

Министерство образования и науки Смоленской области
Муниципальное бюджетное учреждение дополнительного образования
МБОУ Талашкинская СШ

Принята на заседании педсовета
протокол №1 от 30.08.2024 г.

Утверждаю
Директор школы А.П. Майорова Майорова А.П.
Приказ № 108 от 02.09.2024



ТОЧКА РОСТА

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ
ОБЩЕРАЗВИВАЮЩАЯ ПРОГРАММА

«Современные биотехнологии»

Возраст обучающихся: 15 – 17 лет
Срок реализации: 2 года

Автор - составитель:
Агафонова Елена Валентиновна,
педагог дополнительного образования

д. Фленово, 2024

СОДЕРЖАНИЕ

Пояснительная записка	
Планируемые результаты освоения	
Личностные результаты.....	
Метапредметные результаты	
Предметные результаты	
Учебный план	
Содержание учебного материала.....	
Модуль «Современные агробiotехнологии».....	
Модуль «Современные биотехнологии в селекции».....	
Тематическое планирование	
Модуль «Биотехнологии настоящего и будущего».....	
Модуль «Современные биотехнологии в селекции».....	
Календарный учебный график	
Методическое обеспечение программы	

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Актуальность и назначение программы

Рабочая программа курса внеурочной деятельности «Современные биотехнологии» (далее – программа) разработана в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта основного общего образования (ФГОС ООО), Федерального государственного образовательного стандарта среднего общего образования (ФГОС СОО), ориентирована на обеспечение индивидуальных потребностей обучающихся и направлена на достижение планируемых результатов освоения программы среднего общего образования с учетом выбора участниками образовательных отношений курсов внеурочной деятельности. Это позволяет обеспечить единство обязательных требований ФГОС во всем пространстве школьного образования: не только на уроке, но и за его пределами.

Направленность программы - естественно – научная. По функциональному предназначению – прикладная. По времени реализации - двухгодичная. Вид программы – модульная, уровень освоения – продвинутый.

Настоящая программа предназначена для углубленного изучения биологических явлений и закономерностей, расширения базовых знаний, развития практических умений и навыков в современной биологии.

Актуальность реализации программы

Программой предусмотрено формирование современного теоретического уровня знаний, а также практического опыта работы с лабораторным оборудованием, овладение приемами исследовательской деятельности. Методы организации образовательной и научно-исследовательской деятельности предусматривают формирование у обучающихся нестандартного творческого мышления, свободы самовыражения и индивидуальности суждений.

Для полного учета потребностей обучающихся в программе используется дифференцированный подход, что стимулирует обучающегося к увеличению потребности в индивидуальной, интеллектуальной и познавательной деятельности и развитию научно-исследовательских навыков. Программа станет востребованной в первую очередь обучающимися, которые имеют стойкий интерес и соответствующую мотивацию к изучению предметов естественно-научного цикла, естественных наук и технологий.

В настоящее время биологическое образование должно обеспечить выпускникам высокую биологическую, экологическую и природоохранительную грамотность.

Знания в области основных биологических законов, теорий и идей формируют нравственные нормы и принципы отношения к живой природе. В качестве ценностных ориентиров биологического образования выступают объекты, изучаемые в курсе биологии, к которым у учащихся формируется ценностное отношение. При этом ведущую роль играют познавательные ценности, так как данный учебный предмет входит в группу предметов познавательного цикла, главная цель которых заключается в изучении современных способов решения глобальных проблем современности. Программа преследует не только образовательные, но и воспитательные цели, поскольку она способствует формированию экологического и биотехнологического мышления у подрастающего поколения.

Адресат программы

Программа может быть реализована в работе с обучающимися 8 - 11 классов.

Объем и сроки реализации программы

Программа курса рассчитана на 204 часа, по 102 часа каждый год обучения.

Режим занятий

Программа реализуется в течение двух лет с обучающимися, занятия проводятся 1 раз в неделю по 3 академических часа. Между занятиями организуется 2 перерыва по 10 мин.

Формы организации образовательного процесса и виды занятий по программе

Реализация программы предполагает использование форм работы, которые предусматривают активность и самостоятельность обучающихся, сочетание индивидуальной и групповой работы, проектную и исследовательскую деятельность. Таким образом, вовлеченность обучающихся в данную внеурочную деятельность позволит обеспечить их самоопределение, расширить зоны поиска своих интересов в различных сферах естественно-научных знаний, переосмыслить свои связи с окружающими, свое место среди других людей. В целом реализация программы вносит вклад в нравственное и социальное формирование личности.

В рамках программы предусмотрены такие формы работы, как беседы, дискуссии, мастер-классы, экскурсии на производство, анализ кейсов, встречи с представителями разных профессий, профессиональные пробы, коммуникативные и деловые игры, консультации педагога и психолога.

Взаимосвязь с федеральной рабочей программой воспитания

Программа курса внеурочной деятельности разработана с учетом рекомендаций федеральной рабочей программы воспитания, учитывает психолого-педагогические особенности данных возрастных категорий. Это позволяет на практике соединить обучающую и воспитательную деятельность педагога,

ориентировать ее не только на интеллектуальное, но и на нравственное, социальное развитие ребенка. Это проявляется в:

- воспитании осознанной экологически правильной мотивации в поведении и деятельности через формирование системы убеждений, основанных на конкретных знаниях;

- становлении личности обучающихся как целостной, находящейся в гармонии с окружающим миром, способной к решению экологических проблем;

- приоритете личностных результатов реализации программы внеурочной деятельности, нашедших свое отражение и конкретизацию в федеральной рабочей программы воспитания.

Особенности работы педагога по программе

Задача педагога состоит в том, чтобы сопровождать процесс профессиональной ориентации обучающихся, раскрывая потенциал обучающихся через вовлечение в многообразную деятельность, организованную в разных формах.

При этом результатом работы педагога в первую очередь является личностное развитие ребенка. Личностных результатов педагог может достичь, увлекая ребенка совместной и интересной им обоим деятельностью, устанавливая во время занятий доброжелательную, поддерживающую атмосферу, насыщая занятия ценностным содержанием. Кроме того, программа предусматривает организацию экскурсий, просмотр фильмов и записей ТВ-программ.

При изучении обучающимися программы педагог основывается на нескольких основополагающих принципах обучения:

- принцип интегративного подхода к обучению. Этот принцип имеет первостепенное значение, так как усвоение получаемых знаний по биотехнологии предполагает тесную взаимосвязь разных уровней. Первый уровень – межпредметный – предполагает взаимосвязь биологии с курсом по химии. Второй уровень – предметный – обусловлен взаимопроникновением разных биологических курсов (ботаники, зоологии, физиологии и других) в процессе

становления и изучения биотехнологии. Кроме того, логика освоения материала программы предполагает движение от общего к частному и, на новом уровне, возвращение от частного к общему.

- принцип наглядности;
- принцип доступности;
- принцип осознанности.

Примерная схема проведения занятий по программе может быть такой:

1. Объяснение теоретического материала по теме.
2. Подготовка к лабораторному или практическому занятию, обсуждение объектов для практического занятия.
3. Проведение практического занятия – основная задача освоение методологии данного эксперимента.
4. Анализ результатов эксперимента.

Цель программы: освоение фундаментальных понятий биотехнологии и практическое применение некоторых её методов.

Задачи программы:

Обучающие:

- познакомить обучающихся с основными направлениями и методами биотехнологии, её значением в жизни человека;
- изучить терминологию и основные биологических открытий в области цитологии, генетики, биохимии, молекулярной биологии, способствующие развитию биотехнологии;
- формировать знания о современных методах конструирования клеток и генетических программ организмов;
- формировать навыки проведения научных исследований в области микробиологии.

Развивающие:

- формировать ключевые компетенции обучающихся;
- развить интерес к научной деятельности;
- развить у обучающихся логическое мышления, изобретательности, самостоятельности, коммуникативных качеств;
- формировать мотивацию к творческому поиску решения поставленных задач;
- стимулировать познавательную активность обучающихся посредством включения их в различные виды деятельности.

Воспитательные:

- профессиональное самоопределение обучающихся;
- воспитать дисциплинированность, ответственность, самоорганизацию;
- воспитать трудолюбие и уважение к труду;

- формировать новаторское отношение ко всем сферам жизнедеятельности человека;
- воспитать самостоятельность в приобретении дополнительных знаний и умений;
- воспитать чувство патриотизма и гордости за достижения отечественной науки и техники.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Занятия в рамках программы направлены на обеспечение достижения обучающимися следующих личностных, метапредметных и предметных образовательных результатов.

ЛИЧНОСТНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ:

в сфере гражданского воспитания:

- готовность к совместной творческой деятельности при выполнении биологических экспериментов;
- способность определять собственную позицию по отношению к явлениям современной жизни и объяснять ее;
- готовность к сотрудничеству в процессе совместного выполнения учебных, познавательных и исследовательских задач, уважительному отношению к мнению оппонентов при обсуждении спорных вопросов биологического содержания;

в сфере патриотического воспитания:

- ценностное отношение к природному наследию и памятникам природы, достижениям России в науке;
- способность оценивать вклад российских ученых в становление и развитие биологии, понимание значения биологии в познании законов природы, в жизни человека и современного общества;

в сфере духовно-нравственного воспитания:

- способность оценивать ситуацию и принимать осознанные решения, ориентируясь на морально-нравственные нормы и ценности;
- осознание личного вклада в построение устойчивого будущего;

в сфере эстетического воспитания:

- понимание эмоционального воздействия живой природы и ее ценность;

в сфере физического воспитания:

- понимание ценности здорового и безопасного образа жизни;
- осознание последствий и неприятие вредных привычек (употребление алкоголя, наркотиков, курения);

в сфере трудового воспитания:

- готовность к активной деятельности биологической и экологической направленности, способность инициировать, планировать и самостоятельно выполнять такую деятельность;
- интерес к практическому изучению профессий, связанных с биологией;
- готовность и способность к образованию и самообразованию на протяжении всей жизни;

в сфере экологического воспитания:

- экологически целесообразное отношение к природе как источнику жизни на Земле, основе ее существования;
- повышение уровня экологической культуры: приобретение опыта планирования поступков и оценки их возможных последствий для окружающей среды;
- способность использовать приобретаемые при изучении биологии знания и умения при решении проблем, связанных с рациональным природопользованием (соблюдение правил поведения в природе, направленных на сохранение равновесия в экосистемах, охрану видов, экосистем, биосферы);
- активное неприятие действий, приносящих вред окружающей природной среде, умение прогнозировать неблагоприятные экологические последствия предпринимаемых действий и предотвращать их;

в сфере научного познания:

- понимание специфики биологии как науки, осознание ее роли в формировании рационального научного мышления, создание целостного представления об окружающем мире как о единстве природы, человека и общества, в познании природных закономерностей и решении проблем сохранения природного равновесия;
- убежденность в значимости биологии для современной цивилизации: обеспечение нового уровня развития медицины; создание перспективных биотехнологий, способных решать ресурсные проблемы развития человечества; поиск путей выхода из глобальных экологических проблем и обеспечение перехода к устойчивому развитию, рациональному использованию природных ресурсов и формированию новых стандартов жизни;

- заинтересованность в получении биологических знаний в целях повышения общей культуры, естественно-научной грамотности как составной части функциональной грамотности обучающихся, формируемой при изучении биологии;
- понимание сущности методов познания, используемых в естественных науках, способность использовать получаемые знания для анализа и объяснения явлений окружающего мира и происходящих в нем изменений; умение делать обоснованные заключения на основе научных фактов и имеющихся данных с целью получения достоверных выводов;
- способность самостоятельно использовать биологические знания для решения проблем в реальных жизненных ситуациях;
- осознание ценности научной деятельности, готовность осуществлять проектную и исследовательскую деятельность индивидуально и в группе;
- готовность и способность к непрерывному образованию и самообразованию, к активному получению новых знаний по биологии в соответствии с жизненными потребностями.

МЕТАПРЕДМЕТНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ:

в сфере овладения универсальными учебными познавательными действиями:

базовые логические действия:

- самостоятельно формулировать и актуализировать проблему, рассматривать ее всесторонне;
- использовать при освоении знаний приемы логического мышления (анализа, синтеза, сравнения, классификации, обобщения), раскрывать смысл биологических понятий (выделять их характерные признаки, устанавливать связи с другими понятиями);
- определять цели деятельности, задавая параметры и критерии их достижения, соотносить результаты деятельности с поставленными целями;
- использовать биологические понятия для объяснения фактов и явлений живой природы;
- строить логические рассуждения (индуктивные, дедуктивные, по аналогии), выявлять закономерности и противоречия в рассматриваемых явлениях, формулировать выводы и заключения;

- применять схемно-модельные средства для представления существенных связей и отношений в изучаемых биологических объектах, а также противоречий разного рода, выявленных в различных информационных источниках;

базовые исследовательские действия:

- владеть навыками учебно-исследовательской и проектной деятельности, навыками разрешения проблем; способностью и готовностью к самостоятельному поиску методов решения практических задач, применению различных методов познания;
- использовать различные виды деятельности по получению нового знания, его интерпретации, преобразованию и применению в учебных ситуациях, в том числе при создании учебных и социальных проектов;
- формировать научный тип мышления, владеть научной терминологией, ключевыми понятиями и методами;
- ставить и формулировать собственные задачи в образовательной деятельности и жизненных ситуациях;

работа с информацией:

- ориентироваться в различных источниках информации (тексте учебного пособия, научно-популярной литературе, биологических словарях и справочниках, компьютерных базах данных, в Интернете), анализировать информацию различных видов и форм представления, критически оценивать ее достоверность и непротиворечивость;
- формулировать запросы и применять различные методы при поиске и отборе биологической информации, необходимой для выполнения учебных задач;
- самостоятельно выбирать оптимальную форму представления биологической информации (схемы, графики, диаграммы, таблицы, рисунки и др.);
- использовать научный язык в качестве средства при работе с биологической информацией: применять химические, физические и математические знаки и символы, формулы, аббревиатуру, номенклатуру, использовать и преобразовывать знаково-символические средства наглядности;

в сфере овладения универсальными коммуникативными действиями:

общение:

- осуществлять коммуникации во всех сферах жизни; активно участвовать в диалоге или дискуссии по существу обсуждаемой темы (умение задавать вопросы, высказывать суждения относительно выполнения предлагаемой задачи, учитывать интересы и согласованность позиций других участников диалога или дискуссии);
- развернуто и логично излагать свою точку зрения с использованием языковых средств;

совместная деятельность:

- выбирать тематику и методы совместных действий с учетом общих интересов и возможностей каждого члена коллектива;
- принимать цели совместной деятельности, организовывать и координировать действия по ее достижению: составлять план действий, распределять роли с учетом мнений участников, обсуждать результаты совместной работы;
- предлагать новые проекты, оценивать идеи с позиции новизны, оригинальности, практической значимости;
- осуществлять позитивное стратегическое поведение в различных ситуациях, проявлять творчество и воображение, быть инициативным;

в сфере овладения универсальными регулятивными действиями:

самоорганизация:

- использовать биологические знания для выявления проблем и их решения в жизненных и учебных ситуациях;
- выбирать на основе биологических знаний целевые и смысловые установки в своих действиях и поступках по отношению к живой природе, своему здоровью и здоровью окружающих;
- расширять рамки учебного предмета на основе личных предпочтений;
- делать осознанный выбор, аргументировать его, брать ответственность за решение;

самоконтроль:

- давать оценку новым ситуациям, вносить коррективы в деятельность, оценивать соответствие результатов целям;
- принимать мотивы и аргументы других при анализе результатов деятельности;

эмоциональный интеллект, предполагающий сформированность:

- саморегулирования, включающего самоконтроль, умение принимать ответственность за свое поведение, способность адаптироваться к эмоциональным изменениям и проявлять гибкость;
- внутренней мотивации, включающей стремление к достижению цели и успеху, оптимизм, инициативность, умение действовать, исходя из своих возможностей;

принятие себя и других:

- принимать себя, понимая свои недостатки и достоинства;
- признавать свое право и право других на ошибки.

ПРЕДМЕТНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ:

- умение владеть системой биологических знаний, которая включает основополагающие биологические термины и понятия (жизнь, клетка, ткань, орган, организм, вид, популяция, биосинтез белка, наследственность, изменчивость, рост и развитие и др.);
- владение системой знаний об основных методах научного познания, используемых в биологических исследованиях живых объектов и экосистем (описание, измерение, проведение наблюдений); способами выявления и оценки антропогенных изменений в природе;
- умение устанавливать взаимосвязи между строением и функциями: клеток разных тканей; органами и системами органов у растений; этапами клеточного цикла и жизненных циклов организмов; генотипом и фенотипом;
- умение решать поисковые биологические задачи; выявлять причинно-следственные связи между исследуемыми биологическими объектами, процессами и явлениями; делать выводы и прогнозы на основании полученных результатов;
- умение выдвигать гипотезы, проверять их экспериментальными средствами, формулируя цель исследования; анализировать полученные результаты и делать выводы;
- умение оценивать этические аспекты современных исследований в области биотехнологии и генетических технологий (направленное изменение генома и создание трансгенных организмов);

- умение мотивировать свой выбор будущей профессиональной деятельности в области биологии, медицины, биотехнологии, сельского хозяйства; углублять познавательный интерес, направленный на осознанный выбор соответствующей профессии и продолжение биологического образования в организациях среднего профессионального и высшего образования.

