

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Шитикова Елена Владимировна  
Должность: И.о. директора института агробиотехнологии  
Дата подписания: 2021.09.26 11:24:09  
Уникальный программный ключ:  
fcd01ecb1fdf76898c511745ad12c3f716ce658



**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)**

Институт агробиотехнологии  
Кафедра агрономической, биологической химии и радиологии

УТВЕРЖДАЮ  
И.о. директора института агробиотехнологии  
С.Л. Белопухов



26 сентября 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.О.33 «Биохимия растений»**

для подготовки бакалавров

ФГОС ВО

Направление: 35.03.03 Агрехимия и агропочвоведение

Направленности: «Генетическая и агроэкологическая оценка почв»

«Питание растений и качество урожая»

«Сельскохозяйственная микробиология»

«Органическое сельское хозяйства»

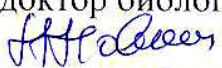
Курс 3

Семестр 5

Форма обучения: очная

Год начала подготовки: 2021

Москва, 2021

Разработчик: Новиков Николай Николаевич, доктор биологических наук,  
профессор   
«26» августа 2021 г.

Рецензент: Ларикова Юлия Сергеевна, кандидат биологических наук,  
доцент   
«26» августа 2021 г.

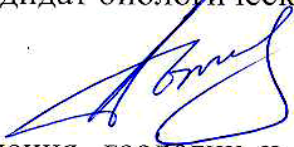
Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО №702 от 26.07.2017, ОПОП и учебного плана по направлению подготовки 35.03.03 Агрохимия и агропочвоведение

Программа обсуждена на заседании кафедры агрономической, биологической химии и радиологии протокол № 8 от «26» августа 2021 г.

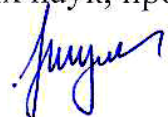
И.о. зав. кафедрой: Лапушкин Всеволод Михайлович, кандидат биологических наук  
  
«26» августа 2021 г.

**Согласовано:**


Председатель учебно-методической комиссии института агробιοтехнологии:  
Попченко Михаил Игоревич, кандидат биологических наук, доцент

  
«26» августа 2021 г.

Заведующий кафедрой почвоведения, геологии и ландшафтоведения: Наумов Владимир Дмитриевич, доктор биологических наук, профессор

  
«26» августа 2021 г.

И.о. зав. кафедрой агрономической, биологической химии и радиологии: Лапушкин Всеволод Михайлович, кандидат биологических наук

  
«26» августа 2021 г.

И.о. зав. кафедрой микробиологии и иммунологии: Селицкая Ольга Валентиновна, кандидат биологических наук, доцент

  
«26» августа 2021 г.

/ Зав.отдела комплектования ЦНБ

 / Серикова Д.В.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>АННОТАЦИЯ</b> .....	4
<b>1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ</b> .....	4
<b>2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ</b> .....	5
<b>3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ</b> .....	5
<b>4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ</b> .....	5
4.1 РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЁМКОСТИ ДИСЦИПЛИНЫ ПО ВИДАМ РАБОТ ПО СЕМЕСТРАМ .....	5
4.2 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	8
4.3 ЛЕКЦИИ/ЛАБОРАТОРНЫЕ/ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ.....	15
<b>5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ</b> .....	18
<b>6. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ</b> .....	19
6.1. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ИЛИ ИНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ И НАВЫКОВ И (ИЛИ) ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ .....	19
6.2. ОПИСАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И КРИТЕРИЕВ КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ОПИСАНИЕ ШКАЛ ОЦЕНИВАНИЯ.....	32
<b>7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ</b> .....	34
7.1 ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА .....	34
7.2 ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	34
7.3 НОРМАТИВНЫЕ ПРАВОВЫЕ АКТЫ .....	35
7.4 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ, РЕКОМЕНДАЦИИ И ДРУГИЕ МАТЕРИАЛЫ К ЗАНЯТИЯМ.....	35
<b>8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ</b> .....	35
<b>9. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ</b> .....	35
<b>10. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ</b> .....	36
<b>11. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ</b> .	37
Виды и формы отработки пропущенных занятий .....	38
<b>12. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПРЕПОДАВАТЕЛЯМ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ</b> .....	38

## **Аннотация**

рабочей программы учебной дисциплины Б1.О.33 «Биохимия растений» для подготовки бакалавра по направлению подготовки 35.03.03 Агрохимия и агропочвоведение, направленности «Генетическая и агроэкологическая оценка почв», «Питание растений и качество урожая», «Сельскохозяйственная микробиология», «Органическое сельское хозяйство»

**Цель освоения дисциплины:** освоение студентами теоретических и практических знаний, приобретение умений и навыков в области химического состава растений и превращения веществ и энергии в растительных организмах, обеспечения качества и безопасности растительной продукции для формирования у них профессиональных компетенций, необходимых при обосновании технологий выращивания сельскохозяйственных культур, оценке качества растительной продукции и применения химических средств в растениеводстве.

**Место дисциплины в учебном плане:** дисциплина включена в обязательную часть учебного плана по направлению подготовки 35.03.03 Агрохимия и агропочвоведение.

**Требования к результатам освоения дисциплины:** в результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции: ОПК-1.1, ОПК-5.2, ОПК-5.3.

**Краткое содержание дисциплины:** Учебная дисциплина «Биохимия растений» включает пять разделов: «Строение, свойства и биологические функции основных органических веществ растений», «Биохимическая энергетика и ферменты», «Обмен углеводов, липидов и азотистых веществ», «Вещества вторичного происхождения» и «Биохимические основы формирования качества растительной продукции». В первом и четвёртом разделах рассматриваются строение, свойства и биологические функции органических веществ растений и их содержание в растительной продукции; во втором и третьем разделах изложены теоретические основы химических и биоэнергетических процессов, происходящих в растениях в процессе их жизнедеятельности и при формировании растительной продукции. Материал пятого раздела имеет теоретическую и практико-ориентированную направленность. В нём представлены основы формирования качества урожая сельскохозяйственных культур с учётом теоретических сведений, содержащихся в первом, втором, третьем и четвёртом разделах данной учебной дисциплины. В целом после изучения дисциплины выпускники будут подготовлены применять знания, умения и навыки по биохимии растений для обоснования современных технологий выращивания сельскохозяйственных культур и приёмов регулирования питания растений, оценки пищевой, кормовой ценности и безопасности растительной продукции и её пригодности для соответствующей переработки.

**Общая трудоемкость дисциплины:** 144 часа (4 зачетных ед.).

**Промежуточный контроль:** экзамен.

### **1. Цель освоения дисциплины**

Цель освоения дисциплины «Биохимия растений» – освоение студентами теоретических и практических знаний, приобретение умений и навыков в обла-

сти химического состава растений и превращения веществ и энергии в растительных организмах, обеспечения качества и безопасности растительной продукции для формирования у них профессиональных компетенций, необходимых при обосновании технологий выращивания сельскохозяйственных культур, оценке качества растительной продукции и применения химических средств в растениеводстве.

## **2. Место дисциплины в учебном процессе**

Дисциплина «Биохимия растений» включена в обязательный перечень дисциплин учебного плана и реализуется в соответствии с требованиями ФГОС ВО, ОПОП и учебного плана по направлению подготовки 35.03.03 Агрохимия и агропочвоведение.

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Биохимия растений», являются «Химия неорганическая», «Химия органическая», «Химия физическая и коллоидная», «Химия аналитическая», «Сельскохозяйственная экология», «Физиология растений», «Ботаника», «Микробиология», «Агрохимия», «Растениеводство».

Дисциплина «Биохимия растений» является основополагающей для изучения следующих дисциплин: «Система удобрения», «Защита растений», «Луговое хозяйство и кормопроизводство», «Плодоводство», «Овощеводство», «Лесоводство и агролесомелиорация», «Экологическое нормирование», «Метаболизм микроорганизмов», «Биотехнология», «Экологическая микробиология», «Иммунология», «Сельскохозяйственная микробиология», «Методы молекулярной генетики», «Биохимические основы качества продукции растениеводства», «Частная агрохимия».

Особенностью дисциплины является формирование у студентов современных представлений о химическом составе растений и превращениях веществ и энергии в растительном организме, а также биохимических основах качества и безопасности растительной продукции, подготовка их к применению сведений о биохимических процессах и химическом составе растительной продукции в профессиональной деятельности. Кроме того, данная дисциплина является базовой для всех учебных дисциплин, использующих сведения о химическом составе и биохимических процессах растительных организмов.

