


УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ ОРДЕНОВ ОКТЯБРЬСКОЙ  
РЕВОЛЮЦИИ И ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

УТВЕРЖДАЮ  
Ректор академии  
 В. В. Великанов  
2024 г.  
Регистрационный № А-224-24/уч.

## ЦИТОГЕНЕТИКА И ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ИНЖЕНЕРИЯ

Учебная программа учреждения образования  
по учебной дисциплине для специальности  
6-05-0811-01 Производство продукции растительного происхождения

Учебная программа составлена в соответствии с образовательным стандартом общего высшего образования ОСВО 6-05-0811-01-2023 от 29.08.2023 г. по специальности **6-05-0811-01** «Производство продукции растительного происхождения» и учебными планами БД-0811-01-10-23у от 29.03.2023 г., БДс-0811-01-10-23у от 29.03.2023 г., БЗ-0811-01-10-23у от 29.03.2023 г., БЗс-0811-01-10-23у от 29.03.2023 г.

**Составители:**

**М. Н. Авраменко**, доцент кафедры селекции и генетики учреждения образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия», кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;

**Г. И. Витко**, заведующий кафедрой селекции и генетики учреждения образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия», кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;

**РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

**Е. В. Стрелкова**, доцент кафедры инженерной экологии учреждения образования «Белорусский национальный технический университет», кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;

**М. Н. Азаренко**, заведующий отдела испытания сортов сельскохозяйственных растений на ООС и патентоспособность

**РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

Кафедрой селекции и генетики учреждения образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия» (протокол № 8 от 27.03.2024 г.);

Методической комиссией агротехнологического факультета учреждения образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия» (протокол № 9 от 28.05.2024 г.);

Научно-методическим советом учреждения образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия» (протокол № 9 от 29.05.2024 г.);

Ответственные за редакцию: М. Н. Авраменко, Г. И. Витко.

Ответственный за выпуск: М. Н. Авраменко

## 1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Цитогенетика – отрасль биологии, изучающая генетические явления в связи с цитологическими особенностями организмов.

Генная инженерия – сумма методов, позволяющих переносить гены из одного организма в другой, или – технология направленного конструирования новых биологических объектов.

Цитогенетика и генная инженерия занимает важное место в комплексе биологических наук, так как изучая особенности воспроизведения, рекомбинации, изменения, функционирования генетически значимых структур, их распределение в митозе, мейозе, при оплодотворении в аспекте конструирования новых биологических объектов с заданными параметрами необходимо для научно-практической работы специалистов в дальнейшей профильной и научно-исследовательской деятельности в решении проблем биологии и сельского хозяйства.

Так как в настоящее время в селекционных учреждениях Республики Беларусь с целью интенсификации селекционного процесса наряду с традиционными методами все шире используются цитогенетические методы и методы генной инженерии, которые значительно расширяют возможности управления наследственностью и изменчивостью растений. При этом большое внимание уделяется эффективному использованию микроскопической техники, выбору и подготовке цитологических объектов к исследованиям. Получение трансгенных растений открывает принципиально новые возможности для селекции в создании новых сортов и гибридов, устойчивых к экстремальным воздействиям, инфекционным заболеваниям и вредителям.

Цель учебной дисциплины является освоение студентами целостной системы знаний цитогенетики и фундаментальных принципов генетической инженерии для повышения уровня их биологической квалификации.

Основной задачей учебной дисциплины является изучение генетических явлений на основе цитологических особенностей организмов, обеспечивающих преемственность свойств клетки и организмов, создание генно-инженерных трансгенных растений с заданными признаками и свойствами для практических целей.

Учебная дисциплина «Цитогенетика и генная инженерия» для студентов специальности 6-05-0811-01 Производство продукции растительного происхождения государственным компонентом и относится к биологическому модулю.

Освоение научной дисциплины базируется на приобретении ранее студентами знаний по учебной дисциплине: «Ботаника», «Генетика», «Химия».

Содержание учебного курса определяется задачами смежных дисциплин: генетика, селекция, цитология, сортоведения, семеноведения и семеноводства, биотехнология.

В результате изучения дисциплины студент должен обладать следующими базовой специальной компетенцией: осуществлять подбор методов и технологий для решения профессиональных задач в области применения генетической инженерии на основе знаний о строении и функционировании клеточного генома,

генетических механизмов регуляции растительных клеток и методов трансфекции.