Учебный план

№ п/п	Название темы	Количество часов			Формы аттестации (контроля)
		Всего	Теория	Практика	
1 –й год обучения					
Модуль «Современные агrobiотехнологии» (102 ч)					
1	Биотехнология как наука	12	3	9	Наблюдение, беседа, экскурсия
2	Общие понятия биотехнологии	6	3	3	Наблюдение, беседа, практическая работа
3	Особенности агrobiотехнологии	12	6	6	Наблюдение, беседа, практическая работа
4	Культура клеток и тканей	24	15	9	Наблюдение, беседа, практическая работа
5	Питательные среды для агrobiотехнологий	6	3	3	Наблюдение, беседа, практическая работа
6	Регуляторы роста как факторы успеха биотехнологии растений	12	6	6	Наблюдение, беседа, практическая работа
7	Биотехнология растений	30	12	18	Наблюдение, беседа, практическая работа
Всего по модулю		102	48	54	-
2 –й год обучения					
Модуль 2: Клеточная инженерия (102 часа)					
1	Генетические ресурсы России	18	9	9	Наблюдение, беседа, практическая работа
2	Основы генетики и селекции	24	15	9	Наблюдение, беседа, практическая работа
3	Инженерия в биологии растений	45	30	15	Наблюдение, беседа, практическая работа

4	Инженерия в биологии животных	15	3	12	Наблюдение, беседа, практическая работа
	Промежуточная аттестация. Защита проектной (или исследовательской) работы.				Промежуточная аттестация
	Всего по модулю	102	57	45	-
	Всего по программе	204	105	99	-

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Модуль «Современные агробιοтехнологии» (102 ч)

1. Биотехнология как наука (12 ч)

История возникновения науки, основные разделы, связь биотехнологии с другими науками (биологией, ботаникой, зоологией, микробиологией, биохимией, физиологией, генетикой, медициной) и отраслями промышленности (пищевая, легкая), сельского хозяйства (животноводство, растениеводство) и здравоохранением, известные вузы и НИИ, связанные с биотехнологией:

- Федеральное государственное учреждение «Федеральный исследовательский центр «Фундаментальные основы биотехнологии» Российской академии наук» (ФИЦ Биотехнологии РАН)¹;

- Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной биотехнологии» (ФГБНУ ВНИИСБ)²;

- Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова» (ФГБНУ ФИЦ ВИР)³;

- Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной микробиологии» (ФГБНУ ВНИИСХМ)⁴;

- Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук» (ФГБНУ ИЦиГ СО РАН)⁵;

¹ Федеральное государственное учреждение «Федеральный исследовательский центр «Фундаментальные основы биотехнологии» Российской академии наук» (ФИЦ Биотехнологии РАН): официальный сайт. – URL: <http://www.fbras.ru>

² Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт сельско-хозяйственной биотехнологии» (ФГБНУ ВНИИСБ): официальный сайт. – URL: <http://www.vniisb.ru>

³ Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова» (ФГБНУ ФИЦ ВИР): официальный сайт. – URL: <http://www.vir.nw.ru>

⁴ Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт сельско-хозяйственной микробиологии» (ФГБНУ ВНИИСХМ): официальный сайт. – URL: <http://www.arriam.ru>

⁵ Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук» (ФГБНУ ИЦиГ СО РАН): официальный сайт. – URL: <http://www.bionet.nsc.ru>

- Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский физико-технический институт) национальный исследовательский центр» (ФГАОУ ВО МФТИ)¹;
- Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» (ФГБОУ ВО МГУ)²;
- Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет» (ФГБОУ ВО СПбГУ)³;
- Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет» (ФГАОУ ВО НГУ)⁴;
- Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» (ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева)⁵;
- Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования «Научно-технологический университет «Сириус» (НТУ «Сириус»)⁶.

Современные направления развития агробιοтехнологий. Методы биотехнологии в науке и практике. Демонстрация видеороликов⁷.

¹ Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский физико-технический институт) национальный исследовательский центр» (ФГАОУ ВО МФТИ): официальный сайт. – URL: <http://www.mipt.ru>

² Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»: официальный сайт. – URL: <http://www.msu.ru>

³ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет» (ФГБОУ ВО СПбГУ): официальный сайт. – URL: <http://www.spbu.ru>

⁴ Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет» (ФГАОУ ВО НГУ): официальный сайт. – URL: <http://www.nsu.ru/n>

⁵ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» (ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева): официальный сайт. – URL: <http://www.timacad.ru/>

⁶ Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования «Научно-технологический университет «Сириус» (НТУ «Сириус»): официальный сайт. – URL: <http://www.siriusuniversity.ru/>

⁷ См. приложение.

Лабораторные и практические работы (одна по выбору учащегося)

Исследовательская работа «Создание биологически активных добавок и витаминов».

Исследовательская работа «Выведение новых сортов растений, пород животных с заданными свойствами».

Исследовательская работа «Создание бактерий, способных перерабатывать нефть и устранять последствия ее разливов: плюсы и минусы».

Экскурсия (видеоэкскурсия) («Биотехнология: наука и жизнь») в вуз или НИИ.

2. Общие понятия биотехнологии (6 ч)

Понятие биотехнологии. Зачем человеку биотехнологии, в чем их преимущество перед химическим синтезом. Основные объекты биотехнологии: промышленные микроорганизмы, клетки и ткани растений, животных.

Лабораторные и практические работы

Практическая работа «Примеры применения биологических объектов в твоей жизни».

3. Особенности агrobiотехнологии (12 ч)

Цели и задачи агrobiотехнологии. Основные объекты агrobiотехнологии. Биотехнологические подходы для надежного сохранения коллекций генетических ресурсов растений и животных. Понятия о полевых, *in vitro* и криоколлекциях. Рост и развитие живого объекта в замкнутой системе в контролируемых условиях: как это возможно.

Основные помещения для полноценной работы лаборатории биотехнологии (ламинарная комната, световая, автоклавная комнаты, помещение для приготовления питательных сред, моечная): их функционал и особенности.

Основные приборы для организации лаборатории биотехнологии, их функции и возможности (автоклав, сухожаровой шкаф, дистиллятор, рН-метр, весы, ламинар-бокс, стерилизатор инструментов, световая установка, климатическая камера, УФ-ионизатор, холодильники для хранения питательных сред и др.). Инструменты для применения методов биотехнологии растений (препаровальная игла, скальпель, пинцет, ножницы). Основы техники безопасности при работе с приборами. Основные приборы для организации лаборатории биотехнологии: автоклав, сухожаровой шкаф, дистиллятор, рН-метр, весы, ламинар-бокс, стерилизатор инструментов, световая установка,

климатическая камера, УФ-ионизатор, холодильники для хранения питательных сред и др. Инструменты для применения методов биотехнологии растений: препаровальная игла, скальпель, пинцет, ножницы.

Лабораторные и практические работы

Практическая работа «Культурное растение в культуральном сосуде: опиши растение в пробирке».

Исследовательская работа «Рост черенков растений в воде с разным уровнем рН».

4. Культура клеток и тканей (24 ч)

Методы культуры клеток и тканей в селекции. Каллусная культура. Культура клеток и агрегатов клеток. Культура протопластов. Получение соматических гибридов методом слияния изолированных протопластов.

Клеточная селекция. Использование гаплоидии в селекции.

Примеры применения культур клеток и тканей в научных исследованиях и в практике различных НИИ: знакомство с литературой – научными публикациями по разным объектам (микробы, растения, животные).

Характеристика клеток, культивируемых *in vitro*. Морфогенетические пути развития клетки *in vitro*.

Известные коллекции биотехнологических объектов – их роль, задачи, состав, примеры (*in vitro* коллекции растений, коллекции штаммов микроорганизмов. Семинар по прочитанной литературе, доклады обучающихся).

Биотехнология производства культуры клеток, тканей и органов растений.

Лабораторные и практические работы

Практическая работа «Протопласты клеток».

Исследовательская работа «Существующие коллекции клеток и штаммов в России и их роль в развитии генетических технологий».

Исследовательская работа «Г.Д. Карпеченко как генетик-экспериментатор и биотехнолог».

5. Питательные среды для агробiotехнологий (6 ч)

Макро- и микроэлементы, источники углеводов, витамины, желирующие агенты. Типы питательных сред – жидкие и твердые.

Питательные среды для биотехнологии растений. Разработка новых питательных сред, в том числе включающих биостимуляторы и другие регуляторы

роста. Методы оптимизации питательных сред. Основные компоненты питательных сред (макроэлементы, микроэлементы, источники углерода, витамины, желирующие агенты, регуляторы роста). Уровень рН питательной среды и его влияние на развитие растений. Весы, рН-метр.

Лабораторные и практические работы

Лабораторная работа «Питательные среды и условия культивирования, культуры растительных клеток и тканей».

Практическая работа «Приготовление стоковых (маточных) растворов макро- и микроэлементов питательной среды по прописи Мурасиге и Скуга».

Практическая работа «Приготовление питательных сред для введения в культуру *in vitro*».

6. Регуляторы роста как факторы успеха биотехнологии растений (12 ч)

Рост и развитие растений. Остальные этапы онтогенеза. Общие закономерности роста растений.

Основные классы фитогормонов (ауксины, цитокинины, гиббереллины, АБК, этилен и др.) и их функции на разных этапах развития растения.

Известные генетические механизмы, контролирующие рост и развитие растений.

Эндогенные и экзогенные регуляторы роста растений в пробирке.

Лабораторные и практические работы

Лабораторная работа «Фенотипическая оценка роста и развития растений в зависимости от наличия фитогормонов в питательной среде».

7. Биотехнология растений (30 ч)

Возможности применения агrobiотехнологий в селекции, семеноводстве и питомниководстве.

Болезни и иммунитет растений: от Н.И. Вавилова до современности.

Ускоренная и традиционная селекция: сокращаем сроки получения новых сортов. Основные методы селекции. Гибридизация. Формы отбора. Основные направления селекции: улучшение урожайности, устойчивости к биотическим и абиотическим факторам.