Рабочая программа дисциплины «Биохимия растений» для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

## **3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся компетенций, представленных в таблице 1.

Таблица 1

## Требования к результатам освоения учебной дисциплины

№ п/п	Код компетенции	Содержание компетенции (или её части)	Индикаторы компетенций	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:		
				Знать	Уметь	Владеть
1.	ОПК-1	способен решать типовые задачи профессиональной деятельности на основе знаний основных законов математических и естественных наук с применением информационно-коммуникационных технологий	ОПК-1.1. демонстрирует знание основных законов математических и естественных наук, необходимых для решения типовых задач в области агрохимии, агропочвоведения и агроэкологии	современные сведения о ферментах и методах биохимии, особенностях функционирования ферментных систем в клетках организмов; принципы осуществления биоэнергетических превращений в организмах и участие в этих процессах макроэргических соединений; молекулярные механизмы генетических процессов – репликации ДНК, транскрипции и трансляции у высших организмов	прогнозировать ход биохимических процессов в растительном организме в соответствии с принципами биохимической энергетики и в зависимости от режима питания растений и условий окружающей среды	терминами и понятиями биохимии при оценке химического состава, качества и безопасности растительной продукции
2.	ОПК-5	способен к участию в проведении экспериментальных исследований в профессиональной деятельности	ОПК-5.2. под руководством специалиста более высокой квалификации участвует в проведении экспериментальных исследований в области агрохимии, агро-	состав, строение, свойства и биологические функции углеводов, липидов, аминокислот, нуклеотидов, белков, нуклеиновых кислот, витаминов, органических кислот, алкалоидов и гликозидов, фенольных и терпеноидных соединений, эфирных масел, а также их содержание в растительной продукции; особенности биохимических процессов и хими-	применять знания по биохимии растений при обособлении технологий выращивания сельскохозяйственных культур и применения удобрений;	терминами и понятиями биохимии при оценке качества растительной продукции, её пригодности для хозяйственного ис-

			почвоведения и агроэкологии	и ческого состава у различных групп сельскохозяйственных растений; химический состав зерна злаковых и зернобобовых культур, семян масличных растений, клубней картофеля, корнеплодов, овощей, плодов и ягод, вегетативной массы кормовых трав; биохимические основы формирования качества урожая сельскохозяйственных культур	изменения химического состава растительной продукции в зависимости от генотипа, режима питания растений и условий окружающей среды	пользования и соответствующей переработки, а также при обосновании технологий выращивания сельскохозяйственных культур и применения удобрений
3.	ОПК-5	способен к участию в проведении экспериментальных исследований в профессиональной деятельности	ОПК-5.3. использует классические и современные методы исследования в агрохимии, агропочвоведении и агроэкологии	биохимические процессы синтеза, превращений и распада органических веществ в растительном организме; биохимические механизмы ассимиляции аммонийной, амидной и молекулярной форм азота растениями и причины накопления нитратов в растительной продукции; молекулярные механизмы репликации ДНК, транскрипции и трансляции у высших организмов; причины и параметры изменения химического состава растительной продукции в зависимости от генотипа, режима питания сельскохозяйственных культур и условий окружающей среды.	использовать биохимические показатели при оценке качества и безопасности растительной продукции; разрабатывать приёмы снижения содержания в растительной продукции нитратов и токсических веществ.	навыками аналитической работы по определению биохимических показателей при оценке химического состава, качества и безопасности растительной продукции

## 4. Структура и содержание дисциплины

### 4.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зач. ед. (144 часа), их распределение по видам работ по семестрам представлено в таблице 2.

Таблица 2

#### Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Вид учебной работы	Трудоёмкость	
	всего час.	5 семестр час.
<b>Общая трудоёмкость дисциплины по учебному плану</b>	<b>144</b>	<b>144</b>
<b>1. Контактная работа:</b>	<b>68,4</b>	<b>68,4</b>
<b>Аудиторная работа</b>	<b>68,4</b>	<b>68,4</b>
<i>в том числе:</i>		
<i>лекции (Л)</i>	16	16
<i>практические занятия (ПЗ)</i>	16	16
<i>лабораторные работы (ЛР)</i>	34	34
<i>консультации перед экзаменом</i>	2	2
<i>контактная работа на промежуточном контроле (КРА)</i>	0,4	0,4
<b>2. Самостоятельная работа (СРС)</b>	<b>75,6</b>	<b>75,6</b>
<i>самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям)</i>	36	36
<i>Подготовка к контрольным работам</i>	15	15
<i>Подготовка к экзамену</i>	24,6	24,6
Вид промежуточного контроля:	Экзамен	

### 4.2 Содержание дисциплины

Таблица 3

#### Тематический план учебной дисциплины

Наименование разделов дисциплины	Всего	Аудиторная работа				Внеаудиторная работа
		Л	ПЗ	ЛР	ПКР	
Введение	2	0,5	0,5	-	-	1
Раздел 1. Строение, свойства и биологические функции основных органических веществ растений	31,5	3,5	4	10	-	14
Раздел 2. Биохимическая энергетика и ферменты	20,6	2	3	2	-	13,6
Раздел 3. Обмен углеводов, липидов и азотистых веществ	48	6	5	10	-	27
Раздел 4. Вещества вторичного происхождения	15,5	2	1,5	2	-	10
Раздел 5. Биохимические основы формирования качества растительной продукции	24	2	2	10	-	10
Консультации перед экзаменом	2	-	-	-	2	-
Контактная работа на промежуточном	0,4	-	-	-	0,4	-



Наименование разделов дисциплины	Всего	Аудиторная работа				Внеаудиторная работа
		Л	ПЗ	ЛР	ПКР	
контроле						
<b>Всего за 5 семестр</b>	<b>144</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>34</b>	<b>2,4</b>	<b>75,6</b>
<b>Итого по дисциплине</b>	<b>144</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>34</b>	<b>2,4</b>	<b>75,6</b>

## Введение

Предмет и методы биохимии. Использование человеком биохимических процессов для получения пищи, кормов для животных и продуктов промышленной переработки. Открытие действия ферментов, положившее начало развитию биохимической науки. Основные открытия и достижения биохимиков в 19-веке, создавшие необходимые предпосылки для выделения биохимии из общего комплекса естественных наук. Важнейшие результаты биохимических исследований в первой половине 20-го века, позволившие сформулировать молекулярные концепции жизнедеятельности различных организмов. Открытия биохимиков, связанные с изучением молекулярных механизмов генетических процессов, фотосинтеза, дыхания, биоэнергетических процессов. Основные направления развития современной биохимии.

Применение достижений биохимии в промышленности, медицине, сельском и лесном хозяйстве. Связь биохимии с другими биологическими и сельскохозяйственными науками. Значение биохимии для изучения химического состава сельскохозяйственных растений и получения высококачественной, экологически чистой растительной продукции.

## Раздел 1. Строение, свойства и биологические функции основных органических веществ растений

### Тема 1.1. Углеводы

Общая характеристика и классификация углеводов. Роль углеводов в жизнедеятельности организмов и формировании качества растительной продукции. Классификация моносахаридов по числу углеродных атомов и составу функциональных групп, их свойства и функции в организме. Оптическая изомерия моносахаридов. Образование циклических форм моносахаридов и особенности написания их циклических формул. Основные производные моносахаридов и их значение для растений, человека и животных. Альдоновые, альдаровые и уроновые кислоты. Спирты и гликозиды. Фосфорнокислые эфиры, дезокси- и аминопроизводные моносахаридов.

Биохимическая характеристика олигосахаридов и полисахаридов. Строение, свойства и биологические функции сахарозы, мальтозы, целлобиозы,  $\beta$ -левулина, крахмала, полифруктозидов, целлюлозы, гемицеллюлоз, пектиновых веществ, камедей и слизей. Состав крахмала, гемицеллюлоз, пектиновых веществ у различных растений. Содержание сахаров и полисахаридов в растительной продукции (зерне злаковых и зернобобовых культур, семенах масличных растений, клубнях картофеля и корнеплодах, овощах, плодах и ягодах, вегетативной массе кормовых трав).

## **Тема 1.2. Липиды**

Основные разновидности липидов и их значение для растений, животных и человека. Строение и функции простых липидов – жира и воска. Их особенности по составу жирных кислот и спиртов. Понятие о незаменимых жирных кислотах. Числа жиров и их использование для оценки качества растительных масел. Процессы прогоркания и высыхания растительных жиров. Классификация растительных масел в зависимости от состава жирных кислот и по способности к высыханию.

Состав, строение и функции основных групп фосфолипидов (фосфатидилэтаноламинов, фосфатидилхолинов, фосфатидилсеринов, фосфатидилглицеринов, фосфатидилинозитов) и гликолипидов. Важнейшие представители стероидных липидов и их роль в организмах. Содержание липидов в растительной продукции.

## **Тема 1.3. Аминокислоты, нуклеотиды и белки**

Строение, свойства и классификация аминокислот. Роль аминокислот в обмене азотистых веществ растительного организма. Протеиногенные аминокислоты. Понятие о незаменимых аминокислотах. Биохимические основы промышленного производства незаменимых аминокислот.

Строение, свойства и функции нуклеотидов. Состав важнейших пуриновых и пиримидиновых рибонуклеотидов и дезоксирибонуклеотидов. Азотистые основания и нуклеозиды. Образование из нуклеотидов фосфорнокислых производных и коферментных группировок. Участие нуклеотидов в образовании нуклеиновых кислот.

Полипептидная теория строения белков. Участие пептидов и белков в обмене веществ организмов. Первичная, вторичная, третичная и четвертичная структура белков и её биологическое значение. Физико-химические свойства белков. Нативная конформация и денатурация белков. Функции белков в растительном организме. Современная классификация белков. Аминокислотный состав белков и способы оценки их биологической ценности. Пути улучшения биологической ценности растительных белков. Содержание и состав белков в зерне злаковых и зернобобовых культур, семенах масличных растений, клубнях картофеля и корнеплодах, вегетативной массе кормовых трав, овощной и плодово-ягодной продукции. Значение клейковинных белков в формировании технологических свойств зерна.