В результате изучения дисциплины студент должен **знать:**

- биологические основы размножения растений, клеточные и хромосомные механизмы наследственности;

- механизмы изменчивости генетического материала;

- общие положения и методы генной инженерии, достижения и перспективы;

- структурно-функциональные особенности объектов генной инженерии;

- способы получения рекомбинантной ДНК;

- задачи, которые решаются с помощью генной инженерии;

**уметь:**

- проводить и анализировать данные цитогенетического эксперимента;

- использовать достижения цитогенетики в решении задач селекции, экологии и биотехнологии;

- применять методы генной инженерии для конструирования новых форм,;

- определять ген, отвечающий за синтез определенного белка, а также применять полученные знания в дальнейшей практической деятельности.

**владеть:**

- навыками использования различных подходов цитогенетического анализа и методов генной инженерии для решения конкретных прикладных задач.

В рамках образовательного процесса по данной учебной дисциплины обучающийся должен не только приобрести теоретические и практические знания, умения и навыки по специальности, но и развить свой ценностно-личностный, духовный потенциал, сформировать качества патриота и гражданина, готового к активному участию в экономической, производственной, общественной и социально-культурной жизни страны.

Учебная дисциплина «Цитогенетика и генная инженерия» предусматривает очную, заочную форму получения образования с полным сроком обучения для специальности **6-05-0811-01** «Производство продукции растительного происхождения».

### Распределение аудиторного времени

Форма обучения	Курс	Семестр	Примерное количество часов			
			Всего	аудиторных	лекций	лабораторных
Очная с полным и сокращенным сроком	2	3	108	54	18	36
Заочная с полным и сокращенным сроком	3		108	12	4	8

**Форма контроля знаний – зачет.**

## **2. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА**

### **2.1. Введение в дисциплину.**

#### **Строение растительной клетки и способы ее деления**

Предмет и задачи цитогенетики. Этапы развития цитогенетики как науки. Методы цитогенетики. Клеточное строение организмов. Строение растительной клетки. Строение и функции органоидов клетки. Ведущая роль ядра в явлении наследственности. Создание хромосомной теории наследственности.

Хромосома как предмет цитогенетических исследований. Функции хромосом. Митоз и мейоз – цитогенетические механизмы реализации наследственности в онто- и филогенезе.

Деление клетки как основа размножения и индивидуального развития организма. Митотический цикл клетки. Фазы митоза и их характеристика. Митотический аппарат. Морфология метафазной пластинки. Цитокинез. Митотический индекс. Значение митоза.

Нарушение нормального хода митоза. Полиплоидия (автополиплоиды, аллополиплоиды, анеуплоиды, гаплоиды).

Мейоз. Типы мейоза: зиготный (начальный), споровый (промежуточный), гаметный (конечный). Первое (редукционное или уменьшающее) и второе (эквационное или уравнивающее) деления мейоза. Фазы мейоза I и II их характеристики.

Нарушение хода мейоза. Генетическое значение мейоза.

### **2.2. Строение и функции хромосом. Кроссинговер**

Хромосомы их строение, химический состав и функции. Уровни компактизации хромосом (нуклеосомный, нуклеомерный, хромомерный, хрономемный, хромосомный).

Гомологичные и гомеологичные хромосомы. Кариотип. Полиплоидный ряд. Построение кариограмм, идиограмм)

Процессы редупликации, рекомбинации и дифференцировки в хромосомах. Структурные изменения хромосом (абerrации). Нарушение строения хромосом под действием мутагенов и других факторов.

Типы хромосомных перестроек для селекции.

Классификация хромосом в метафазе в зависимости от расположения центромеры. Вторичные перетяжки хромосом. Гетерохроматиновые и эухроматиновые участки и их функции. Роль гистонов и негистовых белков в организации гетерохроматиновых районов хромосом.

Цитологические механизмы рекомбинации. Конъюгация хромосом, образование синаптонемального комплекса.

Мейотический кроссинговер. Основные гипотезы и механизмы кроссинговера. Типы рекомбинации хроматид. Двойной кроссинговер. Неравный кроссинговер и его значение. Положительная и отрицательная интерференция. Коэффициент коинциденции. Коэффициент терминализации. Частота хиазм.

Соматический кроссинговер. Факторы, вызывающие изменение кроссинговера. Генетические и цитологические карты хромосом. Явление синтении.

Структурные изменения хромосом (микроскопические и субмикроскопические изменения). Хромосомные aberrации, точковые и генные мутации. Внутрихромосомные перестройки: нехватки, дупликации, инверсии. Межхромосомные перестройки (транслокации). Фенотипическое проявление структурных изменений хромосом.

