготовьте раствор для экстракции ДНК. В химическом стакане на 600 мл смешайте 500 мл чистой воды (можно дистиллированной или хорошо отфильтрованной), 10 гр поваренной соли и 15 мл жидкого мыла (можно использовать средство для мытья посуды). Тщательно перемешайте по полного растворения кристаллов соли.
2. Взять 2 средние ягоды клубники (или примерно такое же кол-во тканей другого объекта), тщательно перетереть в ступке до образования однородного гомогената.
3. В чистый химический стакан перенести полученный гомогенат, добавить 50 мл раствора для экстракции ДНК. Тщательно перемешать.
4. Профильтровать полученный раствор через марлевый фильтр — сложить марлю или бинт в 4 слоя и поместить в воронку — в чистый стакан химический или пробирку (на высоту 3-х пальцев).
5. Аккуратно, по стенке влить охлажденный изопропанол — 50 мл для большого объема в химическом стакане, 20 мл — если фильтрат отбирали в пробирку. На границе исследуемого раствора и изопропанола выделяется характерный волокнистый осадок.



Лабораторная работа, вариант 2

Оборудование:

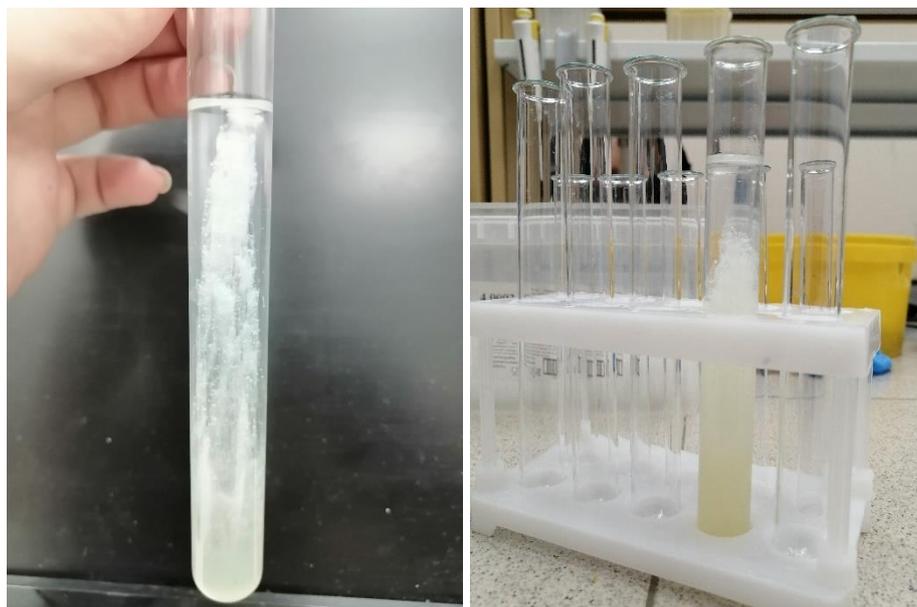
- Плита лабораторная / химическая горелка.
- Весы.
- Ступка с пестиком / блендер.
- Химические стаканы — 600 мл / 300 мл.
- Мерный цилиндр.
- Воронка.
- Пробирки химические/биологические.

Материалы:

- Репчатый лук.
- Марля/бинт.
- Холодная вода/лед.
- Соль поваренная или любая другая соль, содержащая катион Na.
- Этиловый спирт.

Методика постановки

1. Подготовьте раствор для экстракции ДНК. В химическом стакане на 600 мл смешайте 100 мл чистой воды (можно дистиллированной или хорошо отфильтрованной), 10 гр любой соли, содержащей катионы натрия.
2. 50 гр репчатого лука (или другие твердые растительные ткани) нарежьте мелким кубиком (сторона не более 1 см), добавьте в раствор для экстракции.
3. Прогрейте на плите не более 15 минут, раствор должен пожелтеть. Не доводить до кипения. Не перегревать (получение коричневого оттенка)!
4. Быстро охладите в ледяной емкости, не более 6 минут
5. Гомогенизируйте полученную смесь до однородной массы в ступке или блендером.
6. При необходимости перелейте гомогенат обратно в химический стакан и поставьте в ледяную емкость на 15–20 минут до полного охлаждения.
7. Профильтруйте полученный раствор через марлевый фильтр — сложить марлю или бинт в 4 слоя и поместить в воронку — в чистый стакан химический или пробирку (на высоту 3-х пальцев).
8. Поставьте отфильтрованный раствор в ледяную емкость еще на 10 минут.
9. Аккуратно, по стенке влейте охлажденный этанол — до 80 мл для большого объема в химическом стакане, 20 мл — если фильтрат отбирали в пробирку. На границе исследуемого раствора и спирта выделяется характерный волокнистый осадок.



**Материалы конференции реализации проекта
«Организационно-методическое сопровождение по созданию и реализации
дополнительных общеобразовательных программ в области генетики»
(Москва, 2021 г.)**

Материалы конференции публикуются в авторской редакции

Сетевое издание

Главный редактор — Кирсанов К.А.

Ответственный за выпуск — Алимова Н.К.

Технический редактор — Федосеева Д.Н.

Вёрстка — Ватаман Е.С.

Научное издание

Системные требования:

операционная система Windows XP или новее, macOS 10.12 или новее, Linux.

Программное обеспечение для чтения файлов PDF.

Объем данных 8,4 Мб

Принято к публикации «20» декабря 2021 года

Режим доступа: <https://izd-mn.com/PDF/54MNNPK21.pdf> свободный. — Загл. с экрана. — Яз. рус., англ.

ООО «Издательство «Мир науки»

«Publishing company «World of science», LLC

Адрес:

Юридический адрес — 127055, г. Москва, пер. Порядковый, д. 21, офис 401.

Почтовый адрес — 127055, г. Москва, пер. Порядковый, д. 21, офис 401.

<https://izd-mn.com/>

**ДАННОЕ ИЗДАНИЕ ПРЕДНАЗНАЧЕНО ИСКЛЮЧИТЕЛЬНО ДЛЯ ПУБЛИКАЦИИ НА
ЭЛЕКТРОННЫХ НОСИТЕЛЯХ**