## **Тема 1.4. Витамины**

Роль витаминов в обмене веществ организмов и их значение в питании человека и кормлении сельскохозяйственных животных. Классификация витаминов. Биологическая роль витаминов – ретинола, кальциферола, токоферола, филлохинона, тиамина, рибофлавина, пиридоксина, кобаламина, никотиновой, пантотеновой, фолиевой, аскорбиновой кислот, биотина, цитрина, S-метилметионина. Понятие об авитаминозах. Механизм действия авитаминозов. Содержание витаминов в растительных продуктах. Возможные потери витаминов при уборке, хранении и переработке растительной продукции.

## **Раздел 2. Биохимическая энергетика и ферменты**

### **Тема 2.1. Биохимическая энергетика**

Особенности функционирования биоэнергетических систем. Принципы расчёта изменения энтальпии, энтропии и свободной энергии в ходе биохимических превращений. Экзергонические и эндергонические реакции и условия их осуществления. Сопряжённые реакции синтеза веществ. Макроэргические соединения и их роль в процессах обмена веществ организмов. Основные типы макроэргических соединений. Роль АТФ как универсального переносчика энергии в организмах. Пути образования АТФ. Общие пути превращения энергии в растительном организме.

### **Тема 2.2. Биохимия ферментов**

Строение и общие свойства ферментов. Механизм ферментативного катализа. Природа специфичности действия ферментов. Основные типы коферментов. Единицы активности ферментов. Кинетика ферментативных реакций и понятие о константе Михаэлиса. Изоферменты и их биологическая роль. Влияние температуры, реакции среды и концентрации субстрата на активность ферментов. Активаторы и ингибиторы ферментов. Локализация ферментативных реакций, образование мультиферментных комплексов. Основы современной классификации ферментов. Основные группы оксидоредуктаз, трансфераз, гидролаз, лиаз, изомераз, лигаз и их участие в биохимических превращениях. Принципы регуляции ферментативных реакций. Аллостерические ферменты и их роль в обмене веществ организмов. Регуляция действия индуцибельных ферментов. Механизм гормональной регуляции. Образование зимогенов. Использование ферментных препаратов в сельском хозяйстве.

## **Раздел 3. Обмен углеводов, липидов и азотистых веществ**

### **Тема 3.1. Обмен углеводов**

Световые реакции и количественный выход биоэнергетических продуктов фотосинтеза. Пигментные комплексы и фотосистемы, локализованные в хлоропластах фототрофных организмов. Механизмы фотохимических реакций и процесса фотофосфорилирования. Особенности ассимиляции диоксида углерода у  $C_3$ - и  $C_4$ -растений. Реакции цикла Кальвина и первичный синтез углеводов в растении. Биохимические превращения, лежащие в основе фотодыхания. Биохимический механизм дыхательных реакций, основные продукты гликолиза и цикла Кребса. Реакции окислительного фосфорилирования и их значение в энергетике организмов. Пентозофосфатный цикл и его биологическая роль. Понятие о хемосинтезе.

Синтез и превращения моносахаридов (глюкозы, фруктозы, маннозы, галактозы, рибозы, ксилозы, арабинозы, эритрозы, глицеринового альдегида, диоксиацетона). Механизмы образования олигосахаридов и полисахаридов. Синтез и распад сахарозы, крахмала, полифруктозидов, целлюлозы, гемицеллюлоз, пектиновых веществ. Роль нуклеозиддифосфатпроизводных моносахаридов в биосинтезе олиго- и полисахаридов. Взаимопревращения крахмала и сахарозы

в растениях. Ферменты, катализирующие синтез и распад олиго- и полисахаридов, их значение в формировании качества растительной продукции.

### **Тема 3.2. Обмен липидов**

Механизмы образования глицерина, насыщенных и ненасыщенных жирных кислот. Синтез и распад жиров, фосфолипидов, гликолипидов, стероидных липидов. Окисление глицерина и его использование для синтеза углеводов. Механизмы  $\alpha$ -окисления и  $\beta$ -окисления жирных кислот. Глиоксилатный цикл и его биологическая роль. Образование углеводов из продуктов глиоксилатного цикла. Характеристика ферментов, катализирующих синтез и превращения липидов. Особенности биodeградации жирных кислот с разветвлённой углеродной цепью и их экологические последствия. Энергетика обмена липидов.

### **Тема 3.3. Обмен азотистых веществ**

Пути образования аминокислот в растительных клетках. Механизмы реакций восстановительного аминирования и переаминирования. Характеристика катализирующих эти реакции ферментов. Распад и превращения аминокислот в ходе реакций дезаминирования и декарбоксилирования. Превращения кетокислот и окисление аминов. Ассимиляция растениями нитратного азота и причины накопления нитратов в растительной продукции. Особенности действия нитратредуктазы и нитритредуктазы. Возможные пути снижения концентрации нитратов в растительных продуктах. Биохимические механизмы связывания избыточного аммонийного азота. Механизмы образования амидов и реакции орнитинового цикла. Биохимические реакции включения в синтез аминокислот молекулярного азота в процессе азотфиксации.

Строение и биологическая роль ДНК. Нуклеотидный состав ДНК и правила Чаргаффа. Пространственная структура молекул ДНК и способ их упаковки в хромосомах. Понятие о генетическом коде и кодонах. Свойства генетического кода. Биохимический механизм репликации ДНК и возникновения генетических мутаций. Ферменты, катализирующие синтез ДНК.

Основные типы РНК и их биологические функции. Нуклеотидный состав и строение молекул рибосомной, матричной и транспортной РНК. Основные этапы синтеза РНК. Процессинг и сплайсинг РНК-транскриптов. Активация аминокислот и механизм их связывания с транспортными РНК. Взаимодействие матричной РНК с рибосомами и инициация синтеза полипептидов. Механизм образования полипептидов. Роль терминирующих кодонов. Скорость синтеза белков и функционирование полирибосом. Регуляция синтеза белков. Принципы передачи генетической информации в ходе синтеза РНК и белков.

Биохимические реакции синтеза пуриновых и пиримидиновых нуклеотидов и их фосфатных производных. Превращение рибонуклеотидов в дезоксирибонуклеотиды. Ферменты, катализирующие распад нуклеиновых кислот, нуклеотидов и белков. Продукты распада пуриновых и пиримидиновых нуклеотидов и их влияние на организм человека и животных. Основные группы протеолитических ферментов и их значение в формировании качества растительной продукции. Связь обмена азотистых веществ с обменом углеводов и липидов.

## **Раздел 4. Вещества вторичного происхождения**

### **Тема 4.1. Фенольные и терпеноидные соединения**

Общая характеристика вторичных метаболитов растений. Фенольные соединения и их функции в растительном организме. Важнейшие представители оксибензойных и оксикоричных кислот и их значение в формировании качества растительной продукции. Основные группы флавоноидных соединений – катехины, лейкоантоцианы, антоцианы, флаваноны, флавоны и флавонолы. Значение катехинов в формировании вкуса и цвета чая. Флавоноидные гликозиды, обладающие Р-витаминной активностью. Состав и строение галловых, эллаговых и конденсированных форм дубильных веществ. Состав и строение лигнина различных групп растений. Содержание лигнина и дубильных веществ в растительных продуктах. Состав растительных меланинов и возможный механизм их образования.

Классификация терпеноидных соединений. Состав и свойства эфирных масел, их использование в производстве пищевых и парфюмерных продуктов. Содержание эфирных масел в плодах и овощах. Важнейшие представители алифатических и циклических монотерпенов – мирцен, линалоол, гераниол, цитронеллол,  $\alpha$ - и  $\beta$ -цитраль, ментол и карвон, лимонен,  $\alpha$ -терпинеол, пинен, камфен, борнеол, камфора. Строение, свойства и биологические функции сесквитерпенов, дитерпенов, тритерпенов, тетратерпенов и политерпенов.

### **Тема 4.2. Алкалоиды и гликозиды**

Строение, свойства и классификация алкалоидов. Значение алкалоидов в формировании качества растительной продукции. Биохимическая характеристика алкалоидов – производных пиридина и пирролидина, хинолина и изохинолина, индола, пурина, тропана, ароматических соединений.

Строение, свойства и классификация гликозидов. Значение гликозидов в формировании качества растительной продукции, производстве пищевых продуктов и лекарственных средств. Биохимическая характеристика важнейших О-гликозидов – амигдалина, пруназина, вицианина, линамарина, ванилина, глюконастурцина, арбутина, сердечных и флавоноидных гликозидов, сапонинов. Особенности строения S-гликозидов и N-гликозидов. Состав и строение гликоалкалоидов картофеля. Влияние природно-климатических факторов, орошения, режима питания растений на накопление алкалоидов и гликозидов в растительной продукции.

## **Раздел 5. Биохимические основы формирования качества растительной продукции**

### **Тема 5.1. Формирование качества зерна злаковых, зернобобовых культур и семян масличных растений**

Химический состав зерна злаковых культур. Распределение химических веществ в различных частях зерновки. Состав и биологическая ценность белков зерна. Химический состав и качество клейковины пшеницы. Влияние клейковинных белков на свойства клейковины. Характеристика по количеству и качеству клейковины сильной, средней и слабой пшеницы. Состав минеральных веществ зерна. Изменение содержания углеводов, липидов, витаминов, азоти-

стых веществ и качества клейковины при созревании зерна. Влияние природно-климатических факторов, орошения и режима питания растений на формирование качества зерна. Биохимические изменения в морозобойном и суховежном зерне, при стекании зерна и его повреждении клопом-черепашкой, при прорастании зерна.

