



МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ –
МСХА имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА»
(ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева)

ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ЦЕНТР КОМПЕТЕНЦИЙ

УТВЕРЖДАЮ:

Первый проректор –
проректор по учебной работе



 Е.В. Хохлова
«20» марта 2025 г.

ПРОГРАММА ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ

ЦИФРОВЫЕ МЕТОДЫ ФЕНОТИПИРОВАНИЯ РАСТЕНИЙ

г. Москва, 2025

Раздел 1. Характеристика программы

При разработке дополнительной профессиональной программы повышения квалификации «Цифровые методы в фенотипировании растений» учитывался (учитывались):

- профессиональный стандарт: 13.017 Агроном, утвержденный Министерством труда и социальной защиты РФ от 20.09.2021, №644н, зарегистрирован в Минюсте России 20.10. 2021 № 65482, трудовая функция:
 - Контроль процесса развития растений в течение вегетации А/02.5
 - Организация испытаний растений на отличимость, однородность и стабильность С/01.6
 - Проведение исследовательских работ в области агрономии в условиях производства D/03.7

1.1. Цель реализации программы

Изучение современных методов, способов и оборудования, которые используются в процессе высокопроизводительного фенотипирования растений, в том числе с учётом как традиционных, так и цифровых способов.

Совершенствуемые и/или приобретаемые компетенции и планируемые результаты обучения

№	Приобретаемые и/или совершенствуемые компетенции	профессиональный стандарт	Планируемые результаты обучения: знать/уметь
1.	Контроль процесса развития растений в течение вегетации - основные закономерности жизнедеятельности растений и способы их учёта при высокопроизводительном фенотипировании.	13.017	Знать основные закономерности процессов жизнедеятельности растений, которые лежат в основе оценки их функционального состояния.
2	Организация испытаний растений на отличимость, однородность и стабильность - работа с основными техническими узлами, используемыми при высокопроизводительном фенотипировании	13.017	Уметь пользоваться современным оборудованием для высокопроизводительного фенотипирования при организации учётов, анализов и измерений.

Раздел 2. Содержание программы

2.1. Учебный план программы повышения квалификации «Цифровые методы в фенотипировании растений»

Категория слушателей: лица, имеющие среднее профессиональное и (или) высшее образование

Форма обучения: очная, заочная с применением дистанционных технологий

Срок освоения: 2 недели

Трудоемкость программы: 72 академических часа

№ п/п	№ раздела	Виды учебных занятий (количество ак. часов)	Содержание	Планируемый результат
1	2	3	4	5
1	Тема 1 Введение в проблему фенотипирования растений.	Лекция 1 (2 ак ч)	Общие представления о фенотипировании растений. Фенотипирование как современное наукоёмкое направление в селекции растений. История возникновения и развития систем для высокопроизводительного фенотипирования растений.	Сформировано общее представление о системах фенотипирования растений. Получено представление об эффективности и целесообразности использования систем для высокопроизводительного фенотипирования.
		Лекция 2 (2 ак ч)	Сравнительная характеристика методов ручного и цифрового фенотипирования. Основные преимущества высокопроизводительного фенотипирования. Недостатки современных систем фенотипирования. Современные высокопроизводительные системы фенотипирования растений в России и за рубежом.	Приобретены навыки обоснования выбора системы фенотипирования. Получено представление о современных системах фенотипирования, которые используются в отечественных и зарубежных научных центрах.

№ п/п	№ раздела	Виды учебных занятий (количес тва ак. часов)	Содержание	Планируемый результат
1	2	3	4	5
		Лекция 3 (4 ак ч)	Продукционный процесс растений и возможности его учёта в процессе фенотипирования. Основные элементы продуктивности основных групп сельскохозяйственных культур и их учёт при проведении фенотипирования. Основные стрессовые факторы в жизни растений и возможность учёта их воздействия на растения. Способы оценки и прогнозирования потенциальной продуктивности сельскохозяйственных растений в стрессовых условиях при помощи системы фенотипирования.	Владеют основными приёмами оценки потенциальной продуктивности растений в стрессовых условиях при помощи системы высокопроизводительного фенотипирования. Приобретены навыки учёта основных элементов продуктивности сельскохозяйственных культур при фенотипировании.
2	Тема 2 Биологические основы фенотипирования растений в селекции	Лекция 4 (2 ак ч)	Морфологические особенности основных групп сельскохозяйственных культур. Особенности проведения биометрических измерений и учёта морфологических параметров сельскохозяйственных культур при проведении фенотипирования.	Владеют основными морфологическими особенностями сельскохозяйственных культур. Приобретены навыки по проведению автоматизированного учёта морфологических параметров растений в процессе фенотипирования.