Оздоровление растений от вирусов с помощью методов биотехнологии: методы культуры апикальных меристем, термотерапии, хемотерапии, криотерапии

и комплексной терапии. Получение оздоровленного посадочного материала – клубней картофеля и саженцев плодовых культур.

Культивирование растительного материала в культуре *in vitro*: основные принципы и модели культивирования. Каллусогенез, суспензионные культуры растений. Микроразмножение растений. Экономический эффект от внедрения методов биотехнологии в растениеводство.

Криохранение растений. Криопротекторы. Посткриогенная регенерация.

Биологические средства защиты растений: преимущества и перспективы применения. Термос и сосуд Дьюара с жидким азотом, криопробирки.

Лабораторные и практические работы

Практическая работа «Размножение плодовых растений черенкованием и микроразмножением – пример малины (или земляники, ежевики, смородины)».

Практическая работа «Введение растений в культуру *in vitro* и поддержание чистой культуры эксплантов».

Практическая работа «Размножение картофеля в пробирке».

Исследовательская работа «Как получают потомство вегетативно размножаемых культур если не семенами?»

Исследовательская работа «Выращивание растений в пробирке».

Исследовательская работа «Как божья коровка урожаем спасала – о современных способах биологической защиты растений».

Модуль «Современные биотехнологии в селекции» (102 ч)

1. Генетические ресурсы России (18 ч)

Стратегии сохранения генетических ресурсов. Сохранение растений *in situ* и *ex situ*.

Биоресурсные коллекции России. Коллекция генетических ресурсов растений ВИР. Гербарий БИН. Коллекция генетических ресурсов животных ВНИИГРЖ. Коллекции клеток и штаммов ВНИИСХМ. Демонстрация видеороликов¹.

Лабораторные и практические работы

Исследовательская работа «По материалам форума «Генетические ресурсы России» (выбрать любой доклад и подготовить по нему сообщение).

¹ См. приложение.

2. Основы генетики и селекции (24 ч)

Наследственность и изменчивость – основные свойства живых организмов. Изменчивость мутационная и модификационная.

Ген – материальный носитель наследственности и изменчивости. Нуклеиновые кислоты. Локализация генетического материала в клетке. Деление клеток. Репликация ДНК. Основная догма молекулярной биологии. Транскрипция. Трансляция. Мутации.

Закон гомологических рядов в наследственной изменчивости Н.И. Вавилова в 1920 и 2020 гг. Демонстрация видеороликов¹.

Лабораторные и практические работы

Практическая работа «Модификационная изменчивость в природе» (собрать и сравнить листья, цветки с одного растения и/или с разных).

Исследовательская работа «ГМО – это мутации или модификации?»

3. Инженерия в биологии растений (45 ч)

Клеточная и геновая инженерия растений для развития селекции.

Природно-трансгенные растения.

Растения-биофабрики.

Биотехнологические методы в селекции растений.

Генетическое редактирование культурных растений. Чем генетическое редактирование отличается от генетической модификации.

Поиск новых генов-мишеней: существующие методики. Проведение *in silico* анализа.

Геновая инженерия зерновых культур. Геновая инженерия хлопчатника. Геновая инженерия томата. Геновая инженерия сои. Геновая инженерия плодовых культур. Геновая инженерия картофеля. Демонстрация видеороликов².

Лабораторные и практические работы

Практическая работа «Проведение *in silico* анализа для поиска новых генов-мишеней для редактирования культурного растения (на выбор)».

4. Инженерия в биологии животных (15 ч)

Современные методы в животноводстве: трансплантация эмбрионов, химерные животные, клонирование.

¹ См. приложение.

² См. приложение.

Генная инженерия в животноводстве.

Лабораторные и практические работы

Практическая работа «Проведение *in silico* анализа для поиска новых генов-мишеней для редактирования животного» (на выбор).

Исследовательская работа «Генная инженерия животных: аргументы за и против».

ТЕМАТИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ

<i>Темы занятий</i>	<i>Количество часов</i>	<i>Основное содержание</i>	<i>Виды деятельности обучающихся</i>
1 – й год обучения Модуль «Современные агробiotехнологии» (102 ч)			
1. Биотехнология как наука	12	<p>История возникновения науки, основные разделы, связь биотехнологии с другими науками (биологией, ботаникой, зоологией, микробиологией, биохимией, физиологией, генетикой, медициной) и отраслями промышленности (пищевая, легкая), сельского хозяйства (животноводство, растениеводство) и здравоохранением, известные вузы и НИИ, связанные с биотехнологией:</p> <p>ФИЦ Биотехнологии РАН, ФГБНУ ВНИИСБ, ФГБНУ ФИЦ ВИР, ФГБНУ ВНИИСХМ,</p>	<p>Раскрывать содержание терминов и понятий: наука, биотехнология, агробiotехнологии.</p> <p>Описывать процесс выполнения исследований и прогнозировать результаты экспериментов.</p> <p>Характеризовать основные научные школы в области биотехнологии.</p> <p>Различать разделы биотехнологии как науки.</p> <p>Сравнивать связь биотехнологии с различными отраслями науки и промышленности.</p> <p>Выявлять различия между разделами биотехнологии.</p> <p>Формулировать и объяснять принцип развития науки</p>

<i>Темы занятий</i>	<i>Количество часов</i>	<i>Основное содержание</i>	<i>Виды деятельности обучающихся</i>
		<p>ФГБНУ ИЦиГ СО РАН, ФГАОУ ВО МФТИ, ФГБОУ ВО МГУ, ФГБОУ ВО СПбГУ, ФГАОУ ВО НГУ, ФГБОУ ВО РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева. Современные направления развития агробiotехнологий. Методы биотехнологии в науке и практике</p>	<p>биотехнологии. Выполнение предложенных исследовательских работ: «Создание биологически активных добавок и витаминов», «Выведение новых сортов растений, пород животных с заданными свойствами», «Создание бактерий, способных перерабатывать нефть и устранять последствия ее разливов: плюсы и минусы». Экскурсия «Биотехнология: наука и жизнь» в вуз или НИИ</p>
2. Общие понятия биотехнологии	6	<p>Понятие биотехнологии. Зачем человеку биотехнологии, в чём их преимущество перед химическим синтезом. Основные объекты биотехнологии: промышленные микроорганизмы, клетки и ткани растений, животных. Практическая работа «Примеры</p>	<p>Раскрывать содержание терминов и понятий: объекты биотехнологии, клетки и ткани растений, животных, микроорганизмы. Описывать процесс биотехнологического производства. Характеризовать различные объекты биотехнологий.</p>

<i>Темы занятий</i>	<i>Количество часов</i>	<i>Основное содержание</i>	<i>Виды деятельности обучающихся</i>
		применения биологических объектов в твоей жизни»	<p>Различать промышленные микроорганизмы, клетки и ткани растений, животных как биотехнологические объекты. Сравнивать между собой процессы химического синтеза и биотехнологии.</p> <p>Выявлять наиболее эффективные объекты биотехнологии.</p> <p>Характеризовать особенности строения и функции различных биологических объектов.</p> <p>Формулировать и объяснять принцип работы биотехнологического производства выбранной группы веществ/ материалов</p>
3. Особенности агrobiотехнологии	12	Цели и задачи агrobiотехнологии. Основные объекты агrobiотехнологии. Биотехнологические подходы	<p>Раскрывать содержание терминов и понятий: сохранение растений и животных, виды коллекций генетического разнообразия.</p>

<i>Темы занятий</i>	<i>Количество часов</i>	<i>Основное содержание</i>	<i>Виды деятельности обучающихся</i>
		<p>для надежного сохранения коллекций генетических ресурсов растений и животных. Понятия о полевых, <i>in vitro</i> и криоколлекциях. Рост и развитие живого объекта в замкнутой системе в контролируемых условиях: как это возможно. Основные помещения для полноценной работы лаборатории биотехнологии (ламинарная комната, световая, автоклавная комнаты, помещение для приготовления питательных сред, моечная): их функционал и особенности. Основные приборы для организации лаборатории биотехнологии, их функции и возможности (автоклав, сухожаровой шкаф, дистиллятор,</p>	<p>Описывать процесс сохранения и размножения растений в контролируемых условиях среды. Характеризовать фазы роста и развития растений в замкнутой системе. Различать преимущества и недостатки различных типов коллекций. Сравнить этапы работы в лаборатории биотехнологии. Выявлять наиболее эффективные приёмы для сохранения образцов растений и животных. Характеризовать особенности строения и функции образцов растений. Формулировать и объяснять принцип криоконсервации растений</p>

<i>Темы занятий</i>	<i>Количество часов</i>	<i>Основное содержание</i>	<i>Виды деятельности обучающихся</i>
		<p>рН-метр, весы, ламинар-бокс, стерилизатор инструментов, световая установка, климатическая камера, УФ-ионизатор, холодильники для хранения питательных сред и др.). Инструменты для применения методов биотехнологии растений (препаровальная игла, скальпель, пинцет, ножницы). Основы техники безопасности при работе с приборами. Основные приборы для организации лаборатории биотехнологии: автоклав, сухожаровой шкаф, дистиллятор, рН-метр, весы, ламинар-бокс, стерилизатор инструментов, световая установка, климатическая камера, УФ-ионизатор, холодильники для хранения питательных сред и др.</p>	