Химический состав зерна зернобобовых культур. Особенности состава белков, углеводов, витаминов, минеральных веществ в семенах бобовых растений. Биохимические процессы при созревании зерна. Влияние природно-климатических факторов, орошения и режима питания растений на накопление белков и углеводов в зерне зернобобовых культур.

Химический состав семян масличных растений. Биохимические процессы при созревании семян масличных культур и характеристика растительных масел. Влияние природно-климатических факторов, орошения и режима питания растений на накопление и качественный состав масла в семенах масличных растений.

### **Тема 5.2. Формирование качества клубней картофеля, корнеплодов, плодоовощной продукции и вегетативной массы кормовых трав**

Химический состав клубней картофеля. Особенности распределения химических веществ в различных частях клубней. Изменение химического состава клубней картофеля при созревании. Формирование кулинарных и технологических свойств клубней картофеля. Факторы, снижающие накопление в клубнях картофеля редуцирующих сахаров и свободных аминокислот. Влияние природно-климатических факторов и режима питания растений на качество клубней картофеля.

Химический состав корнеплодов. Особенности распределения сахаров, азотистых веществ и витаминов в различных частях корнеплодов. Биохимические процессы при созревании и хранении корнеплодов. Влияние природно-климатических факторов, орошения и режима питания растений на накопление сахаров, витаминов и азотистых веществ в корнеплодах. Оптимизация условий сахаронакопления в корнеплодах сахарной свёклы.

Химический состав овощей. Особенности строения овощей и распределения в них основных химических веществ. Биохимические процессы в созревающих овощах. Формирование вкуса, аромата и питательных свойств овощей при созревании и под влиянием природно-климатических факторов, орошения, применяемых удобрений. Факторы, снижающие накопление в овощах нитратов.

Химический состав плодов и ягод. Особенности строения плодов и ягод и распределения в них химических веществ. Биохимические процессы в созревающих плодах и ягодах. Особенности обмена органических кислот в созревающих плодах. Формирование вкуса, аромата и питательных свойств плодов и ягод под влиянием природно-климатических факторов, орошения, применяемых удобрений.

Химический состав кормовых трав. Изменение содержания белков, углеводов, липидов, органических кислот, витаминов и минеральных веществ в вегетативной массе бобовых и злаковых трав в процессе их роста и развития. Влияние природно-климатических факторов, орошения и режима питания растений на формирование химического состава кормовых трав.

### 4.3 Лекции/лабораторные/практические занятия

Таблица 4

#### Содержание лекций/лабораторного практикума/практических занятий и контрольные мероприятия

№ п/п	№ раздела	№ и название лекций/ лабораторных/ практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
1.	<b>Введение Раздел 1. Строение, свойства и биологические функции основных органических веществ растений</b>		<b>ОПК-5.2</b>	<b>Тестирование, ПЗ №4</b>	<b>18,5</b>
	Тема 1.1. Углеводы	Лекция № 1. Введение. Строение, свойства и биологические функции углеводов	ОПК-5.2	-	1
		Практическое занятие № 1. Предмет, методы и задачи биохимии. Строение, свойства и биологические функции углеводов		Контрольная работа	1
		Лабораторная работа № 1. Определение сахаров фенольным методом		Защита	2
	Тема 1.2. Липиды	Лекция № 1. Строение, свойства и биологические функции липидов	ОПК-5.2	-	1
		Практическое занятие № 2. Строение, свойства и биологические функции липидов		Контрольная работа	1
		Лабораторная работа № 2. Определение кислотного и иодного числа растительных жиров		Защита	2
	Тема 1.3. Аминокислоты, нуклеотиды и белки	Лекция № 2. Строение, свойства и биологические функции аминокислот, нуклеотидов и белков	ОПК-5.2	-	1,5
		Практическое занятие № 3. Строение, свойства и биологические функции аминокислот, нуклеотидов и белков		Контрольная работа	1,5
		Лабораторные работы № 3, 4. Определение белков биуретовым и спектрофотометрическим методом		Защита	4
	Тема 1.4. Витамины	Лекция № 2. Биохимическая характеристика витаминов	ОПК-5.2	-	0,5
		Практическое занятие № 4. Биохимическая характеристика витаминов		Контрольная работа	1
		Лабораторная работа № 5. Определение аскорбиновой кислоты в растительной про-		Защита	2

№ п/п	№ раздела	№ и название лекций/ лабораторных/ практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
		дукции			
2.	<b>Раздел 2. Биохимическая энергетика и ферменты</b>		<b>ОПК-1.1 ОПК-5.3</b>	<b>Тестирование, ПЗ №6</b>	<b>7</b>
	Тема 2.1. Биохимическая энергетика	Лекция № 3. Биохимическая энергетика	ОПК-1.1 ПК-5.3	-	1
Практическое занятие № 5. Биохимическая энергетика		Защита		1,5	
	Тема 2.2. Биохимия ферментов	Лекция № 3. Биохимия ферментов	ОПК-1.1 ОПК-5.3	-	1
		Практическое занятие № 6. Биохимия ферментов		Контрольная работа	1,5
		Лабораторная работа № 6. Определение активности каталазы		Защита	2
3.	<b>Раздел 3. Обмен углеводов, липидов и азотистых веществ</b>		<b>ОПК-1.1 ОПК-5.3</b>	<b>Тестирование, ПЗ №9</b>	<b>21</b>
	Тема 3.1. Обмен углеводов	Лекция № 4–5. Обмен углеводов	ОПК-1.1 ОПК-5.3	-	3
		Практическое занятие № 7. Обмен углеводов		Контрольная работа	2
		Лабораторная работа № 7. Определение активности амилаз		Защита	2
	Тема 3.2. Обмен липидов	Лекция № 5–6. Обмен липидов	ОПК-1.1 ОПК-5.3	-	1,5
		Практическое занятие № 8. Обмен липидов		Контрольная работа	1,5
		Лабораторная работа № 8. Определение активности липаз		Защита	2
	Тема 3.3. Обмен азотистых веществ	Лекция № 6. Обмен азотистых веществ	ОПК-1.1 ОПК-5.3	-	1,5
		Практическое занятие № 9. Обмен азотистых веществ		Контрольная работа	1,5
		Лабораторные работы № 9, 10, 11. Определение активности протеаз и нитратредуктазы. Определение концентрации аминокислот в тканях растений		Защита	6
4.	<b>Раздел 4. Вещества вторичного происхождения</b>		<b>ОПК-5.2 ОПК-5.3</b>	<b>Тестирование, ПЗ №11</b>	<b>5,5</b>
	Тема 4.1. Фенольные и терпеноидные соединения	Лекция № 7. Фенольные и терпеноидные соединения	ОПК-5.2 ОПК-5.3	-	1
		Практическое занятие № 10. Фенольные и терпеноидные соединения		Контрольная работа	0,75
		Лабораторная работа № 12. Определение активности пероксидаз		Защита	2



№ п/п	№ раздела	№ и название лекций/ лабораторных/ практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
	Тема 4,2. Алкалоиды и гликозиды	Лекция № 7. Алкалоиды и гликозиды	ОПК-5.2 ОПК-5.3	-	1
		Практическое занятие № 11. Алкалоиды и гликозиды		Контрольная работа	0,75
5.	<b>Раздел 5. Биохимические основы формирования качества растительной продукции</b>		<b>ОПК-5.2 ОПК-5.3</b>	<b>Тестирование, ПЗ №13</b>	<b>14</b>
	Тема 5.1. Формирование качества зерна злаковых, зернобобовых культур и семян масличных растений	Лекция № 8. Формирование качества зерна злаковых, зернобобовых культур и семян масличных растений	ОПК-5.2 ОПК-5.3	-	1
		Практическое занятие № 12. Формирование качества зерна злаковых, зернобобовых культур и семян масличных растений		Контрольная работа	1
		Лабораторные работы № 13, 14. Определение белкового и небелкового азота в растительной продукции		Защита	4
	Тема 5.2. Формирование качества клубней картофеля, корнеплодов, плодовоошной продукции и вегетативной массы кормовых трав	Лекция № 8. Формирование качества клубней картофеля, корнеплодов, плодовоошной продукции и вегетативной массы кормовых трав	ОПК-5.2 ОПК-5.3	-	1
		Практическое занятие № 13. Формирование качества клубней картофеля, корнеплодов, плодовоошной продукции и вегетативной массы кормовых трав		Контрольная работа	1
Лабораторные работы № 15, 16, 17. Определение крахмала в клубнях картофеля и сахаров в корнеплодах свеклы. Определение каротина в овощной продукции		Защита		6	

Таблица 5

**Перечень вопросов для самостоятельного изучения дисциплины**

№ п/п	№ раздела и темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения	Формируемые компетенции
<b>Введение. Предмет, методы и история развития биохимии.</b>			<b>ОПК-5.2</b>
<b>Раздел 1. Строение, свойства и биологические функции основных органических веществ растений</b>			<b>ОПК-5.2</b>
1.	Тема 1.1	Моносахариды, олигосахариды и полисахариды	ОПК-5.2
2.	Тема 1.2	Жиры, фосфолипиды, гликолипиды, стероидные липиды,	ОПК-5.2