### **2.3. Нуклеиновые кислоты, как материальные носители наследственности**

ДНК как ведущий носитель наследственной информации. Строение ДНК. Видовая специфичность молекулы ДНК. Процесс репликации ДНК и роль ферментов в этом процессе. Реализация наследственной информации закодированной в молекуле ДНК. Химическая структура белковых молекул (первичная, вторичная, третичная, четвертичная). Схема реализации наследственной информации.

РНК его строение и типы. Биосинтез. Этапы биосинтеза (транскрипция, сплайсинг, трансляция). Генетический код и его свойства. Регуляция активности генов. Механизмы регулирования транскрипции у эукариот. Представление о гене как единице наследственности.

### **2.4. Генная инженерия как наука и ее основы. Ферменты, применяемые в генной инженерии и методы получения генов. Построение карт**

Генная инженерия как наука. Предпосылки и этапы становления генной инженерии. Проблемы и направления генной инженерии. Связь генной инженерии с другими науками.

Стратегия молекулярного клонирования.

Ферменты генной инженерии и их функции (нуклеазы, лигазы, полимеразы, рестриктаза). Понятие амплификации. Метод полимеразной цепной реакции (ПЦР). Процесс лигирования. Типы нуклеаз по способу их действия.

Классификация рестриктаз и их роль в решении генно-инженерных задач. Сайты рестрикции.

Метод электрофореза и его роль в получении рестрикционных карт. Построение карт.

Метод секвенирования – определение нуклеотидных последовательностей. Химический и ферментативный сиквенс.

## **2.5. Векторные молекулы ДНК и их конструирование. Методы получения рекомбинантных молекул ДНК и введение их в клетки реципиента. Идентификация и отбор. Библиотека генов**

Типы молекулярных векторов (векторы-амплификаторы, векторы экспрессии, фьюжин-векторы, челночные или бинарные векторы, векторы секреции, интегрированные векторы).

Соединение фрагментов по одноименным «липким» концам. Соединение фрагментов по «тупым» концам. Соединение фрагментов с разноименными концами. Векторные молекулы. Трансформация. Использование бактериальных плазмид в качестве векторов для клонирования. Фаговые векторы. Космиды. ВАС- и YAC-векторы.

Геномная библиотека (банк генов). Метод получения фрагментов геномной ДНК. Размножение и поиск геномных клонов. Сроки и условия хранения геномной библиотеки.

Выделение генов — один из главных этапов в генетической инженерии. Синтез комплементарной ДНК (кДНК). Создание библиотеки кДНК. Скрининг библиотек. Анализ ДНК методом блот-гибридизации. Этапы блот-гибридизации.

## **2.6. Генетическая инженерия растений. Методы получения трансгенных растений устойчивых к различным факторам**

Значение генетической инженерии растений в решении практических задач. Этапы получения трансгенных растений в технологии генетической инженерии: идентификация и клонирование гена; подбор генотипа растения-реципиента; введение гена и его экспрессия в геноме растения-реципиента; факторы, влияющие на регенерационную способность трансформированных клеток.

Введение чужеродных генов в растительную клетку при помощи агробактериальных векторов. Проблемы введения чужеродных генов в хромосомы растений и роль трансформации растений Ti-плазмидами почвенных агробактерий в решении проблемы. Условия для трансформации растений с помощью агробактерий.

Вектора для трансформации растений на основе Ti-плазмид агробактерий (коинтегративный вектор, бинарный вектор). Векторы для трансформации растений на основе Ri-плазмид. Векторы на основе ДНК-содержащих вирусов растений. Векторы на основе мобильных элементов (транспозонов).

Методы трансформации растительных клеток (метод кокультивации с агробактерией; методы прямого переноса генов в растение (микроинъекции днк, электропорация, упаковка в липосомы, вакуумная инфльтрация, метод биобаллистической трансформации). Доказательства трансформации растений.

Экспрессия (функционирование) чужеродных генов в геноме растений.

Повышение продуктивности растений и улучшение их качества методами генной инженерии. Получение трансгенных растений, устойчивых к стрессовым воздействиям. Получение трансгенных растений, устойчивых к насекомым. Получение трансгенных растений, устойчивых к грибной, бактериальной и

вирусной инфекции. Получение трансгенных растений, устойчивых к гербицидам. Трансгенные растения – продуценты лекарственных препаратов.

Трансформация пластомного генома растений. векторы для хлоропластной трансформации. методы трансформации пластидного генома.