№ п/п	№ раздела	Виды учебных занятий (количес- тва ак. часов)	Содержание	Планируемый результат
1	2	3	4	5
		Лекция 5 (2 ак ч)	Основные спектральные параметры растений, учитываемые при проведении фенотипирования. Связь между спектральными параметрами растений и их физиологическим статусом. Возможности использования спектральных параметров растений для диагностики их функционального состояния.	Владеют основными спектральными параметрами, которые можно учитывать в процессе фенотипирования. Приобретены навыки по диагностике состояния растений с использованием спектральных параметров.
		Лекция 6 (2 ак ч)	Физиологические основы водного обмена растений. Показатели водного обмена растений и возможности их учёта при проведении фенотипирования.	Владеют основными параметрами водного обмена растений. Умеют оценивать показатели водного обмена растений. Приобретены навыки по учёту показателей водного обмена в процессе фенотипирования.

№ п/п	№ раздела	Виды учебных занятий (количес тва ак. часов)	Содержание	Планируемый результат
1	2	3	4	5
		Лекция 7 (4 ак ч)	Физиологические основы фотосинтеза растений. Показатели фотосинтетической деятельности растений и возможности их учёта при проведении фенотипирования. Фотосинтетические пигменты в растении, фотосинтетический потенциал, чистая продуктивность фотосинтеза и их учёт в процессе фенотипирования.	Владеют основными параметрами фотосинтетической деятельности растений. Умеют оценивать показатели фотосинтеза в связи с продукционным процессом. Приобретены навыки по учёту показателей фотосинтетической деятельности растений в процессе фенотипирования.
		Лекция 8 (4 ак ч)	Физиологические основы дыхания растений. Показатели дыхательного газообмена растений и возможности их учёта при проведении фенотипирования. Показатели дыхательного и фотосинтетического газообмена растения и их использование в фенотипировании.	Владеют основными параметрами дыхания растений. Умеют оценивать показатели дыхательного и фотосинтетического газообмена растений в связи с продукционным процессом. Приобретены навыки по учёту показателей дыхательного и фотосинтетического газообмена растений в процессе фенотипирования.
		Лекция 9 (4 ак ч)	Физиологические основы минерального питания растений в связи с проблемой фенотипирования. Основы поглотительной деятельности корня растений. Способы составления питательных растворов для выращивания растений в гидропонных системах при фенотипировании. Макро- и микроэлементы растений, их способность к реутилизации и симптомы недостатка, их учёт при фенотипировании.	Владеют физиологическими основами минерального питания растений, основами поглощающей деятельности корневой системы растений. Умеют составлять питательные растворы для

№ п/п	№ раздела	Виды учебных занятий (количес- тва ак. часов)	Содержание	Планируемый результат
1	2	3	4	5
				выращивания растений. Приобретены навыки по проведению визуальной диагностики недостатка элементов питания у растений и анализа данных симптомов при помощи системы фенотипирования.
		Лекция 10 (2 ак ч)	Использование индекса NDVI для оценки потребности растений в элементах минерального питания.	Владеют подходами к определению индекса NDVI с использованием методов бесконтактного анализа растений. Приобретены навыки по диагностике потребностей растений в элементах минерального питания на основе величины индекса NDVI в процессе фенотипирования.
		Лекция 10 (4 ак ч)	Физиологические основы роста и развития растений в связи с проблемой фенотипирования. Движения у растений (тропизмы, настии) и их фото- и видеофиксация при фенотипировании.	Владеют базовыми представлениями о процессах роста и развития растений. Приобретены навыки использования методов фото- и видеофиксации движения у растений при проведении фенотипирования.
		Лекция 11 (2 ак ч)	Переход растений к генеративному развитию и его регулирование. Оценка параметров генеративного развития растений при фенотипировании.	Владеют особенностями изменения морфологии растений в связи с их переходом к генеративному развитию.