№ п/п	№ раздела и темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения	Формируемые компетенции
		воски	ОПК-5.2 ОПК-5.2
3.	Тема 1.3	Аминокислоты, нуклеотиды и белки	
4.	Тема 1.4	Жирорастворимые и водорастворимые витамины, антивитамины	
<b>Раздел 2. Биохимическая энергетика и ферменты</b>			<b>ОПК-1.1 ПК-5.3</b>
5.	Тема 2.1	Биохимическая энергетика	ОПК-1.1 ПК-5.3
6.	Тема 2.2	Биохимия ферментов	
<b>Раздел 3. Обмен углеводов, липидов и азотистых веществ</b>			<b>ОПК-1.1 ОПК-5.3</b>
7.	Тема 3.1	Биохимия фотосинтеза и дыхания. Взаимопревращения моносахаридов, синтез и распад олиго- и полисахаридов	ОПК-1.1 ОПК-5.3
8.	Тема 3.2	Синтез и распад жиров и других липидов. Превращение липидов в углеводы	
9.	Тема 3.3	Обмен аминокислот. Нуклеиновые кислоты. Синтез и распад нуклеотидов, нуклеиновых кислот и белков	
<b>Раздел 4. Вещества вторичного происхождения</b>			<b>ОПК-5.2 ОПК-5.3</b>
10.	Тема 4.1	Простые и полимерные фенольные соединения. Строение и функции терпенов. Состав эфирных масел и их содержание в растительной продукции	ОПК-5.2 ОПК-5.3
11.	Тема 4.2	Биохимическая характеристика различных групп алкалоидов и гликозидов	
<b>Раздел 5. Биохимические основы формирования качества растительной продукции</b>			<b>ОПК-5.2 ОПК-5.3</b>
12.	Тема 5.1	Формирование качества зерна злаковых, зернобобовых культур и семян масличных растений	ОПК-5.2 ОПК-5.3
13.	Тема 5.2	Формирование качества клубней картофеля, корнеплодов, плодовоовощной продукции и вегетативной массы кормовых трав	

## 5. Образовательные технологии

Таблица 6

### Применение активных и интерактивных образовательных технологий

№ п/п	Тема и форма занятия		Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий
1	Биохимия ферментов	Л	Авторская лекция на основе современных научных достижений
2	Обмен аминокислот	Л	Авторская лекция на основе современных научных достижений
3	Нуклеиновые кислоты	Л	Авторская лекция на основе современных научных достижений
4	Синтез и распад нуклеотидов и белков	Л	Авторская лекция на основе современных научных достижений
5	Биохимическая характеристика в таминов	ПЗ	Разбор конкретных ситуаций

6	Биохимическая энергетика	ПЗ	Обсуждение учебного материала в диалоговом режиме
7	Обмен углеводов	ПЗ	Обсуждение учебного материала в диалоговом режиме
8	Определение активности протеаз	ЛР	Разбор конкретных ситуаций
9	Определение активности нитратредуктазы	ЛР	Обсуждение учебного материала в диалоговом режиме
10	Определение концентрации аминокислот в тканях растений	ЛР	Обсуждение учебного материала в диалоговом режиме
11	Определение активности пероксидаз	ЛР	Разбор конкретных ситуаций

## **6. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины**

### **6.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности**

Контроль текущей работы студентов осуществляется при проведении практических занятий, контрольных работ по темам, тестирования по разделам учебной дисциплины, защиты лабораторных работ. Для проведения контрольных работ разработаны контрольные вопросы и задания, выполнения самостоятельной работы – методические указания по изучению дисциплины. К практическим работам, проводимым с использованием активных и интерактивных технологий, подготовлены специальные вопросы и задания (см. Оценочные материалы дисциплины «Биохимия растений»). Для осуществления контроля по разделам дисциплины разработаны тестовые задания, которые представлены в Оценочных материалах дисциплины «Биохимия растений» и опубликованном методическом пособии (п. 7,4). Форма промежуточной аттестации по дисциплине: экзамен.

### **Вопросы для подготовки к контрольным мероприятиям (текущий контроль)**

#### **Раздел 1. Строение, свойства и биологические функции основных органических веществ растений**

##### **Тема 1.1. Углеводы**

Записать строение D- и L-форм глицеринового альдегида, эритрозы, рибозы, дезоксирибозы, ксилозы, арабинозы, глюкозы, маннозы, фруктозы, галактозы с использованием формул Фишера и Хеуорса.

Записать строение  $\alpha$ - и  $\beta$ -изомеров рибозы, дезоксирибозы, ксилозы, арабинозы, глюкозы, маннозы, фруктозы, галактозы с использованием формул Фишера и Хеуорса.

Записать строение фуранозных форм рибозы, дезоксирибозы, арабинозы и фруктозы, а также строение пиранозных форм ксилозы, глюкозы, маннозы и галактозы.

Записать с использованием формул Хеуорса строение фосфорнокислых эфиров моносахаридов: 3-фосфоглицеринового альдегида, фосфодиоксиацето-

на, эритрозо-4-фосфата, рибозо-5-фосфата, рибулозо-1,5-дифосфата, ксилулозо-5-фосфата, глюкозо-6-фосфата, глюкозо-1-фосфата, фруктозо-6-фосфата, фруктозо-1,6-дифосфата, маннозо-6-фосфата, галактозо-1-фосфата, седогептулозо-7-фосфата.

Записать с использованием формул Хеуорса строение  $\alpha$ - и  $\beta$ -изомеров глюкуроновой и галактуроновой кислот.

Написать структурные формулы спиртов, образующихся из глицеринового альдегида, рибозы, глюкозы и фруктозы, маннозы, галактозы.

Написать структурные формулы альдоновых и альдаровых кислот, образующихся из глюкозы, маннозы и галактозы.

Записать с использованием формул Хеуорса строение аминокислот глюкозы и галактозы.

Записать строение гликозидов, образующихся из  $\beta$ -глюкозы при её соединении с фенолом, этиловым спиртом, бензойным альдегидом.

Записать с использованием формул Хеуорса строение сахарозы, мальтозы, целлобиозы,  $\beta$ -левулина.

Показать на конкретных примерах, как образуются связи между остатками моносахаридов в молекулах амилозы, амилопектина, целлюлозы, полифруктозидов.

Показать на конкретных примерах, как образуются связи между остатками моносахаридов в молекулах маннана, галактана, ксилана, арабана, пектиновых веществ.

Указать строение и биологические функции углеводов, образующихся с участием  $\alpha$ -D-глюкозы,  $\beta$ -D-глюкозы и  $\beta$ -D-фруктозы.

Указать строение и биологические функции углеводов, образующихся из пентоз.

Сравнить по усвояемости в организме человека различные моносахариды, олигосахариды, полисахариды и производные моносахаридов.

## **Тема 1.2. Липиды**

Сравнить числа жиров у следующих ацилглицеринов: триолеина, пальмитиноолеинолинолеина и дипальмитинолинолеина.

Оценить питательные и технические свойства растительных масел, имеющих разное содержание жирных кислот. В одном из масел содержится 20% линоленовой кислоты, 30% линолевой кислоты, 40% олеиновой кислоты и 10% пальмитиновой кислоты. В другом масле содержится 10% пальмитиновой кислоты, 5% стеариновой кислоты, 25% линолевой кислоты, 5% линоленовой кислоты и 55% олеиновой кислоты.

Определить, к какой группе по высыхаемости относится растительное масло, имеющее йодное число 70, а число омыления 230.

Указать различия по составу жирных кислот твёрдых и жидких жиров, невысыхающих и слабо высыхающих растительных масел.

Даны три жира, имеющие йодные числа 160, 130 и 90. Оценить питательную и техническую ценность указанных жиров и дать соответствующее биохимическое объяснение.

Даны три ацилглицерина: пальмитиностеаринолинолеин, пальмитинодиолеин и стеариноолеинолиноленоин. Сравнить числа этих жиров и дать соответствующее биохимическое объяснение.

Записать строение липидов, образованных:

из глицерина, пальмитиновой, линолевой и линоленовой кислот;

из глицерина, стеариновой, олеиновой и ортофосфорной кислот, а также этаноламина;

из глицерина, пальмитиновой и линоленовой кислот, а также галактозы;

мирицилового спирта и карнаубовой кислоты;

из глицерина, стеариновой, олеиновой и ортофосфорной кислот.

Назвать указанные липиды по принятой классификации и объяснить их функции в растительном организме.

### **Тема 1.3. Аминокислоты, нуклеотиды и белки**

Полноценные и неполноценные белки. Пути улучшения биологической ценности растительных белков. Объяснить и показать на примерах.

Указать и объяснить зависимость вторичной, третичной и четвертичной структуры белков от их первичной структуры. Обосновать важное биологическое значение такой зависимости.

Оценить биологическую ценность двух кормовых белковых препаратов: в одном из них содержится 10% альбуминов, 15% глобулинов, 50% проламинов и 25% глютелинов; в другом – 20% альбуминов, 15% глютелинов и 65% глобулинов. Дать соответствующее биохимическое объяснение.

Указать на примере  $\alpha$ -аминокислот, в какой форме находятся аминокислоты в физиологической среде. Записать реакции аминокислот с кислотами и основаниями.

Записать строение D- и L-форм протеиногенных аминокислот. Дать объяснение, как определяется принадлежность аминокислот к D- или L-стереохимическому ряду.

Записать строение рибонуклеотидов и дезоксирибонуклеотидов, образуемых аденином, гуанином, цитозином, тиминном и урацилом. Указать названия этих нуклеотидов.