<i>Темы занятий</i>	<i>Количество часов</i>	<i>Основное содержание</i>	<i>Виды деятельности обучающихся</i>
		<p>Инструменты для применения методов биотехнологии растений: препаровальная игла, скальпель, пинцет, ножницы.</p> <p>Практическая работа «Культурное растение в культуральном сосуде: опиши растение в пробирке».</p> <p>Исследовательская работа «Рост черенков растений в воде с разным уровнем рН»</p>	
4. Культура клеток и тканей	24	<p>Методы культуры клеток и тканей в селекции. Каллусная культура. Культура клеток и агрегатов клеток. Культура протопластов. Получение соматических гибридов методом слияния изолированных протопластов.</p> <p>Клеточная селекция. Использование гаплоидии в селекции.</p> <p>Примеры применения культур клеток и тканей в научных</p>	<p>Раскрывать содержание терминов и понятий: каллус, протопласт, соматический гибрид, гаплоид, штамм.</p> <p>Описывать процесс культивирования клеток и тканей растений и животных.</p> <p>Характеризовать разные этапы культивирования клеток и тканей растений и животных.</p> <p>Выявлять наиболее эффективные</p>

<i>Темы занятий</i>	<i>Количество часов</i>	<i>Основное содержание</i>	<i>Виды деятельности обучающихся</i>
		<p>исследованиях и в практике различных НИИ: знакомство с литературой – научными публикациями по разным объектам (микробы, растения, животные). Характеристика клеток, культивируемых <i>in vitro</i>. Морфогенетические пути развития клетки <i>in vitro</i>. Известные коллекции биотехнологических объектов – их роль, задачи, состав, примеры (<i>in vitro</i> коллекции растений, коллекции штаммов микроорганизмов. Семинар по прочитанной литературе, доклады обучающихся). Биотехнология производства культуры клеток, тканей и органов растений.</p>	<p>методы культивирования клеток и тканей растений, животных, микроорганизмов. Характеризовать особенности строения и функции клеток и тканей растений, животных, микроорганизмов. Формулировать и объяснять принцип выживаемости, роста и развития культивируемых клеток и тканей</p>

<i>Темы занятий</i>	<i>Количество часов</i>	<i>Основное содержание</i>	<i>Виды деятельности обучающихся</i>
		<p>Практическая работа «Протопласты клеток».</p> <p>Исследовательская работа «Существующие коллекции клеток и штаммов в России и их роль в развитии генетических технологий».</p> <p>Исследовательская работа «Г.Д. Карпеченко как генетик-экспериментатор и биотехнолог»</p>	
5. Питательные среды для агrobiотехнологий	6	<p>Макро- и микроэлементы, источники углеводов, витамины, желирующие агенты. Типы питательных сред – жидкие и твердые.</p> <p>Питательные среды для биотехнологии растений.</p> <p>Разработка новых питательных сред, в том числе включающих биостимуляторы и другие регуляторы роста. Методы</p>	<p>Раскрывать содержание терминов и понятий: питательная среда, компоненты питательной среды, рН раствора.</p> <p>Описывать процесс приготовления питательных сред для разных объектов.</p> <p>Характеризовать процесс приготовления питательных сред в зависимости от выбранного объекта исследования.</p>

<i>Темы занятий</i>	<i>Количество часов</i>	<i>Основное содержание</i>	<i>Виды деятельности обучающихся</i>
		<p>оптимизации питательных сред. Основные компоненты питательных сред (макроэлементы, микроэлементы, источники углерода, витамины, желирующие агенты, регуляторы роста). Уровень pH питательной среды и его влияние на развитие растений. Весы, pH-метр. Лабораторная работа «Питательные среды и условия культивирования, культуры растительных клеток и тканей». Практическая работа «Приготовление стоковых (маточных) растворов макро- и микроэлементов питательной среды по прописи Мурасиге и Скуга». Практическая работа «Приготовление питательных сред для введения в культуру <i>in vitro</i>»</p>	<p>Различать типы питательных сред в зависимости от задачи культивирования. Сравнивать растворимость веществ во время приготовления питательных сред. Сравнивать типы питательных сред в зависимости от их состава. Выявлять наиболее важные компоненты питательной среды и прогнозировать эффект от нехватки каждого из компонентов. Характеризовать функции компонентов питательных сред. Формулировать и объяснять принцип культивирования растений на питательных средах различного состава</p>

<i>Темы занятий</i>	<i>Количество часов</i>	<i>Основное содержание</i>	<i>Виды деятельности обучающихся</i>
6. Регуляторы роста как факторы успеха биотехнологии растений	12	<p>Рост и развитие растений. Остальные этапы онтогенеза. Общие закономерности роста растений. Основные классы фитогормонов (ауксины, цитокинины, гиббереллины, АБК, этилен и др.) и их функции на разных этапах развития растения. Известные генетические механизмы, контролирующие рост и развитие растений. Эндогенные и экзогенные регуляторы роста растений в пробирке. Лабораторная работа «Фенотипическая оценка роста и развития растений в зависимости от наличия фитогормонов в питательной среде»</p>	<p>Раскрывать содержание терминов и понятий: фитогормоны, регуляторы роста растений. Описывать процесс роста и развития растений. Характеризовать процесс роста и развития растений в зависимости от генотипа и окружающих условий. Различать функции регуляторов роста. Сравнивать функции регуляторов роста. Выявлять функции регуляторов роста по предложенным эффектам. Характеризовать особенности строения и функции различных фитогормонов. Формулировать и объяснять принцип воздействия фитогормонов на рост и развитие растений</p>

<i>Темы занятий</i>	<i>Количество часов</i>	<i>Основное содержание</i>	<i>Виды деятельности обучающихся</i>
7. Биотехнология растений	30	<p>Возможности применения агrobiотехнологий в селекции, семеноводстве и питомниководстве. Болезни и иммунитет растений: от Н.И. Вавилова до современности. Ускоренная и традиционная селекция: сокращаем сроки получения новых сортов. Основные методы селекции. Гибридизация. Формы отбора. Основные направления селекции: улучшение урожайности, устойчивости к биотическим и абиотическим факторам.</p> <p>Оздоровление растений от вирусов с помощью методов биотехнологии: методы культуры апикальных меристем, термотерапии, хемотерапии, криотерапии и комплексной терапии. Получение оздоровленного посадочного</p>	<p>Раскрывать содержание терминов и понятий: селекция, семеноводство, питомниководство, микроразмножение растений, оздоровление растений.</p> <p>Описывать процесс микроразмножения растений, создания нового исходного материала для селекции, отбора, оздоровления растений и получения оздоровленного посадочного материала.</p> <p>Характеризовать процесс ускоренной и традиционной селекции, микроразмножения, оздоровления растений.</p> <p>Различать методы селекции, способы оздоровления растений.</p> <p>Сравнивать методы селекции, способы оздоровления растений.</p> <p>Выявлять наиболее и наименее</p>

<i>Темы занятий</i>	<i>Количество часов</i>	<i>Основное содержание</i>	<i>Виды деятельности обучающихся</i>
		<p>материала – клубней картофеля и саженцев плодовых культур. Культивирование растительного материала в культуре <i>in vitro</i>: основные принципы и модели культивирования. Каллусогенез, суспензионные культуры растений. Микроразмножение растений. Экономический эффект от внедрения методов биотехнологии в растениеводство. Криохранение растений. Криопротекторы. Посткриогенная регенерация. Биологические средства защиты растений: преимущества и перспективы применения. Термос и сосуд Дьюара с жидким азотом, криопробирки. Практическая работа «Размножение плодовых растений черенкованием»</p>	<p>эффективные способы получения исходного материала для селекции; оздоровления растений. Характеризовать особенности и функции методов селекции, способов оздоровления растений. Формулировать и объяснять принцип традиционной и ускоренной селекции, принцип работы того или иного метода оздоровления растений</p>

<i>Темы занятий</i>	<i>Количество часов</i>	<i>Основное содержание</i>	<i>Виды деятельности обучающихся</i>
		<p>и микроразмножением – пример малины (или земляники, ежевики, смородины)».</p> <p>Практическая работа «Введение растений в культуру <i>in vitro</i> и поддержание чистой культуры эксплантов».</p> <p>Практическая работа «Размножение картофеля в пробирке».</p> <p>Исследовательская работа «Как получают потомство вегетативно размножаемых культур если не семенами?»</p> <p>Исследовательская работа «Выращивание растений в пробирке».</p> <p>Исследовательская работа «Как божья коровка урожаи спасала – о современных способах биологической защиты растений»</p>	
ИТОГО ПО МОДУЛЮ	102		