№ п/п	№ раздела	Виды учебных занятий (количес- тва ак. часов)	Содержание	Планируемый результат
1	2	3	4	5
				Приобретены навыки по оценке параметров перехода растений к генеративному развитию при проведении фенотипирования.
		Лекция 12 (4 ак ч)	Физиологические основы стресса растений в связи с проблемой фенотипирования	Владеют особенностями морфолого-физиологических изменений в растительном организме в условиях стресса. Умеют прогнозировать изменения в растительном организме при различных стрессовых воздействиях, а также идентифицировать внешние признаки повреждения основных сельскохозяйственных культур различными стрессовыми факторами.
		Лекция 14 (4 ак ч)	Изменение параметров водного обмена, фотосинтеза и дыхания при стрессе и их учёт при фенотипировании растений.	Владеют информацией об особенностях изменения показателей фотосинтетической деятельности, дыхания и водного обмена растений в условиях различных стрессовых факторов. Приобретены навыки

№ п/п	№ раздела	Виды учебных занятий (количес тва ак. часов)	Содержание	Планируемый результат
1	2	3	4	5
				по методам оценки действия стрессовых факторов на параметры фотосинтетической деятельности, дыхания и водного обмена растений при фенотипировании.
		Лекция 15 (2 ак ч)	Симптомы поражения растений болезнями и вредителями и их использование в фенотипировании.	Приобретены навыки идентификации основных симптомов поражения болезнями и вредителями при проведении фенотипирования.
3	Тема 3 Инструментальные и программные методы высокопроизводительного фенотипирования в селекции	Лекция 16 (2 ак ч)	Конструктивные особенности современных систем для фенотипирования растений.	Владеют информацией о конструктивных особенностях современных систем для фенотипирования растений. Приобретены навыки идентификации и обоснования использования основных узлов системы фенотипирования.
		Лекция 17 (2 ак ч)	Принципы спектрометрии, радиометрии и спектрального анализа растений в системах автоматического цифрового фенотипирования растений.	Владеют информацией о конструктивных особенностях и принципа функционирования основных устройств для осуществления радиометрического и спектрального анализа растений. Приобретены навыки работы с основным спектральным и радиометрическим

№ п/п	№ раздела	Виды учебных занятий (количес тва ак. часов)	Содержание	Планируемый результат
1	2	3	4	5
				оборудованием, используемым при проведении фенотипирования.
		Лекция 18 (2 ак ч)	Использование флуориметрического анализа для оценки функциональной активности растений при фенотипировании.	Владеют принципами флуориметрического анализа растений, умеют обосновать взаимосвязь между показателями флуоресценции и функциональным состоянием растений.
		Лекция 19 (6 ак ч)	Основные типы и разновидности камер, используемых в фенотипировании растений. Фенотипирование с помощью гиперспектральной и мультиспектральной камеры. Использование тепловизора и дальномера в фенотипировании растений.	Владеют основными типами и разновидностями камер, которые используются для фенотипирования растений. Приобретены навыки работы с различными типами камер и тепловизоров.
		Лекция 20 (4 ак ч)	Основные типы графических изображений, получаемых при цифровом фенотипировании растений. Программное обеспечение для анализа графических изображений.	Владеют основами анализа графических изображений, используемых при фенотипировании. Приобретены навыки работы с программами анализа изображений в фенотипировании.
		Лекция 21 (4 ак ч)	Использование комбинированных методик анализа фенотипа, применение спектральных индексов, построение 3D моделей растения для выявления наличия взаимосвязи между метаболизмом и фенотипическими признаками растения.	Владеют основами комплексного анализа данных, полученных при фенотипировании растений.