На примере адениловой, гуаниловой, уридилловой, цитидиловой, дезоксиадениловой, дезоксигуаниловой, дезоксицитидиловой и дезокситимидиловой кислот показать особенности пространственного строения *син*- и *анти*-конфигураций нуклеотидов.

Записать строение нуклеозидполифосфатов: АТФ, АДФ, ГТФ, ГДФ, ЦТФ, ЦДФ, УТФ, УДФ, дАТФ, дГТФ, дЦТФ, дТТФ.

Записать первичную структуру участка полипептидной цепи, образованного путём последовательного присоединения аминокислот: метионина, лизина, пролина, аспарагиновой кислоты, гистидина. На N-конце этого участка находится остаток метионина, а на C-конце – остаток гистидина. Дать описание возможной вторичной структуры на данном участке полипептидной цепи.

Объяснить, как происходит формирование нативной конформации белковых молекул в физиологической среде. Дать определение нативной конформации белков.

Указать разновидности вторичной структуры белков. Показать зависимость вторичной структуры белков от первичной структуры.

Указать основные факторы, от которых зависит формирование третичной структуры белковых полипептидов. Дать определение третичной структуры белков.

Указать основные факторы, определяющие формирование четвертичной структуры белков.

Объяснить, как образуются множественные молекулярные формы белков. Показать это на примере белков, молекулы которых состоят из четырёх полипептидных субъединиц двух типов А и Б. При этом необходимо учитывать, что молекула белка может формироваться как из одинаковых субъединиц, так и разных.

Указать механизм денатурации белков при термической обработке, создании сильно кислой и сильно щелочной среды, под действием спирта или ацетона, катионов тяжёлых металлов.

Объяснить принципы классификации белков. Назвать примеры конкретных белков, относящихся к разным классификационным группам.

Определить биологическую ценность белка, используемого для кормления крупного рогатого скота, если в его составе содержится 2% лизина, 1,5% триптофана, 1,2% метионина, 3,1% треонина, 4% валина, 5% лейцина, 4% изолейцина, 3,5% фенилаланина.

#### **Тема 1.4. Витамины**

Объяснить, какие вещества относят к витаминам. Показать это на примере витамина, который был первым открыт в конце 19 века.

Указать, какие витамины и по какому механизму образуются из провитаминов, содержащихся в растительных продуктах.

На основе знаний о витаминах объяснить, какие наблюдаются отклонения в обмене веществ организма, если из питания людей исключить пищевые продукты, полученные из зерна.

На основе знаний о витаминах объяснить, какие наблюдаются отклонения в обмене веществ организма, если из питания людей исключить овощи или пищевые продукты, полученные из овощей.

На основе знаний о витаминах объяснить, какие наблюдаются отклонения в обмене веществ организма, если из питания людей исключить плоды и ягоды или пищевые продукты, полученные из плодов и ягод.

Животных длительное время кормили кормом из кукурузной муки и картофеля. На основе знаний о витаминах дать прогноз о состоянии животных.

Одну группу животных длительное время кормили кормом из зерна, а другую высушенной вегетативной массой растений. На основе знаний о витаминах дать прогноз о состоянии животных.

В зимний период у животных наблюдается ослабление окислительно-восстановительных процессов в организме. На основе знаний о витаминах дать рекомендации по улучшению кормления животных.

В зимний период у людей наблюдается ослабление биохимических процессов липидного обмена в организме. На основе знаний о витаминах дать рекомендации по улучшению питания.

Группа людей длительное время находилась в экстремальных условиях и вынуждена была питаться только дикой растительной пищей. На основе знаний о витаминах дать прогноз их состояния.

На основе знаний о витаминах объяснить, почему большинство растительных продуктов перед употреблением в пищу варят.

Объяснить, почему при употреблении в пищу некоторых растительных продуктов наблюдается авитаминоз по определённым витаминам, хотя эти витамины содержатся в указанных растительных продуктах.

Сено длительное время высушивалось в полевых условиях и подвергалось воздействию влаги и солнечных лучей. На основе знаний о витаминах дать оценку качества данного вида растительной продукции.

## **Раздел 2. Биохимическая энергетика и ферменты**

### **Тема 2.1. Биохимическая энергетика**

Определить изменение внутренней энергии в биохимической системе в ходе анаэробного окисления фруктозы в глицериновую кислоту, используя сведения о теплоте сгорания веществ.

Определить изменение внутренней энергии системы при окислении глицериновой кислоты в пировиноградную кислоту.

Привести примеры экзотермической и эндотермической реакций и рассчитать в этих реакциях изменение энтальпии.

Рассчитать изменение энтальпии в ходе синтеза глюкозы из углекислого газа и воды в фотосинтезирующих клетках растений.

Объяснить, чем отличаются от всех других веществ макроэргические соединения и какие функции они выполняют в организмах.

Объяснить, какое значение имеют макроэргические соединения для осуществления биоэнергетического сопряжения анаболических и катаболических процессов.

Объяснить механизм сопряжённого синтеза веществ и показать участие макроэргических соединений в реакциях сопряжённого синтеза веществ.

Указать основные пути синтеза АТФ в растительных организмах. Показать биоэнергетические изменения в ходе синтеза АТФ.

Определить изменение свободной энергии при окислении кислородом 3 молей восстановленной формы кофермента Q.

Определить изменение свободной энергии биохимического продукта, если его концентрация в физиологической среде возросла на 0,005 моль/л, а температура понизилась на 10 градусов по шкале абсолютных температур. Стандартная свободная энергия образования этого вещества составляет 30,6 кДж/моль.

Записать реакции сопряжённого синтеза аспарагина из аспарагиновой кислоты и аммиака, ацетилкофермента А из уксусной кислоты и кофермента А. Указать изменение свободной энергии в ходе этих реакций.

## Тема 2.2. Биохимия ферментов

Обосновать специфичность действия ферментов в соответствии с гипотезами «ключа и замка» и «индуцированного соответствия». Записать примеры биохимических реакций.

Указать функциональные группы аминокислотных радикалов в составе белков, которые участвуют в построении каталитического центра фермента. Объяснить, как они действуют на молекулу субстрата.

Объяснить значение коферментов в осуществлении каталитического действия ферментных молекул. Указать, как образуются коферментные группировки ферментов.

Показать строение и особенности действия коферментов, связанных лабильными связями с молекулами ферментных белков. Записать примеры биохимических реакций, катализируемых ферментами, которые имеют такие коферменты.

Показать строение и особенности действия коферментов, связанных прочными связями с молекулами ферментных белков. Записать примеры биохимических реакций, катализируемых ферментами, которые имеют такие коферменты.

На примере олигомерных белков показать возможность образования изоферментов, которые различаются по первичной структуре ферментных белков и физико-химическим свойствам, но катализируют одну и ту же химическую реакцию и имеют одинаковое строение каталитического центра.

Рассчитать общую активность фермента и выразить её в каталах (или микрокаталах), если известно, что за 20 минут произошло превращение в продукты реакции под действием фермента 100 г субстрата, имеющего молекулярную массу 60.

Рассчитать удельную активность фермента уреазы, под действием которой за 30 минут произошло гидролитическое разложение 120 г мочевины. В физиологической среде содержалось 100 мг фермента.

Рассчитать молярную активность фермента, под действием которого происходит превращение субстрата со скоростью 0.5 моля в минуту. Молекулярная масса фермента - 60 000, а его количество в физиологической среде - 50 мг.

Объяснить действие активаторов ферментов, которые активируют группировки каталитического центра фермента или молекулу субстрата, формируют оптимальную пространственную структуру молекулы фермента. Показать это на конкретных примерах.

На конкретных примерах показать механизм действия на ферменты конкурентных ингибиторов.

Объяснить механизм действия аллостерических ферментов. Показать на примерах реакций, катализируемых рибулозодифосфаткарбоксилазой и фосфофруктокиназой.

Показать особенности регуляции активности индуцибельных ферментов. Объяснить в этих процессах роль белков-репрессоров и активаторов транскрипции.



Записать уравнения биохимических реакций, катализируемых различными ферментами (по одной реакции на каждый класс ферментов). Объяснить особенности действия ферментов в этих реакциях.

### **Раздел 3. Обмен углеводов, липидов и азотистых веществ**

#### **Тема 3.1. Обмен углеводов**

Показать особенности первичного синтеза углеводов у  $C_3$ - и  $C_4$ -растений.

Записать реакции взаимных превращений фруктозо-6-фосфата, глюкозо-6-фосфата, маннозо-6-фосфата. Указать ферменты, катализирующие эти реакции.

Записать последовательность реакций превращения глюкозы в галактозу и галактозы в глюкозу. Указать особенности действия ферментов, катализирующих эти реакции.

Записать биохимические реакции синтеза УДФ-глюкуроновой и УДФ-галактуроновой кислот, УДФ-ксилозы и УДФ-арабинозы.

Указать, какие биохимические продукты образуются в реакциях гликолиза и цикла Кребса.

Записать реакции синтеза и распада сахарозы в фотосинтезирующих и нефотосинтезирующих клетках растений. Указать особенности действия ферментов в этих реакциях.

Показать возможные механизмы образования и распада в растительных клетках мальтозы, целлобиозы,  $\beta$ -левулина.

Показать особенности действия ферментов, катализирующих синтез и распад амилозы и амилопектина.

