

**«УТВЕРЖДАЮ»**

**Декан биологического факультета МГУ**

**Академик  
М.П.Кирпичников**



**Рабочая программа дисциплины (модуля)**

1. Название дисциплины (модуля): «Основы генетической инженерии растений»
2. Уровень высшего образования – подготовка научно-педагогических кадров в аспирантуре.
3. Направление подготовки – 06.06.01 Биологические науки. Направленность (профиль) программы – Биотехнология .
4. Место дисциплины (модуля) в структуре ОП: вариативная часть ОП (осенний семестр), спецкурс по выбору (читается на кафедре биотехнологии)
5. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

<b>Формируемые компетенции (код компетенции)</b>	<b>Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)</b>
УК-1: Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	<i>Владеть:</i> навыками анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях Код В1 (УК-1) <i>Владеть:</i> навыками критического анализа и оценки современных

	научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях
<b>УК-2</b> <i>Способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки.</i>	<b>Знать:</b> методы научно-исследовательской деятельности Код В2 (УК-1)
<b>УК-3:</b> <i>Готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач</i>	<b>Знать:</b> технологиями оценки результатов коллективной деятельности по решению научных и научно-образовательных задач, в том числе ведущейся на иностранном языке Код В2 (УК-3)
<b>УК-4:</b> <i>Готовность использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языке</i>	<b>Владеть:</b> навыками анализа научных текстов на государственном и иностранном языках Код В1 (УК-4)
<b>ОПК-1</b> <i>Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствии с профессиональной областью с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий</i>	<b>Уметь:</b> собирать, отбирать и использовать необходимые данные и эффективно применять количественные методы их анализа Код З2 (УК-4)

Оценочные средства для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) приведены в Приложении.

6. Объем дисциплины (модуля) составляет 3 зачетных единицы, всего 108 академических часов, из которых 28 часов составляет контактная работа аспиранта с преподавателем (28 часов занятий лекционного типа) и 80 часов составляет самостоятельная работа аспиранта (выполнение домашних заданий и написание реферата).

7. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия:  
ЗНАТЬ: основы молекулярной биологии, биохимию, генетику, цитологию, клеточную биологию и физиологию (на уровне программ специалиста/магистра), теоретические и методологические основы биологических научных исследований

УМЕТЬ: вырабатывать на основе рационального анализа экспериментальных результатов свою точку зрения в вопросах генетической инженерии и отстаивать ее во время дискуссий со специалистами и неспециалистами, читать и реферирировать научную литературу в области генетической инженерии и биотехнологии, в том числе на иностранных языках, при условии соблюдения научной этики и авторских прав.  
ВЛАДЕТЬ: современными информационно-коммуникационными технологиями, иностранным языком.

8. Образовательные технологии: классические лекционные технологии.

9. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы )	В том числе				Самостоятельная работа обучающегося, часы из них
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них				
Занятия лекционного типа						
Занятия семинарского типа						
Групповые консультации						
Индивидуальные консультации						
Учебные направленные на проведение текущего контроля успеваемости коллоквиумы, практические контрольные занятия и др)*						
12		12	26			26
ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ РЕКОМБИНАНТНЫХ ДНК. Ферменты генной инженерии. Векторы как основа получения рекомбинантных ДНК. Геномные библиотеки, области их практического применения. Особенности векторов для экспрессии.	38					
КЛЕТОЧНАЯ ИНЖЕНЕРИЯ РАСТЕНИЙ. Молекулярные механизмы морфогенеза и дедифференцировки растительной клетки. Клеточная селекция	16		6	10		10
ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ИНЖЕНЕРИЯ РАСТЕНИЙ.	10		10	24	20	44
Особенности генетической инженерии	54					

растений. Механизм агробактериальной трансформации растений. Типы векторов для трансформации растений. Методы трансформации растительных клеток. Получение трансгенных растений. Типы трансгенных растений. Транспластомные растения. Перспективы развития биотехнологии растений								
<b>Итого</b>	<b>108</b>	<b>28</b>			<b>28</b>	<b>60</b>	<b>20</b>	<b>80</b>

10. Учебно-методические материалы для самостоятельной работы аспирантов.