Полимеразная цепная реакция. Применение ДНК маркеров в генетике и селекции. Микросателлиты.

Проблемы генной инженерии растений.

**3. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА  
УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ  
«ЦИТОГЕНЕТИКА И ГЕННАЯ ИНЖЕНЕРИЯ»**  
для специальности 6-05-0811-01 «Производство продукции  
растительного происхождения»  
Форма получения образования: очная с полным  
и сокращенным сроком обучения

№ п. п.	раздел, тема	всего аудиторных	в том числе:		количество часов ср	форма контроля знаний
			лекции	лабораторных занятий		
<b>Цитогенетика</b>						
1	Введение в дисциплину. Строение растительной клетки и способы ее деления	10	2	8	4	устный опрос, оформ- ление и защита лабораторных работ
2	Строение и функции хромосом. Кроссинговер	16	4	12	18	устный опрос, оформ- ление и защита лабораторных работ, решение задач
3	Нуклеиновые кислоты, как матери- альные носители наследственности	4	2	2	8	Устный опрос, решение задач
<b>Генная инженерия</b>						
4	Генная инженерия как наука и ее основы. Ферменты, применяемые в генной инженерии и методы полу- чения генов. Построение карт	6	2	4	8	Устный опрос
5	Векторные молекулы ДНК и их конструирование. Методы получе- ния рекомбинантных молекул ДНК и введение их в клетки реципи- ента. Идентификация и отбор. Биб- лиотека генов	6	2	4	6	Устный опрос,
6	Генетическая инженерия растений. Методы получения трансгенных растений устойчивых к различным факторам	12	6	6	10	Устный опрос
<b>и т о г о</b>		54	18	36	54	зачет

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА**  
**УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**«ЦИТОГЕНЕТИКА И ГЕННАЯ ИНЖЕНЕРИЯ»**  
 для специальности 6-05-0811-01 «Производство продукции  
 растительного происхождения»  
 Форма получения образования: заочная с полным  
 и сокращенным сроком обучения

№ п. п	Раздел, тема	Всего аудиторных часов	в том числе		Количество часов СР	Форма контроля знаний
			Лекции	Лабораторные за- нятия		
<b>Цитогенетика</b>						
1	Введение в дисциплину. Строение растительной клетки и способы ее деления	5	1	4	15	Устный опрос, оформле- ние и защита лабораторных ра- бот
2	Строение и функции хромосом. Кроссинговер	4	–	4	26	Устный опрос, оформле- ние и защита лабораторных ра- бот
<b>Генная инженерия</b>						
3	Нуклеиновые кислоты, как мате- риальные носители наследствен- ности	–	–	–	12	Устный опрос
4	Генная инженерия как наука и ее основы. Ферменты, применяемые в генной инженерии и методы получения генов. Построение карт	1	1	-	13	Устный опрос
5	Векторные молекулы ДНК и их конструирование. Методы полу- чения рекомбинантных молекул ДНК и введение их в клетки ре- ципиента. Идентификация и от- бор. Библиотека генов	–	–	-	15	Устный опрос
6	Генетическая инженерия расте- ний. Методы получения транс- генных растений устойчивых к различным факторам	2	2	–	15	Устный опрос
<b>ВСЕГО</b>		12	4	8	96	Зачет

## **4.2. Методические рекомендации по организации и выполнению самостоятельной работы**

При изучении учебной дисциплины организованы такие формы самостоятельной работы как:

– самостоятельная работа при выполнении индивидуальных лабораторных заданий в оборудованной лаборатории во время проведения занятий под контролем преподавателя в соответствии с расписанием;

– самостоятельная работа студентов при отработке пропущенных занятий, а также при проведении научных исследований с консультацией преподавателя в соответствии с графиком учебного процесса, выполнение индивидуальных заданий с консультацией преподавателя, подготовка рефератов по индивидуальным темам или с консультацией руководителя по научно-исследовательской теме.

## **4.3. Перечень рекомендуемых средств диагностики компетенций**

Для оценки учебных достижений студентов планируется использовать диагностический инструментарий, проверяющий компетенции, указанные ниже:

- проведение текущих контрольных опросов по отдельным темам;
- защита выполненных на лабораторных занятиях индивидуальных заданий;
- сдача зачета по учебной дисциплине;

Для более глубокого изучения и закрепления знаний непосредственный контроль усвоения студентами лекционного и лабораторного материала планируется осуществлять контроль путем устного опроса, защиты выполненных лабораторных работ, сдачи модулей и зачета.