Показать возможные механизмы синтеза и распада полифруктозидов, целлюлозы, гемицеллюлоз, пектиновых веществ.

#### **Тема 3.2. Обмен липидов**

Написать реакции синтеза глицерол-3-фосфата из фосфодиоксиацетона и превращения глицерина в фосфодиоксиацетон под действием фермента глицерол-3-фосфатдегидрогеназы.

Показать механизм образования насыщенных жирных кислот с чётным числом углеродных атомов из ацетилкофермента А под действием мультиферментного комплекса синтетазы жирных кислот.

Показать механизм образования жирных кислот с нечётным числом углеродных атомов в клетках бактерий и жирных кислот с разветвлённой углеродной цепью.

Написать реакции образования ненасыщенных жирных кислот с одной, двумя и тремя двойными связями. Указать особенности действия ферментов, катализирующих эти реакции.

Записать последовательность реакций синтеза ацилглицеринов из глицерол-3-фосфата и жирных кислот, соединённых с коферментом А.

Указать особенности синтеза и распада фосфолипидов, гликолипидов и стероидных липидов.

Написать реакции  $\alpha$ -окисления жирных кислот и указать их локализацию в растительных клетках. Дать характеристику ферментов, катализирующих эти реакции.

Записать последовательность реакций  $\beta$ -окисления насыщенных и ненасыщенных жирных кислот. Указать локализацию и особенности действия ферментов, катализирующих эти реакции.

Указать продукты  $\beta$ -окисления жирных кислот с чётным и нечётным числом углеродных атомов, а также жирных кислот с боковыми ответвлениями у чётных углеродных атомов.

Объяснить, почему не подвергаются  $\beta$ -окислению жирные кислоты с боковыми ответвлениями у нечётных углеродных атомов и к каким экологическим последствиям это приводит.

Показать последовательность превращения продукта глиоксилатного цикла янтарной кислоты в щавелевоуксусную и далее в фосфоенолпировиноградную кислоту и углеводы.

### **Тема 3.3. Обмен азотистых веществ**

Записать реакции восстановительного аминирования пировиноградной, щавелевоуксусной и  $\alpha$ -кетоглутаровой кислот. Указать особенности действия катализирующих их дегидрогеназ.

Написать реакции синтеза глутамина и глутаминовой кислоты под действием фермента глутаматсинтазы.

Объяснить механизм реакций переаминирования и показать механизм действия ферментов аминотрансфераз.

Указать особенности действия фермента глутаматдегидрогеназы при осуществлении реакций окислительного дезаминирования.

Записать реакции декарбоксилирования аминокислот и окисления аминов. Указать особенности действия ферментов, катализирующих эти реакции.

Показать механизм действия ферментов, катализирующих реакции восстановления нитратов и нитритов.

Указать причины накопления нитратов в растительной продукции и возможные пути понижения их концентрации в овощных и кормовых продуктах.

Показать, с помощью каких биохимических механизмов осуществляется связывание избыточного аммиака в растениях.

Показать биохимический механизм восстановления молекулярного азота в клубеньках, образующихся на корнях бобовых растений при инфицировании их клубеньковыми бактериями.

Объяснить механизмы усвоения амидного азота мочевины при некорневых подкормках растений. Указать особенности действия ферментов, катализирующих эти реакции.

Объяснить особенности строения и биологические функции ДНК, рРНК, мРНК и тРНК. Показать образование фосфодиэфирных связей, соединяющих нуклеотидные остатки в нуклеиновых кислотах.

Записать с помощью сокращённых формул правила Чаргаффа и объяснить их биологическое значение.

Дана последовательность соединения нуклеотидных остатков на одном из участков молекулы ДНК: -А-Т-Г-А-Ц-Г-Т-А-Ц-Г-Т-. Записать комплементарную ей цепь в двойной спирали ДНК.

Объяснить принципы кодирования аминокислотных остатков в белковых полипептидах с помощью кодонов, имеющих триплетную структуру и указать основные свойства генетического кода – его универсальность, вырожденность, неперекрываемость.

Дана последовательность нуклеотидов на одном из участков молекулы ДНК: -А-А-Г-Т-Ц-Ц-Т-Т-Т-А-Ц-А-А-А-Г-Ц-. Записать последовательность аминокислотных остатков в белке, которую кодирует данный локус ДНК.

Показать механизм синтеза ДНК и особенности действия ферментов, катализирующих процесс репликации ДНК.

Объяснить механизм синтеза рибосомой, матричной и транспортной РНК. Указать особенности действия ферментов, катализирующих синтез РНК.

Объяснить, как происходит процессинг и сплайсинг РНК-транскриптов при образовании функционально активных молекул матричной РНК.

Записать реакции активации аминокислот при синтезе белковых полипептидов, катализируемых аминоацил-тРНК-синтетазами.

Схематически записать процесс элонгации полипептидной цепи и порядок включения аминокислот в полипептидную цепь.

Объяснить механизм терминации синтеза полипептидной цепи и образования полирибосом.

Указать особенности синтеза пуриновых и пиримидиновых нуклеотидов, а также превращения рибонуклеотидов в дезоксирибонуклеотиды.

Указать особенности действия ферментов, катализирующих распад нуклеиновых кислот и нуклеотидов. Показать важнейшие продукты распада пуриновых и пиримидиновых нуклеотидов.

Записать схемы реакций распада белков и указать особенности действия ферментов, катализирующих расщепление дисульфидных и пептидных связей.

## **Раздел 4. Вещества вторичного происхождения**

### **Тема 4.1. Фенольные и терпеноидные соединения**

Записать строение *n*-оксibenзойной, протокатеховой, галловой, ванилиновой и сиреневой кислот. Указать их значение в обмене веществ растений и формировании качества растительной продукции.

Записать строение *n*-оксикоричной, кофейной, феруловой, синаповой кислот и кумарина. Указать их значение в обмене веществ растений и формировании качества растительной продукции.

Дать характеристику основных групп флавоноидных соединений – катехинов, лейкоантоцианов, антоцианов, флаванонов, флавонов и флавонолов. Указать их значение в обмене веществ растений и формировании качества растительной продукции.

Показать состав и строение гидролизуемых и конденсированных форм дубильных веществ и их содержание в различных растительных продуктах.

Объяснить состав, строение и функции лигнина. Указать содержание лигнина в различных растительных продуктах и его значение в формировании качества растительной продукции.

Объяснить, как образуются меланины в растениях, и указать их влияние на качество растительной продукции.

Дать общую характеристику и классификацию терпеноидных соединений. Указать их функции в растительных организмах и влияние на качество растительной продукции.

Объяснить, из каких веществ образуются эфирные масла и какое они находят практическое применение.

Показать строение мирцена, гераниола, линалоола, цитронеллола,  $\alpha$ - и  $\beta$ -цитралей, лимонена, ментола, карвона,  $\alpha$ -терпинеола,  $\alpha$ -пинена, камфена, борнеола, камфоры, Указать их содержание в эфирных маслах растений.

Объяснить, из каких химических компонентов состоят сесквитерпены, дитерпены, тритерпены. Указать их значение для растений и влияние на качество растительной продукции.

Объяснить, из каких химических компонентов состоят тетра- и политерпены и какое значение они имеют для растений и в формировании качества растительной продукции.

#### **Тема 4.2. Алкалоиды и гликозиды**

Объяснить, какие вещества относятся к алкалоидам, и указать их роль в растительном организме.

Объяснить принципы классификации алкалоидов и привести примеры алкалоидов, относящихся к разным группам.

Дать биохимическую характеристику алкалоидов, содержащихся в листьях табака, семенах клещевины, чёрного перца и люпина, указать их токсичность и содержание в данных растительных продуктах.

Дать биохимическую характеристику алкалоидов хинного дерева и опийного мака, указать их содержание в данных растительных продуктах.

Дать биохимическую характеристику алкалоидов, являющихся производными пурина и индола, указать их содержание в растительных продуктах.

Дать биохимическую характеристику алкалоидов, являющихся производными тропана. Указать их физиологическое действие и содержание в растительных продуктах.

Указать алкалоиды, имеющие ароматическую природу, и их содержание в растительных продуктах.

Дать биохимическую характеристику цианогенных гликозидов плодов, семян льна и некоторых разновидностей вики и фасоли. Указать их содержание в данных растительных продуктах.

Дать биохимическую характеристику гликозидов репы, брусники и толокнянки, ванили, флавоноидных гликозидов. Указать их содержание в растительных продуктах.

Дать биохимическую характеристику стероидных гликозидов. Указать их физиологическое действие на организм человека и содержание в растительных продуктах.

Дать биохимическую характеристику гликоалкалоидов растений семейства паслёновых. Указать их действие на организм человека и содержание в растительных продуктах.

Дать биохимическую характеристику гликозидов горчицы и хрена. Указать их содержание в семенах чёрной, белой и сарептской горчицы и в корнях хрена.

Указать влияние природно-климатических факторов и режимов питания растений на накопление алкалоидов и гликозидов в растительных продуктах.

## **Раздел 5. Биохимические основы формирования качества растительной продукции**

**Темы 5.1. Формирование качества зерна злаковых, зернобобовых культур и семян масличных растений. 5.2. Формирование качества клубней картофеля, корнеплодов, плодоовощной продукции и вегетативной массы кормовых трав**

Указать особенности химического состава зерна злаковых и зернобобовых культур, семян масличных растений, картофеля, корнеплодов, овощей, плодов и ягод, вегетативной массы кормовых трав и основных биохимических процессов при формировании данных растительных продуктов.