<i>Темы занятий</i>	<i>Количество часов</i>	<i>Основное содержание</i>	<i>Виды деятельности обучающихся</i>
2 й год обучения Модуль «Современные биотехнологии в селекции» (102 ч)			
1. Генетические ресурсы России	18	<p>Стратегии сохранения генетических ресурсов. Сохранение растений <i>in situ</i> и <i>ex situ</i>.</p> <p>Биоресурсные коллекции России. Коллекция генетических ресурсов растений ВИР. Гербарий БИН. Коллекция генетических ресурсов животных ВНИИГРЖ. Коллекции клеток и штаммов ВНИИСХМ.</p> <p>Исследовательская работа «По материалам форума «Генетические ресурсы России»</p>	<p>Раскрывать содержание терминов и понятий: сохранение растений <i>in situ</i> и <i>ex situ</i>.</p> <p>Описывать процесс сохранения растений в условиях <i>in situ</i> и <i>ex situ</i>.</p> <p>Характеризовать способы сохранения растений в условиях <i>in situ</i> и <i>ex situ</i>.</p> <p>Различать способы сохранения растений в условиях <i>in situ</i> и <i>ex situ</i>.</p> <p>Сравнивать особенности сохранения растений в условиях <i>in situ</i> и <i>ex situ</i>.</p> <p>Выявлять наиболее эффективный приём для сохранения конкретного образца растений.</p> <p>Характеризовать особенности и функции.</p> <p>Формулировать и объяснять</p>

<i>Темы занятий</i>	<i>Количество часов</i>	<i>Основное содержание</i>	<i>Виды деятельности обучающихся</i>
			принцип <i>in situ</i> и <i>ex situ</i> сохранения генетических ресурсов растений
2. Основы генетики и селекции	24	<p>Наследственность и изменчивость – основные свойства живых организмов. Изменчивость мутационная и модификационная. Ген – материальный носитель наследственности и изменчивости. Нуклеиновые кислоты. Локализация генетического материала в клетке. Деление клеток. Репликация ДНК. Основная догма молекулярной биологии. Транскрипция. Трансляция. Мутации. Закон гомологических рядов в наследственной изменчивости Н.И. Вавилова в 1920 и 2020 гг. Практическая работа «Модификационная изменчивость в природе» (собрать и сравнить</p>	<p>Раскрывать содержание терминов и понятий: наследственность, изменчивость, ген, ДНК, РНК, белок, закон гомологических рядов в наследственной изменчивости. Описывать проявления модификационной и мутационной изменчивости, строение ДНК и РНК, белков. Характеризовать строение и функции нуклеиновых кислот, белков. Различать типы изменчивости. Сравнить мутационную и модификационную изменчивость. Выявлять модификации и мутации. Характеризовать особенности и функции ДНК, РНК, белков. Формулировать и объяснять</p>

<i>Темы занятий</i>	<i>Количество часов</i>	<i>Основное содержание</i>	<i>Виды деятельности обучающихся</i>
		<p>листья, цветки с одного растения и/или с разных).</p> <p>Исследовательская работа «ГМО – это мутации или модификации?»</p>	<p>принцип действия закона гомологических рядов в наследственной изменчивости</p>
<p>3. Инженерия в биологии растений</p>	<p>45</p>	<p>Клеточная и генная инженерия растений для развития селекции. Природно-трансгенные растения. Растения-биофабрики. Биотехнологические методы в селекции растений. Генетическое редактирование культурных растений. Чем генетическое редактирование отличается от генетической модификации. Поиск новых генов-мишеней: существующие методики. Проведение <i>in silico</i> анализа. Генная инженерия зерновых культур. Генная инженерия хлопчатника. Генная инженерия</p>	<p>Раскрывать содержание терминов и понятий: клеточная и генная инженерия растений, генетическое редактирование, ГМО, <i>in silico</i> анализ.</p> <p>Описывать процесс клеточной и генной инженерии растений, принципы генетического редактирования, создание ГМО, этапы <i>in silico</i> анализа.</p> <p>Характеризовать современные достижения генной и клеточной инженерии разных видов растений, проведение <i>in silico</i> анализа.</p> <p>Различать генную и клеточную инженерию.</p> <p>Сравнивать биотехнологические</p>

Темы занятий	Количество часов	Основное содержание	Виды деятельности обучающихся
		<p>томата. Генная инженерия сои. Генная инженерия плодовых культур. Генная инженерия картофеля.</p> <p>Практическая работа «Проведение <i>in silico</i> анализа для поиска новых генов-мишеней для редактирования культурного растения (на выбор)»</p>	<p>методы в селекции растений. Выявлять различия между генетическим редактированием и генетической модификацией. Характеризовать особенности и функции. Формулировать и объяснять принцип клеточной и генной инженерии, генетического редактирования и генетической модификации</p>
4. Инженерия в биологии животных	15	<p>Современные методы в животноводстве: трансплантация эмбрионов, химерные животные, клонирование.</p> <p>Генная инженерия в животноводстве.</p> <p>Практическая работа «Проведение <i>in silico</i> анализа для поиска новых генов-мишеней для редактирования животного» (на выбор).</p>	<p>Раскрывать содержание терминов и понятий. Описывать трансплантацию эмбрионов, химерных животных, клонирование. Характеризовать трансплантацию эмбрионов, химерных животных, клонирование. Различать трансплантацию эмбрионов, химерных животных,</p>

<i>Темы занятий</i>	<i>Количество часов</i>	<i>Основное содержание</i>	<i>Виды деятельности обучающихся</i>
		Исследовательская работа «Генная инженерия животных: аргументы за и против»	клонирование. Сравнивать трансплантацию эмбрионов, химерных животных, клонирование. Характеризовать особенности и функции. Формулировать и объяснять принцип генной инженерии, генетического редактирования и генетической модификации
ИТОГО ПО МОДУЛЮ	102		
ОБЩЕЕ КОЛИЧЕСТВО ЧАСОВ ПО ПРОГРАММЕ	204		

Календарный учебный график

1 – й год обучения

Модуль «Современные агробiotехнологии» (102 ч)

№ п/п	Месяц, число	Время проведения занятия	Форма занятия	Количество часов	Тема занятия	Место проведения	Форма контроля
1			Теоретическое занятие	3	Введение. Инструктаж по ОТ и ТБ. История возникновения науки, основные разделы, связь биотехнологии с другими науками, и здравоохранением, известные вузы и НИИ, связанные с биотехнологией. Современные направления развития агробiotехнологий. Методы биотехнологии в науке и практике.	Каб. №15	Стартовая диагностика (анкетирование)
2			Практическое занятие	3	Выполнение одной из предложенных исследовательских работ: «Создание биологически активных добавок и витаминов», «Выведение новых сортов растений, пород животных с заданными свойствами», «Создание бактерий, способных перерабатывать нефть и устранять последствия ее разливов: плюсы и минусы».	Каб. №15	Практическая работа
3			Практическое занятие	3	Экскурсия (Видеоэкскурсия) «Биотехнология: наука и жизнь» в вуз или НИИ	Каб. №15	Практическая работа
4			Теоретическое занятие	3	Понятие биотехнологии. Зачем человеку биотехнологии, в чём	Каб. №15	Наблюдение, беседа

					их преимущество перед химическим синтезом. Основные объекты биотехнологии: промышленные микроорганизмы, клетки и ткани растений, животных.		
5			Практическое занятие	3	Практическая работа «Примеры применения биологических объектов в твоей жизни»	Каб. №15	Практическая работа
6			Теоретическое занятие	3	Цели и задачи агrobiотехнологии. Основные объекты агrobiотехнологии. Биотехнологические подходы для надежного сохранения коллекций генетических ресурсов растений и животных. Понятия о полевых, <i>in vitro</i> и криоколлекциях. Рост и развитие живого объекта в замкнутой системе в контролируемых условиях растений	Каб. №15	Наблюдение, беседа
7			Теоретическое занятие	3	Основные помещения для полноценной работы лаборатории биотехнологии Основные приборы для организации лаборатории биотехнологии, Инструменты для применения методов биотехнологии	Каб. №15	Наблюдение, беседа
8			Практическое занятие		Практическая работа «Культурное растение в культуральном сосуде: опиши растение в пробирке».	Каб. №15	Практическая работа

9			Практическое занятие	3	Исследовательская работа «Рост черенков растений в воде с разным уровнем pH»	Каб. №15	Практическая работа
10			Теоретическое занятие	3	Методы культуры клеток и тканей в селекции. Каллусная культура. Культура клеток и агрегатов клеток. Культура протопластов.	Каб. №15	Наблюдение, беседа
11			Теоретическое занятие	3	Получение соматических гибридов методом слияния изолированных протопластов.	Каб. №15	Наблюдение, беседа
12			Теоретическое занятие	3	Клеточная селекция. Использование гаплоидии в селекции. Примеры применения культур клеток и тканей в научных исследованиях и в практике различных НИИ.	Каб. №15	Наблюдение, беседа
13			Теоретическое занятие	3	Характеристика клеток, культивируемых <i>in vitro</i> . Морфогенетические пути развития клетки <i>in vitro</i> .	Каб. №15	Наблюдение, беседа
14			Теоретическое занятие	3	Известные коллекции биотехнологических объектов. Биотехнология производства культуры клеток, тканей и органов растений	Каб. №15	Наблюдение, беседа
15			Практическое занятие	3	Практическая работа «Протопласты клеток».	Каб. №15	Практическая работа
16			Практическое занятие	3	Исследовательская работа «Существующие коллекции клеток и штаммов в России и их роль в развитии генетических технологий».	Каб. №15	Практическая работа
17			Практическое занятие	3	Исследовательская работа «Г.Д. Карпеченко как генетик-	Каб. №15	Практическая работа