Конспекты лекций, аудио- и видеозаписи лекций, файлы презентаций лекций, основная и дополнительная учебная литература (см. п.11)

#### 11. Ресурсное обеспечение:

##### Основная литература

1. Щелкунов С.Н. Генетическая инженерия Учебно-справочное пособие. 2004
2. Рыбчин В.Н. Основы генетической инженерии. Учебное пособие. 2002.
3. Nicholl D. An Introduction to Genetic Engineering 3rd Ed . Cambridge, 2008 ([http://50.30.47.15/Ebook/Course\\_SUST\\_BMB/BMB\\_328.pdf](http://50.30.47.15/Ebook/Course_SUST_BMB/BMB_328.pdf))
4. Лутова Л.А Биотехнология высших растений. Изд. С-Петербургского университета; 2010 г

##### Дополнительная литература

1. Dale JW, von Schantz M, Plant N. From Genes to Genomes: Concepts and Applications of DNA Technology. 3rd Edition. Wiley-Blackwell, 2012. 380p.
2. Green M, Sambrook J Molecular Cloning: A Laboratory Manual 4th Ed Wiley-Blackwell, 2012
3. Brown T. A. Gene Cloning and DNA Analysis: An Introduction, 6th Ed, Wiley-Blackwell, 2010
4. Genetic Engineering.Ed I Sithole-Niang, InTech, 2013

5. Agricultural Biotechnology: An Economic Perspective. Eds: Caswell, M, Fuglie, K. 2003
6. Nair A. J. Introduction to Biotechnology and Genetic Engineering. INFINITY SCIENCE PRESS LLC. 2008
7. Halford N Plant Biotechnology: Current and Future Applications of Genetically Modified Crop. Wiley. 2006
8. Stewart CN Plant Biotechnology and Genetics: Principles, Techniques, and Applications, Wiley, 2008
9. Bioengineering: Principles, Methodologies and Applications. Eds: A Garcia and C Durand, 2010
10. Gandhi SG, Mahajan V, Bedi YS. Changing trends in biotechnology of secondary metabolism in medicinal and aromatic plants. *Planta*. 2015 Feb;241(2):303-17
11. Mahfouz MM, Piatek A, Stewart CN. Genome engineering via TALENs and CRISPR/Cas9 systems: challenges and perspectives. *Plant Biotechnol J*. 2014 Oct;12(8):1006-14
12. Lombardo L. Genetic use restriction technologies: a review. *Plant Biotechnol J*. 2014 Oct;12(8):995-1005
13. Yashveer S, Singh V, Kaswan V, Kaushik A, Tokas J. Green biotechnology, nanotechnology and bio-fortification: perspectives on novel environment-friendly crop improvement strategies. *Biotechnol Genet Eng Rev*. 2014 Oct;30(1-2):113-26
14. Moshelion M, Altman A. Current challenges and future perspectives of plant and agricultural biotechnology. *Trends Biotechnol*. 2015 Jun;33(6):337-42
15. Burgess DG, Xu J, Freeling M. Advances in understanding cis regulation of the plant gene with an emphasis on comparative genomics. *Curr Opin Plant Biol*. 2015 Aug 3;27:141-147.
16. Bai F, Settles AM. Imprinting in plants as a mechanism to generate seed phenotypic diversity. *Front Plant Sci*. 2015 Jan 27;5:780.
17. Hernandez-Garcia CM, Finer JJ. Identification and validation of promoters and cis-acting regulatory elements. *Plant Sci*. 2014, 218:109-19
18. Joosen RV, Ligterink W, Hilhorst HW, Keurentjes JJ. Advances in genetical genomics of plants. *Curr Genomics*. 2009 Dec;10(8):540-9
19. Hirayama T, Shinozaki K. Research on plant abiotic stress responses in the post-genome era: past, present and future. *Plant J*. 2010 Mar;61(6):1041-52.
20. Li X. Developmental and environmental variation in genomes. *Heredity (Edinb)*. 2009 Apr;102(4):323-9.
21. Cabello JV, Lodeyro AF, Zurbiggen MD. Novel perspectives for the engineering of abiotic stress tolerance in plants. *Curr Opin Biotechnol*. 2014 Apr;26:62-70.
22. Cominelli E, Conti L, Tonelli C, Galbiati M. Challenges and perspectives to improve crop drought and salinity tolerance. *N Biotechnol*. 2013 May 25;30(4):355-61

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

- <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK21054/>

Перечень используемых информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса, включая программное обеспечение, информационные справочные системы (при необходимости):

Интернет-браузер, базы данных PubMed (NCBI, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>)

Описание материально-технической базы.