## **4.4. Примерный перечень лабораторных занятий**

1. Строение растительной клетки.
2. Изготовление временных ацетокарминовых препаратов для изучения деления соматических клеток митозом.
3. Изготовление временных ацетокарминовых препаратов для изучения деления половых клеток мейозом.
4. Кариотипы сельскохозяйственных растений. Морфология и число хромосом. Составление кариограмм.
5. Гигантские хромосомы дрозофилы и хирономуса.
6. Кроссинговер.
7. Двойной кроссинговер.
8. Нуклеиновые кислоты – материальные носители наследственности.
9. Генная инженерия растений, частные проблемы и пути их решения.

#### 4.5. Критерии оценки знаний

Оценки «зачтено» заслуживает студент, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного и нормативного материала, умеющий свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной кафедрой.

Оценка «зачтено» выставляется студентам, обнаружившим полное знание учебного материала, успешно выполняющим предусмотренные в программе задания, усвоившим основную литературу, рекомендованную кафедрой, демонстрирующие систематический характер знаний по дисциплине и способные к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности.

Оценкой «зачтено» оцениваются ответы студентов, показавших знание основного учебного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и в предстоящей работе по профессии, справляющихся с выполнением заданий, предусмотренных программой, но допустившим погрешности в ответе на зачете и при выполнении лабораторных заданий, не носящие принципиального характера, когда установлено, что студент обладает необходимыми знаниями для последующего устранения указанных погрешностей под руководством преподавателя.

Оценка «незачтено» выставляется студентам, обнаружившим пробелы в знаниях основного учебного материала, допускающим принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий. Такой оценки заслуживают ответы студентов, носящие несистематизированный, отрывочный, поверхностный характер, когда студент не понимает существа излагаемых им вопросов, что свидетельствует о том, что студент не может дальше продолжать обучение или приступить к профессиональной деятельности без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

## ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Генетика	Селекции и генетики		
Биотехнология	Биотехнологии, экологии и радиологии		



## 4. ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 4.1. Литература

#### Основная

1. Генетика. Курс лекций : учебно-методическое пособие / Г. И. Витко, Е. В. Равков. – Горки : БГСХА, 2020. 232 с. (48 экз.).

3. Практикум по цитологии и цитогенетике растений: учеб. пособие / В. А. Пухальский, А. А. Соловьев, Е. Д. Бадаева, В. Н. Юрцев. – М. : КолосС, 2007. – 198 с. (2 экз.).

4. Сельскохозяйственная биотехнология: учебник / В. С. Шевелухо [и др.] ; под ред. В. С. Шевелухо. – 2-е изд. испр. – М. : Высш. шк., 2010. – 709 с. (1 экз.)

#### Дополнительная

5. Смирнов, В. Г. Цитогенетика / В. Г. Смирнов. – М.: Наука, 1991. – 247 с. (60 экз.)

6. Генетические основы селекции растений : в 4 т. – Минск : Белорусская наука. – Т. 1 : Общая генетика растений / ред.: А. В. Кильчевский, Л. В. Хотылева. – 2008. – 551 с. (1 экз.)

6. Картель, Н. А. Биоинженерия: методы и возможности / Н. А. Картель. – Минск : Ураджай, 1989. – 143 с. (3 экз.)

8. Цитология : учебное пособие / М. Н. Авраменко, Г. И. Витко. – Минск : ИВЦ Минфина, 2023. – 147 с. (30 экз.).

**ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ ПО  
ДИСЦИПЛИНЕ «ЦИТОГЕНЕТИКА И  
ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ИНЖЕНЕРИЯ»  
на 2025/2026 учебный год**

№ п. п.	Дополнения и изменения	Основание
1	Внесены изменения в список используемой литературы	Цитология : учебное пособие / М. Н. Авраменко, Г. И. Витко. – Минск : ИВЦ Минфина, 2023. – 147 с.

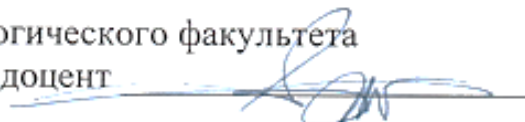
Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры селекции и биотехнологии растений (протокол № 1 от 05.09 2025 г.)

Заведующий кафедрой  
селекции и биотехнологии растений  
канд. с. х. наук, доцент



Г. И. Витко

УТВЕРЖДАЮ  
Декан агротехнологического факультета  
канд. с. х. наук, доцент



Н. А. Дуктова