					экспериментатор и биотехнолог»		
18			Теоретическое занятие	3	Макро- и микроэлементы, источники углеводов, витамины, желирующие агенты. Типы питательных сред – жидкие и твердые. Питательные среды для биотехнологии растений. Разработка новых питательных сред, в том числе включающих биостимуляторы и другие регуляторы роста.	Каб. №15	Наблюдение, беседа
19			Практическое занятие (одна работа на выбор учащегося)	3	Лабораторная работа «Питательные среды и условия культивирования, культуры растительных клеток и тканей». Практическая работа «Приготовление стоковых (маточных) растворов макро- и микроэлементов питательной среды по прописи Мурасиге и Скуга». Практическая работа «Приготовление питательных сред для введения в культуру <i>in vitro</i> »	Каб. №15	Практическая работа
20			Теоретическое занятие	3	Рост и развитие растений. Остальные этапы онтогенеза. Общие закономерности роста растений. Основные классы фитогормонов	Каб. №15	Наблюдение, беседа

					(ауксины, цитокинины, гиббереллины, АБК, этилен и др.) и их функции на разных этапах развития растения.		
21			Теоретическое занятие	3	Известные генетические механизмы, контролирующие рост и развитие растений. Эндогенные и экзогенные регуляторы роста растений в пробирке.	Каб. №15	Наблюдение, беседа
22			Практическое занятие	3	Лабораторная работа «Фенотипическая оценка роста и развития растений в зависимости от наличия фитогормонов в питательной среде»	Каб. №15	Практическая работа
23			Практическое занятие	3	Лабораторная работа «Фенотипическая оценка роста и развития растений в зависимости от наличия фитогормонов в питательной среде»	Каб. №15	Практическая работа
24			Теоретическое занятие	3	Возможности применения агротехнологий в селекции, семеноводстве и питомниководстве. Болезни и иммунитет растений: от Н.И. Вавилова до современности.	Каб. №15	Наблюдение, беседа
25			Теоретическое занятие	3	Ускоренная и традиционная селекция: сокращаем сроки получения новых сортов. Основные методы селекции. Гибридизация. Формы отбора. Основные направления селекции: улучшение урожайности, устойчивости к биотическим и	Каб. №15	Наблюдение, беседа

					абиотическим факторам.		
26			Теоретическое занятие	3	Оздоровление растений от вирусов с помощью методов биотехнологии: методы культуры апикальных меристем, термотерапии, хемотерапии, криотерапии и комплексной терапии. Получение оздоровленного посадочного материала.	Каб. №15	Наблюдение, беседа
27			Теоретическое занятие	3	Культивирование растительного материала в культуре <i>in vitro</i> : основные принципы и модели культивирования. Каллусогенез, суспензионные культуры растений. Микроразмножение растений.	Каб. №15	Наблюдение, беседа
28			Практическое занятие	3	Практическая работа «Размножение плодовых растений черенкованием и микроразмножением – пример малины (или земляники, ежевики, смородины)».	Каб. №15	Практическая работа
29			Практическое занятие	3	Практическая работа «Введение растений в культуру <i>in vitro</i> и поддержание чистой культуры эксплантов».	Каб. №15	Практическая работа
30			Практическое занятие	3	Практическая работа «Размножение картофеля в пробирке».	Каб. №15	Практическая работа
31			Практическое занятие	3	Исследовательская работа «Как получают потомство вегетативно размножаемых культур если не семенами»	Каб. №15	Практическая работа

32			Практическое занятие	3	Исследовательская работа «Выращивание растений в пробирке».	Каб. №15	Практическая работа
33			Практическое занятие	3	Исследовательская работа «Как божья коровка урожай спасала – о современных способах биологической защиты растений»	Каб. №15	Практическая работа
34			Комбинированное занятие	3	Промежуточная аттестация. Защита исследовательских работ.	Каб. №15	Промежуточная аттестация
Всего часов				102			

Методическое обеспечение программы

Программой предусматриваются следующий методический инструментарий:

Формы организации учебной деятельности:

- Групповая
- Индивидуальная/Самостоятельная
- Парная
- В малых группах

Формы занятий:

- Практическое занятие
- Консультация
- Беседа

Используемые методы в рамках занятий:

- Учебное исследование
- Проблемное обучение

Виды учебной деятельности в рамках занятий:

- Поиск и анализ информации
- Анализ и решение проблемных ситуаций
- Просмотр презентаций и видеороликов
- Проведение исследовательских экспериментов
- Публичное выступление и защита

Информационное обеспечение программы

Список литературы для педагога

1. Алексеев Л.П. «Утки» - убийцы, или Социальные аспекты биотехнологии//Экология и жизнь. – 2005 - № 5 – С. 64-66.

2. Воробьев А.А., Кривошеин Ю.С., Ширококов В.П. Медицинская и санитарная микробиология: учебник для студентов вузов. – М.: Академия, 2003.
3. Глик Б., Пастернак Дж. Молекулярная биотехнология. М.: Мир, 2002.
4. Голубев, В. Н. Пищевая биотехнология. / В.Н.Голубев, И. Н Жиганов – М.: Де Липринт, 2001. - 123с.
5. Грин Н., Стаут У., Тейлор Д. Биология. Т. 1-3. М.: Лаборатория знаний, 2019.
6. Кемп П., Армс К. Введение в биологию. М.: Мир, 1988.
7. Лутова, Людмила Алексеевна. Биотехнология высших растений: учебник / Л. А. Лутова. 2-е изд., испр. и доп. - Санкт-Петербург: Изд-во СПбГУ, 2010. - 240 с
7. Льюин Б. Гены. М.: Мир, 1989.
8. Микробиология: 10 – 11 классы: методическое пособие. - М.: Вентана – Граф, 2012. – 64 с. – (Библиотека элективных курсов).
9. Медников Б. М. Биология. Формы и уровни жизни. М.: Просвещение, 1994.
10. Промышленная технология лекарств (в 2-х т.) Том 1./ В.И. Чуешов. – Харьков: НФАУ; МТК –Книга, 2002. – 560 с.
11. Сассон А. Биотехнология: свершения и надежды. М.: Мир, 1987.
12. Фармацевтическая технология. /под ред. В.И. Погорелова. – Ростов-н/Д: Феникс, 2002. – 544 с.
13. Шапиро Я.С. Микробиология: 10-11 классы: учебное пособие для учащихся общеобразовательных учреждений / Я.С.Шапиро. – М.: Вентана-Граф, 2008. – 272 с.- ил. (Библиотека элективных курсов).
14. Сингер М., Берг П. Гены и геномы. М.: Мир, 1998.
15. Фогель Ф., Мотульски А. Генетика человека. Т. 1—3. М.: Мир, 1989.
16. Шевелуха В. С. и др. Сельскохозяйственная биотехнология. М.: Высшая школа, 2003.

Для обучающихся:

1. Основы биотехнологии: 10-11 классы: учебное пособие// Библиотека элективных курсов/ Е.А.Никишова – М.: Вентана-Граф, 2009
2. Шапиро Я.С. Микробиология: 10-11 классы: учебное пособие для учащихся общеобразовательных учреждений / Я.С.Шапиро. – М.: Вентана-Граф, 2008. – 272 с.- ил. (Библиотека элективных курсов).

Интернет-ресурсы:

1. www.it-n.ru,

2. www.zavuch.info,
3. www.1september.ru,
4. <http://school-collection.edu.ru>
5. <http://collegemicrob.narod.ru/microbiology/> (микробиология)
6. myshared.ru (презентации по микробиологии)
7. ru.mobile.wikipedia.org (словарь терминов)
8. youtube.com (фильмы о достижениях биотехнологии)
9. <http://www.biotechnolog.ru>

Кадровое обеспечение программы

Дополнительная общеразвивающая программа естественнонаучной направленности «Экологический мониторинг» реализуется педагогам дополнительного образования естественно-научного профиля.

Материально-техническое обеспечение программы

Для успешной реализации программы необходимы помещение и учебная мебель, соответствующее СанПиН, информационные ресурсы, а также следующие **материалы и оборудование:**

Наименование	Кол-во одновременных пользователей	Кол-во ед.
Компьютер с монитором и комплектующими	2	1
Ноутбук (для полевых и лабораторных работ)	2	2
Программные продукты	2	1
Цифровой USB-микроскоп	4	2
Микроскоп электронный «Левенгук»	4	2
Многофункциональный набор химической посуды	5	1
Чашки Петри	10	10
Портативный рН-метр нитратометр, тест-комплект кислотности	3	1
Портативный измеритель минерализации воды	5	1
Портативный измеритель ОВП и температуры	5	1
Нитратомер	3	1
Весы лабораторные электронные	7	1
Пипетки Пастера	10	10
Предметные стекла	10	10
Покровные стекла	10	10
Пробирки пластиковые	5	10
Набор микроскопических препаратов	10	1
Комплект химических реактивов	5	3
Методические пособия (комплект)	10	1

Дидактические материалы (комплект)	10	1
Полевая базовая гидрохимическая лаборатория	10	1
Класс –комплект лаборатория ЭХБ	10	10
Цифровая лаборатория «Наулаб» по биологии	1	2
Цифровая лаборатория «Наулаб» по химии	1	
Цифровая лаборатория «Релеон» по физиологии	1	2
Комплект химических реактивов Набор N 6 С Органические вещества; Набор N 8 С Иониты; Набор N 13 ВС Галогениды; Набор N 19 ВС Соединения марганца; Набор N 22 ВС Индикаторы	1	10

Для электронного обучения и обучения с применением дистанционных образовательных технологий используются технические средства, а также информационно-телекоммуникационные сети, обеспечивающие передачу по линиям связи указанной информации (образовательные онлайн-платформы, цифровые образовательные ресурсы, размещенные на образовательных сайтах, видеоконференции, вебинары, Skype - общение, E-mail, облачные сервисы и т.д.)