Кафедра биотехнологии биологического факультета МГУ располагает необходимым аудиторным фондом, компьютерами, проекторами и экранами, аудиоаппаратурой.

12. Язык преподавания: русский

13. Преподаватель (преподаватели): профессор кафедры биотехнологии Кочнева Е.З.



**Приложение**

**Оценочные средства для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) «Основы генетической инженерии растений»  
на основе карт компетенций выпускников**

<b>РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)</b>	<b>КРИТЕРИИ И ПОКАЗАТЕЛИ ОЦЕННИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю), баллы БРС</b>					<b>ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА</b>
	1, 0	2 1-29	3 30-59	4 60-89	5 90-100	
<b>Владеть:</b> навыками анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях Код В1 (УК-1)						- индивидуальное собеседование, реферат, зачет
<b>Владеть:</b> навыками критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях Код В2 (УК-1)	0	1-29	30-59	60-89	90-100	- индивидуальное собеседование, реферат, зачет
<b>Знать:</b> методы научно-исследовательской деятельности Код З1(УК-2)	0	1-29	30-59	60-89	90-100	- индивидуальное собеседование, реферат, зачет
<b>Владеть:</b>	0	1-29	30-59	60-89	90-100	- индивидуальное собеседование, реферат,

							зачет
<b>технологиями оценки результатов коллективной деятельности по решению научных и научно-образовательных задач, в том числе ведущейся на иностранном языке Код В2(УК-3)</b>							
<b>Знать:</b> стилистические особенности представления результатов научной деятельности в устной и письменной форме на государственном и иностранном языках Код 32(УК-4)	0	1-29	30-59	60-89	90-100	- индивидуальное собеседование, реферат, зачет	
<b>Владеть:</b> навыками анализа научных текстов на государственном и иностранном языках Код В1(УК-4)	0	1-29	30-59	60-89	90-100	- индивидуальное собеседование, реферат, зачет	
<b>Уметь:</b> собирать, отбирать и использовать необходимые данные и эффективно применять количественные методы их анализа	0	1-29	30-59	60-89	90-100	- индивидуальное собеседование, реферат, зачет	

## **Фонды оценочных средств, необходимые для оценки результатов обучения**

### **Примеры вопросов к промежуточному контролю (вопросы для индивидуального собеседования):**

1. Почему одним из этапов паразитирования *Agrobacterium tumefaciens* является опухолеобразование?
2. Как запускается этап заражения растений агробактерией?
3. Каково строение Ti-плазмиды?
4. Каково строение Т-ДНК и какова функция генов лиффеференцировки?
5. Какой тип промоторов имеют vir -гены и гены, находящиеся в Т-ДНК и почему?
6. На какие два класса делятся vir-гены? Каковы функции каждого из vir-генов?
7. Каков предполагаемый механизм переноса Т-ДНК из агробактерии в растительную клетку?
8. Выполнение каких условий необходимо для трансформации растений с помощью агробактерий?
9. С чем связана частота агробактериальной трансформации?
10. Какие последовательности должен включать вектор для агробактериальной трансформации и почему?
11. Какие типы векторов для агробактериальной трансформации существуют и в чем их отличие?
12. Какого строение и когда используются вектора на основе транспозонов растений?
13. В чем преимущества векторов на основе вирусов растений?
14. Для чего используются линии-ловушки генов?
15. В каких случаях можно использовать метод агробактериальной трансформации для получения трансгенных растений? Ответ обоснуйте.
16. Какие параметры нужно учитывать при выборе методики трансформации растений?
17. Необходимо получить трансгенный сорт риса устойчивый к гербициду. Каков будет план действий?
18. Каковы основные молекулярные методы доказательства трансгенной природы трансформированных растений?
19. Какие проблемы могут возникнуть при экспрессии чужеродного гена в геноме растений?
20. Что такое сайлентинг трансгена и каковы его возможные причины?

### **Примеры тем рефератов:**

1. Современные методы анализа генома

2. Редактирование геномов с использованием системы CRISPR/Cas9
3. *иРНК* и их использование в генной инженерии растений.
4. Методы сайт-направленного мутагенеза.
5. ГМО-перспективы использования
6. Методы трансформации однодольных растений
7. Геномная инженерия с использованием системы TALEN
8. Конструирование эндонуклеаз с заданной специфичностью

## ПРОГРАММА

зачета по спецкурсу «Основы генетической инженерии растений»

### ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ РЕКОМБИНАНТНЫХ ДНК.

Генная инженерия как основа биотехнологии. Предмет генной инженерии. Предпосылки и этапы развития генной инженерии. Значение генной инженерии в современной биологии и медицине. Основные направления генетической инженерии.