№ п/п	№ раздела	Виды учебных занятий (количес- тва ак. часов)	Содержание	Планируемый результат
1	2	3	4	5
4	Тема 4. Итоговое тестирова- ние	Итоговый контроль по результатам освоения программы ДПО (6 ак ч)		

Раздел 3. Организационно-педагогические условия

К проведению занятий по программе повышения квалификации допускаются ведущие научно-педагогические работники ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева с соответствующей квалификацией, а также иные лица, привлеченные по договору возмездного оказания образовательных услуг, которые являются известными экспертами в своей области.

3.1. Материально-технические условия реализации программы

Лекции проводятся с использованием специализированного оборудования, информационных технологий, обеспечивающих высокое качество разработки современного информационно-методического обеспечения лекционных, практических занятий и самостоятельной работы слушателей.

Для реализации программы используются аудитории ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, в которых проводятся лекционные занятия.

Материалы курса размещены на учебно-методическом портале Университета (sdo.timacad.ru).

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятий	Наименование оборудования, программного обеспечения
Аудитория № 250 учебного корпуса №6 ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева	Лекции	мультимедийное оборудование (компьютер, мультимедиапроектор и др.)

3.2. Календарный учебный график

Точный порядок реализации модулей (дисциплин) обучения определяется в расписании занятий.

Раздел 4. Оценка качества освоения программы

4.1. Вопросы к зачету:

Итоговая аттестация проводится в форме вопросов к зачету.

1. Общие представления о фенотипировании растений.
2. Использование фенотипирования науке и практике.
3. Основные особенности морфологии сельскохозяйственных культур и их учёт при фенотипировании
4. Концепция взаимодействия «генотип-среда».
5. Спектральные параметры растений, используемые при фенотипировании.
6. Физиологические основы водного обмена растений в связи с проблемой фенотипирования.
7. Физиологические основы фотосинтеза растений в связи с проблемой фенотипирования.
8. Физиологические основы дыхания растений в связи с проблемой фенотипирования.
9. Показатели фотосинтетической активности растений и их использование в фенотипировании.
10. Показатели водного обмена растений и их использование в фенотипировании.
11. Дыхательный газообмен растений и его учёт в процессе фенотипирования.
12. Анализ симптомов недостатка элементов питания в растений в процессе фенотипирования.
13. Азотный обмен растений и его оценка в процессе фенотипирования.
14. Использование индекса NDVI в фенотипировании для оценки потребности растений в элементах минерального питания.
15. Периодизация онтогенеза (фенологические фазы, жизненные периоды) в фенотипировании растений.
16. Ростовые корреляции растений и их учёт при фенотипировании.
17. Движения у растений (тропизмы, настии) и их фото- и видеофиксация при фенотипировании.
18. Оценка параметров генеративного развития растений при фенотипировании.

19. Изменение параметров водного обмена, фотосинтеза и дыхания при стрессе и их учёт при фенотипировании растений.
20. Симптомы поражения растений болезнями и вредителями и их учёт в фенотипировании.
21. Использование фенотипирования в селекции сельскохозяйственных культур на повышение устойчивости.
22. Основные технические узлы системы фенотипирования растений.
23. Роботизированные системы и компьютерная техника в фенотипировании растений.
24. Устройство и принцип работы инфракрасного газоанализатора, используемого в системах автоматического цифрового фенотипирования растений.
25. Организация газометрических анализов в фенотипировании.
26. Особенности строения и функционирования приборов для определения спектральных параметров растений. Принципы спектрометрии, радиометрии и спектрального анализа растений.
27. Построение графических изображений на основе спектрального анализа растения.
28. Использование флуориметрического анализа для оценки функциональной активности растений при фенотипировании.
29. Основные типы и разновидности камер, используемых в фенотипировании растений.
30. Особенности графических изображений, полученных с использованием камер различного типа.
31. Фенотипирование с помощью гиперспектральной и мультиспектральной камеры.
32. Использование тепловизора и дальномера в фенотипировании растений.
33. Основные типы графических изображений, получаемых при цифровом фенотипировании растений.