Алгоритмы деятельности

Для эффективной реализации настоящей программы необходимы определённые условия:

- наличие помещения для учебных занятий, рассчитанного на 15 человек и отвечающего правилам СанПин;
- регулярное посещение обучающимися занятий;
- наличие необходимого оборудования согласно списку;
- наличие учебно-методической базы: качественные иллюстрированные определители животных и растений, научная и справочная литература, наглядный материал, раздаточный материал, методическая литература.

Каждый обучающийся в группе имеет для практической работы индивидуально «Класс –комплект лаборатория ЭХБ». Который укомплектован необходимым набором лабораторной посуды, химическими реактивами и тест – системами.

Контрольно – измерительные материалы

В ходе реализации программы осуществляются следующие виды контроля – входной, текущий, промежуточная аттестация по окончанию целой программы проводится в форме защиты проекта (допускается защита индивидуальных и групповых). Требования к структуре проекта регламентируется локальным актом школы, в которой обучаются дети.

В начале учебного года осуществляется стартовая диагностика (анкетирование) для определения уровня развития детей и их творческих способностей.

Контрольно – измерительные материалы

Результативность освоения программы - индивидуального образовательного маршрута - оценивается как на уровне знаний, умений и навыков, так и личностной характеристики обучающегося. Таким образом, занятия - это не только процесс освоения знаний, умений и навыков, но и способ познания себя, формирования отношений с товарищами, умения действовать сообща, радоваться достижениям коллектива и товарищей. Это еще и воспитание терпения, сосредоточенности, интереса к процессу и результатам труда, условия проявления инициативы и творчества. В процессе занятий отслеживаются личностные качества обучающегося: ценности, интересы, склонности, уровень притязаний, уровень профессионального самоопределения, положение обучающегося в объединении; осуществляется экспертиза деловых качеств обучающегося.

Для оценки развития личностных качеств обучающихся в процессе освоения программы разработаны критерии оценки личностных качеств обучающихся.

Критерии оценки личностных качеств обучающихся

Личностные качества обучающегося	Критерии оценки		
	Низкий	Средний	Высокий
Социальная позиция	Неохотно принимает участие в экологических акциях, праздниках и проектах. Считает, что ничего изменить нельзя, нечего и стараться	Охотно принимает участие в экологических акциях, праздниках и проектах. Считает, что можно что-то изменить к лучшему	Активно принимает участие в экологических акциях, праздниках и проектах. Считает, что стараниями каждого можно изменить положение.
Межличностные отношения	Не проявляет интереса к коллективной работе, допускает не тактичные замечания о работе других, не помогает товарищам при работе	Стремится к коллективной деятельности в целях общения с друзьями и самовыражения, не допускает не тактичные замечания о работе других, помогает другим учащимся при работе	Активно участвует в коллективной работе, тактичен в высказываниях, с удовольствием помогает другим учащимся
Отношение к занятиям	Не проявляет старательность и аккуратность в работе, часто не доводит начатое дело до конца, присутствует ради общения	Участвует в творческой работе, пытается самостоятельно справиться с трудностями, старателен и аккуратен в работе, работает и интересом, всегда доводит начатое до конца	Ответственно подходит к любой работе, проявляет творчество и фантазию, активно участвует в коллективной работе, работает старательно и аккуратно

Информационная карта освоения учащимися программы.

Ф.И.О. учащегося _____ Возраст _____ Год обучения _____ Дата заполнения карты _____

№	Параметры результативности освоения модуля	Оценка результативности освоения модуля		
		1 балл (низкий уровень)	2 балла (средний уровень)	3 балла (высокий уровень)
1.	Теоретические знания			
2.	Практические умения и навыки			
3.	Самостоятельность в познавательной деятельности			
4.	Потребность в самообразовании и саморазвитии			
5.	Применение знаний и умений в социально-значимой деятельности			
Общая сумма баллов:				

После оценки каждого параметра результативности освоения модуля, все баллы суммируются. На основе общей суммы баллов определяется общий уровень освоения модуля в соответствии с нижеприведенной шкалой:

1 – 4 балла – модуль освоен на низком уровне;

5 – 10 баллов – модуль освоен на среднем уровне;

11 – 15 баллов – модуль освоен на высоком уровне.

Информационная карта освоения модуля заполняется на основе результатов педагогического наблюдения, бесед, выполнения учащимися заданий на занятиях. Применение данной методики в долгосрочном периоде позволяет определить динамику личностного развития каждого обучающегося.

Информационная карта результатов участия детей в конкурсах, фестивалях и выставках разного уровня.

Ф.И.О. учащегося _____ Возраст _____ Год обучения _____ Дата заполнения карты _____

№	Формы предъявления	Уровень образовательного учреждения	Региональный и муниципальный уровни	Международный и федеральный уровни
---	--------------------	-------------------------------------	-------------------------------------	------------------------------------

достижений		Участие	Призер	Победитель	Участие	Призер, дипломант	Победитель	Участие	Призер	Победитель
1.	Конкурсы									
2.	Выставки									
3.	Конференции									
4.	Круглые столы, семинары									
5.	Олимпиады									
.	Другое									
Общая сумма баллов:										

В соответствии с результатами участия учащегося в мероприятиях различного уровня выставляются баллы. По сумме баллов определяется рейтинг учащихся. Выявление и анализ результатов следует проводить 2 раза в год (в середине и в конце изучения программы).

К числу планируемых результатов освоения Программы относится участие в олимпиадах, конференциях, фестивалях, конкурсах, выставках и иных мероприятиях школьного, муниципального, областного и всероссийского уровней, в связи с чем возникает необходимость формирования портфолио учащихся.

Результаты контроля могут быть основанием для корректировки Программы и поощрения учащихся.

Критерии и показатели, используемые при оценивании исследовательской работы

Критерии	Показатели
1. Новизна материала Макс. - 5 баллов	<ul style="list-style-type: none"> • самостоятельность в постановке проблемы, в формулировании нового аспекта выбранной для анализа проблемы; • наличие авторской позиции, самостоятельность суждений.
2. Степень раскрытия сущности проблемы Макс. - 5 баллов	<ul style="list-style-type: none"> • соответствие плана теме исследования; • соответствие содержания теме и плану исследования; • полнота и глубина раскрытия основных понятий проблемы; • обоснованность способов и методов работы с материалом; • умение работать с литературой, систематизировать и структурировать материал; • умение обобщать, сопоставлять различные точки зрения по рассматриваемому вопросу, аргументировать основные положения и выводы.

3. Обоснованность выбора источников Макс. - 5 баллов	<ul style="list-style-type: none"> • круг, полнота использования литературных источников по проблеме; • привлечение новейших работ по проблеме (журнальные публикации, материалы сборников научных трудов и т.д.).
4. Соблюдение требований к оформлению Макс. - 5 баллов	<ul style="list-style-type: none"> • правильное оформление ссылок на используемую литературу; • грамотность и культура изложения; • владение терминологией и понятийным аппаратом проблемы; • соблюдение требований к объему; • культура оформления: выделение абзацев.
5. Грамотность Макс. - 5 баллов	<ul style="list-style-type: none"> • отсутствие орфографических и синтаксических ошибок, стилистических погрешностей; • отсутствие опечаток, сокращений слов, кроме общепринятых; • литературный стиль.

ПРИЛОЖЕНИЕ. ФИЛЬМЫ И ЗАПИСИ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ ПРОГРАММ

Модуль «Современные агробiotехнологии»

Тема 1. Биотехнология как наука

Документальный фильм Сергея Брилева «Новый свет. Николай Вавилов». – URL: <https://smotrim.ru/video/2618068>

Документальный фильм «Семена, которые спасут человечество». – URL: https://smotrim.ru/brand/69345?utm_source=search&utm_campaign=autocomplete

Модуль «Современные биотехнологии в селекции»

Тема 1. Генетические ресурсы России

Документальный фильм «Золотой зеленый запас». 15 апреля 2023. – URL: <https://smotrim.ru/video/2594704>

Тема 2. Основы генетики и селекции

Фильмы из цикла «Матрица науки». Science and plants. Наука и растения. Зернобобовые. – URL: <https://www.youtube.com/watch?v=nCf9dl1Fpa8>

Тема 3. Инженерия в биологии растений

Фильмы из цикла «Матрица науки». Science and plants. Наука и растения. Генетическое редактирование. – URL: <https://tvspb.ru/programs/releases/107337/>