**Ферменты генной инженерии.** Использование ДНК-зависимые ДНК-полимераз в генной инженерии. Свойства ДНК-полимераз. ДНК-полимераза I *E. coli* и фрагмент Кленова. Методы введения в ДНК меченых нуклеотидов. Термостабильные ДНК-полимеразы. Свойства Тац-ДНК-полимеразы. Различные типы полимеразной цепной реакции и особенности их использования. Способы синтеза кДНК. РНК-зависимые ДНК-полимераз для синтеза кДНК. Нуклеазы. Ферменты рестрикций и модификации нукleinовых кислот. Рестриктазы II типа и их использование в генной инженерии ДНК-лигазы и РНК-лигазы. Использование в генной инженерии полинуклеотидкиназ, трансфераз, фосфатаз, ДНК-метилаз и ДНК-гликозилаз.

**Векторы как основа получения рекомбинантных ДНК.** Клонирование. Этапы клонирования ДНК. Понятие вектора. Типы векторов. Вектора для клонирования плазмидные векторы. Особенности бактериальных плазмид, используемых при конструировании векторных молекул. Векторы для клонирования продуктов ПЦР. Векторы на основе бактериофагов лямбда, Р1, N15. Инсерционные векторы и векторы замещения. Способы упаковки рекомбинантной ДНК в фаговые частицы. Космидные и фазмидные векторы. Сверхъемкие векторы УАС, ВАС и РАС. Особенности клонирования в сверхъемких векторах. Искусственные хромосомы животных и человека. Этапы и принципы конструирования искусственных хромосом. Интегрирующие и бинарные векторы. Идентификация рекомбинантных клонов.

**Геномные библиотеки, области их практического применения.** Библиотеки геномной ДНК и кДНК. Способы их получения. Оценка репрезентативности библиотек. Скрининг библиотек. ДНК\ДНК и ДНК\РНК гибридизация.. Гомологичные и гетерологичные зонды. Клонирование in silico. Позиционное клонирование. Повторный скрининг клонотек и субклонирование рекомбинантных ДНК.

**Особенности векторов для экспрессии.** Основные компоненты векторов для экспрессии. Типы используемых промоторов. Факторы, определяющие эффективность экспрессии рекомбинантных генов в бактериальных клетках. Малые интерферирующие РНК (siRNA) и их роль в регуляции экспрессии. Индукция РНК-интерференции. Микро-РНК (miRNA) и гены их кодирующие. Возможное использование мРНК в биотехнологии

### КЛЕТОЧНАЯ ИНЖЕНЕРИЯ РАСТЕНИЙ

**Клеточная инженерия растений.** Понятие клеточной инженерии. Культура изолированных клеток, тканей и органов растений в биотехнологии. Основные направления исследований в клеточной инженерии. Тотипантность клеток. Особенности пролиферации в

культуре клеток. Морфогенез в культуре изолированных клеток, тканей и органов растений: гистогенез, эмбриогенез, органогенез (корневой, стеблевой, флоральный).

**Молекулярные механизмы морфогенеза и делифференировки растительной клетки.** Цитологические и физиологические изменения, происходящие в клетке при делифференировке.. Индуциция морфогенеза с помощью фитогормонов и физических факторов. Метаболические изменения в связи с морфогенезом. Генетические и эпигенетические основы морфогенеза. Гормоны, индуцирующие делифференировку растительной клетки и переход клетки к делению. Спонтанный мутагенез, сомаклональные варианты и их практическое значение. Использование культуры калпусных клеток в клеточной селекции и генной инженерии. Использование суплентионных культур для получения вторичных метаболитов. Характеристики клеточных популяций растений при культивировании в биореакторах и ферментерах.

**Клеточная селекция.** Использование генетической вариабельности клеток в культуре *in vitro* для получения сомаклональных вариантов. Генетические и эпигенетические изменения признаков у сомаклональных вариантов. Современные методы клеточной селекции для получения биотехнологических форм растений, устойчивых к абиотическим и биотическим факторам.

## ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ИНЖЕНЕРИЯ РАСТЕНИЙ.

**Особенности генетической инженерии растений.** Объект и методы исследований. Направления исследований генетической инженерии растений. Особенности их организации растительной клетки. Особенности геномных библиотек растений. Вектора для экспрессии. Особенности экспрессионных растительных векторов. Проблемы гетерологичной экспрессии.

**Механизм агробактериальной трансформации растений.** Механизм образования неплазмид У растений. Типы агробактериальных плазмид. Строение Ti-плазмид и Ri-плазмид. Строение Т-ДНК. Молекулярные механизмы трансформации растительной клетки и роль Т-ДНК и генов vir-области.

**Типы векторов для трансформации растений.** Векторы на основе Ti- и Ri-плазмид агробактерий, векторы на основе хлоропластной ДНК, вирусов растений, транспозонов растений. Основные элементы векторов для трансформации. Маркерные гены и гены-репортёры. Системы контроля экспрессии рекомбинантных генов У растений. Бинарные и коинтегративные вектора. Системы маркированных транспозонов для линий ловушек генов (enhances trap lines). Проблемы экспрессии трансформированных генов. Способы повышения экспрессии генов в растениях.

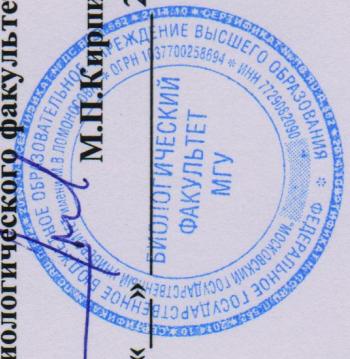
**Трансформация растительных клеток.** Методы трансформации растительных клеток. Методы прямой трансформации (биобалистика, вакуумная инфильтрация, микропульсия, электропорация). Механизмы трансформации методом биобалистики. Трансформация пластид. Методика проведения агробактериальной трансформации. Сайт-направленная трансформация. Сравнительная характеристика методов и возможности их применения для трансформации однодольных и двудольных растений.

**Получение трансгенных растений.** Методы получения трансгенных растений. Экспрессия генов в растениях. Прототипинг мРНК, Проблемы гетерологичной экспрессии в геноме растений. Транзиентная экспрессия. Растения-биофабрики. Получение трансгенных растений устойчивых к биотическим факторам среди – к насекомым вредителям, к вирусной, грибной,

бактериальной инфекции. Получение трансгенных растений устойчивых к абиотическим факторам среды – к гербицидам, стрессовым воздействиям, например засоление, засуха, температура. Получение трансгенных растений с измененным составом белков, жиров, сахаров и органических кислот.

**Транспластомные растения.** Преимущества использования пластида растений для экспрессии трансгенов. Пластидная трансформация как альтернатива трансформации ядерного генома растений. Специфика векторных конструкций для пластомной трансформации. Необходимость оптимизации кодонов. Методы трансформации пластидного генома. Специфика отбора трансгенных растений с трансформированными хлоропластами. Эффективность продуцирования трансгенных белков и биобезопасность транспластомных растений. Получение транспластомных растений устойчивых к различным биологическим и абиотическим факторам; использование транспластомных растений для производства лекарственных препаратов и съедобных вакцин; транслайсинг химерных белков в транспластомных растениях.

**Перспективы развития биотехнологии растений.** Использование достижений биотехнологии растений в сельском хозяйстве. Трансгеномика и плисгеномика. Проблемы биобезопасности. Законодательная база, патентование.

**«УТВЕРЖДАЮ»**  
**Декан биологического факультета МГУ**  
  
**Академик** «< >»  
**М.П.Кирпичников**  
**2015 г.**

### Рабочая программа дисциплины (модуля)

1. Код и наименование дисциплины (модуля): «Основы генетической инженерии растений»
2. Уровень высшего образования – подготовка научно-педагогических кадров в аспирантуре.
3. Направление подготовки – **06.06.01 Биологические науки. Направленность (профиль) программы – Биотехнология .**
4. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП: вариативная часть ООП (осенний семестр), спецкурс по выбору (читается на кафедре биотехнологии)
5. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

<b>Формируемые компетенции (код компетенции)</b>	<b>Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)</b>
УК-1: Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	<p><b>Владеть:</b> навыками анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях</p> <p>Код В1 (УК-1)</p> <p><b>Владеть:</b> навыками критического анализа и оценки современных</p>