5. Учебно-методическое обеспечение программы

Основная литература

1. Генетика : [Электронный ресурс] : учебник для вузов / Г. А. Алферова, Г. П. Подгорнова, Т. И. Кондаурова. - 3-е изд., испр. и доп. - Электрон. дан.col. - Москва: Юрайт, 2023. - 200 с. - (Высшее образование). - URL: ^Ahttps://urait.ru/bcode/512672^Ahttps://urait.ru/book/cover/C6EC38BF-90E2-4DDA-A59A-D6FD6F3DF256. - ISBN 978-5-534-07420-8 : 889.00
2. Моделирование в биологии и сельском хозяйстве : [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. В. Смиряев, А. В. Исачкин, Л. К. Панкина ; Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К. А. Тимирязева (Москва). -

Электрон. текстовые дан. - Москва : РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2015. - 153 с. - URL: ^Ahttp://elib.timacad.ru/dl/full/2273.pdf.

3. Физиология растений : [Электронный ресурс] : учебник / Р. М. Альжанова, А. К. Джаксылыкова [и др.]. - 2-е изд., перераб. и доп. - Астана : КазАТУ, 2017. - 342 с. - URL: ^Ahttps://e.lanbook.com/book/233816. - ISBN 9965-725-38-1

4. Физиология растений : [Электронный ресурс] : учебное пособие / Н. Н. Клименко. - Иркутск : Иркутский ГАУ, 2022. - 103 с. - URL: ^Ahttps://e.lanbook.com/book/300128.

Дополнительная литература

1. Инновационные технологии в селекции, сортоиспытании и семеноводстве : научное издание / В. Ф. Федоренко, Н. П. Мишуров, Л. М. Колчина ; Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса. - Москва : Росинформагротех, 2017. - 197 с. : рис., табл. - Библиогр.: с. 115-117 (31 назв.). - 500 экз. - ISBN 978-5-7367-1278-6

2. Тепличный практикум: Томаты : дайджест ж-ла "Мир теплиц". Вып. 1 / сост. А. Д. Цыдендамбаев. - Москва : [б. и.], 2000. - 110 с.

3. Теоретические основы оптимизации формирования урожая : (Теория урожая) / В. М. Ковалев. - М. : МСХА, 2000. - 326 с. - Библиогр.: с. 294-321. - ISBN 5-7230-0386-0

4. Генетическая дивергенция родительских форм и наследственная изменчивость потомства. Биометрико-генетический анализ : [Электронный ресурс] : монография / А. В. Смирязев ; Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева (Москва). - 2-е изд., испр. и доп. - Электрон. текстовые дан. - Москва : РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2016. - 134 с. - URL: ^Ahttp://elib.timacad.ru/dl/full/3345.pdf.

6.Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

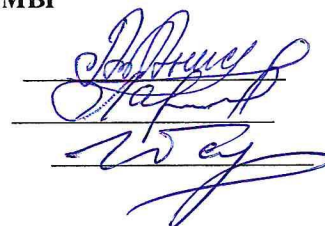
1. <http://www.ippras.ru/> Институт физиологии растений РАН - открытый доступ
2. <http://window.edu.ru/> Единое окно доступа к образовательным ресурсам - открытый доступ
3. <http://www.informika.ru/text/index.html> ФГУ "Государственный НИИ информационных технологий и телекоммуникаций" - открытый доступ
4. <http://agronomic.ru> - открытый доступ
5. <http://agrofuture.ru> - открытый доступ
6. <http://www.vniisb.ru/ru> - открытый доступ

7. Образовательные технологии, используемые в процессе реализации программы

В программе используются ресурсы, размещенные в системе дистанционного обучения ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (sdo.timacad.ru), которые позволяют слушателям самостоятельно осваивать содержание программы или отдельных ее разделов, используются МООК, открытые образовательные и интернет – ресурсы и платформы.

8. Составители программы

Анисимов А.А., к.б.н., доцент
Ларикова Ю.С., к.б.н., доцент
Тараканов И.Г., д.б.н., профессор



Утверждена на заседании кафедры физиологии растений

ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева

Протокол № 3 от «11» марта 2025 г.

И.о. зав. кафедрой Ларикова Ю.С. /Ларикова Ю.С./