Объяснить влияние генотипа и режимов питания растений, природно-климатических факторов, орошения на качество и безопасность растительной продукции.

Дать объяснение, почему понижается содержание углеводов в растительной продукции при низкой влагообеспеченности растений.

Указать, как изменяется содержание углеводов в растительной продукции в зависимости от спектрального состава солнечного света.

Объяснить, почему при выращивании масличных культур в южных регионах снижается накопление масла в семенах и ухудшается качество масла.

Объяснить, почему при избыточном азотном питании снижается накопление масла в семенах масличных растений и ухудшается качество масла.

Зерновую культуру выращивают в условиях интенсивной солнечной радиации с высокой долей коротковолнового света, повышенных температур и заметного дефицита влаги. Дать прогноз накопления в зерне белков и крахмала с соответствующим биохимическим объяснением.

Объяснить, почему в северо-западных регионах России очень редко получают высококачественное зерно пшеницы.

Растения ячменя выращивали на пяти полях с разным внесением удобрений: 1)  $P_{90}K_{90}$ ; 2)  $N_{90}P_{90}$ ; 3)  $N_{90}K_{90}$ ; 4)  $N_{90}P_{90}K_{90}$ ; 5)  $N_{180}P_{90}K_{90}$  (дозы даны в кг д. в. на 1 га). Указанные поля одинаковы по плодородию почвы и характеризуются низким содержанием всех питательных элементов. Дать прогноз урожайности и содержания в зерне белков, используя три уровня градации для показателей урожайности и содержания белков: низкий, средний, высокий.

Показать на конкретных примерах, как влияют природно-климатические условия на накопление витаминов в растительных продуктах.

Объяснить влияние питания растений на синтез витаминов в листьях и репродуктивных органах, представляющих товарную часть урожая сельскохозяйственных культур.

Показать на конкретных примерах, как изменяется содержание витаминов в растениях в процессе их роста и развития, а также при формировании товарной части урожая.

На основе знаний о витаминах дать оценку питательных свойств овощей, выращенных в южных и северных регионах нашей страны.

На основе знаний о витаминах дать оценку питательных свойств плодово-ягодной продукции, выращенной в южных и северных регионах нашей страны.

Контрольные работы проводятся на практических занятиях. При подготовке к контрольным работам студентам рекомендуется изучить теоретический материал соответствующих разделов учебной дисциплины по конспектам лекций и по рекомендованным учебникам и учебным пособиям. Для самоконтроля своих знаний необходимо ответить на вопросы, содержащиеся в методических материалах по каждой теме учебной дисциплины, выполнить задания к практическим занятиям и тестовые задания с ответами. Кроме того, студент имеет возможность получить консультации у преподавателя в соответствии с его графиком текущих консультаций.

### **Перечень вопросов, выносимых на промежуточную аттестацию (экзамен)**

1. Строение и свойства моносахаридов.
2. Биохимическая характеристика олигосахаридов.
3. Строение и общие свойства крахмала и полифруктозидов.
4. Биохимическая характеристика клетчатки и гемицеллюлоз, их содержание в растениях.
5. Строение и свойства пектиновых веществ, камедей и слизей и их биологическая роль.
6. Строение и общие свойства жиров.
7. Строение, свойства и содержание в растениях фосфолипидов и стероидных липидов.
8. Строение и биологическая роль гликолипидов и восков.
9. Числа жиров и их использование для характеристики качества растительных масел.
10. Важнейшие аминокислоты растений и их биологическая роль.
11. Строение, свойства и функции белков.
12. Состав белков важнейших групп сельскохозяйственных растений.
13. Биологическая ценность растительных белков.
14. Строение, свойства и функции нуклеотидов в организмах.
15. Роль витаминов в обмене веществ организмов и их значение в питании человека и кормлении животных. Понятие об авитаминозах.
16. Строение и биологическая роль витаминов – тиамина, рибофлавина, пиридоксина, кобаламина. Их содержание в растениях.
17. Биохимическая характеристика витаминов, растворимых в жирах и их содержание в растениях.
18. Строение и биологическая роль витаминов – аскорбиновой кислоты, цитрина, никотиновой кислоты. Их содержание в растениях.

19. Биохимическая характеристика витаминов – пантотеновой и фолиевой кислот, биотина, миоинозита, S-метилметионина.
20. Пути образования АТФ в организмах.
21. Использование термодинамических функций для характеристики биоэнергетических превращений в организмах.
22. Принципы расчета изменения свободной энергии в ходе биохимических превращений.
23. Макроэргические соединения и их роль в обмене веществ организмов.
24. Строение и общие свойства ферментов.
25. Механизм действия ферментов.
26. Классификация и единицы активности ферментов.
27. Изоферменты и их роль в жизнедеятельности организмов.
28. Зависимость действия ферментов от условий окружающей среды (температура, рН, концентрация субстрата).
29. Активаторы и ингибиторы ферментов.
30. Регуляция активности конститутивных и индуцибельных ферментов.
31. Механизм аллостерической регуляции ферментативной активности.
32. Пути ассимиляции  $\text{CO}_2$  у  $\text{C}_3$  и  $\text{C}_4$  – растений.
33. Основные пути взаимопревращений моносахаридов.
34. Пентозофосфатный путь окисления углеводов и его биологическая роль.
35. Синтез и распад олигосахаридов.
36. Биосинтез и распад крахмала.
37. Биосинтез и распад полифруктозидов, клетчатки, пектиновых веществ и гемицеллюлоз.
38. Содержание полисахаридов в сельскохозяйственных растениях.
39. Накопление сахаров в корнеплодах, кормовых травах, овощах, плодах и ягодах.
40. Биосинтез насыщенных жирных кислот.
41. Биосинтез ненасыщенных жирных кислот.
42. Основные этапы синтеза ацилглицеринов из углеводов.
43. Распад жиров и  $\alpha$ -окисление жирных кислот.
44. Механизм  $\beta$ -окисления жирных кислот.
45. Биосинтез и распад фосфолипидов, гликолипидов и стеролов.
46. Глиоксилатный цикл и его биологическая роль.
47. Возможные пути превращения липидов в углеводы.
48. Биосинтез и общие пути превращения аминокислот.
49. Механизмы ассимиляции аммонийной и амидной форм азота.
50. Механизм восстановления нитратов и причины их накопления в растительной продукции.
51. Механизмы связывания избыточного аммиака в растениях.
52. Биохимические механизмы восстановления молекулярного азота в процессе азотфиксации.
53. Структура и биологическая роль ДНК.
54. Строение и биологическая роль рибосомной, матричной и транспортной РНК.

55. Нуклеотидный состав ДНК и РНК.
56. Нуклеотидный код РНК и принципы передачи генетической информации.
57. Механизм репликации ДНК.
58. Механизм синтеза РНК.
59. Механизм биосинтеза белков и нуклеотидов.
60. Распад нуклеиновых кислот, нуклеотидов и белков.
61. Фенольные соединения и их функции в растительных клетках.
62. Терпеноидные соединения и эфирные масла.
63. Алкалоиды и гликозиды сельскохозяйственных растений.
64. Химический состав зерна злаковых культур.
65. Химический состав зерна зернобобовых культур.
66. Химический состав семян масличных растений.
67. Химический состав клубней картофеля.
68. Химический состав корнеплодов.
69. Химический состав вегетативной массы кормовых трав.
70. Химический состав овощей, плодов и ягод.
71. Влияние режима питания растений и орошения на накопление белков, жиров и углеводов в растительной продукции.
72. Влияние природно-климатических факторов на накопление белков и липидов в растительной продукции.
73. Влияние природно-климатических факторов, орошения и режима питания растений на качественный состав растительных жиров.
74. Влияние природно-климатических факторов на накопление белков и углеводов в растительной продукции.
75. Действие удобрений на химический состав растений.

## **6.2. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания**

Для оценки знаний, умений, навыков и формирования компетенций по дисциплине применяется **балльно-рейтинговая** система контроля и оценки успеваемости студентов.

В основу балльно-рейтинговой системы (БРС) положены принципы, в соответствии с которыми формирование рейтинга студента осуществляется в ходе текущего, промежуточного контроля и промежуточной аттестации знаний.

Текущий контроль по разделам курса проводится по мере завершения их изучения. По итогам рейтинговой оценки студенты допускаются к сдаче экзамена, если сумма баллов по итогам текущего контроля их успеваемости составляет не менее 60.

При несвоевременном выполнении студентами заданий текущего контроля без уважительной причины по решению кафедры баллы рейтинговой оценки могут снижаться на 10–30 %. В конце учебного семестра итоги текущей успеваемости проставляются в виде суммы баллов (в последний день зачётной недели).

Промежуточный контроль знаний, умений и владений студентов по дисциплине осуществляется в виде экзамена, который проводится с целью оценки



уровня освоения ими теоретических знаний, развития творческого мышления, приобретения навыков самостоятельной работы, умения синтезировать полученные знания и применять их для решения практических задач. Экзамен проводится в устной форме по экзаменационным билетам. Принимающий экзамен преподаватель имеет право задавать студентам дополнительные вопросы, давать задачи и примеры по программе данной дисциплины. Пересдача экзамена допускается не более двух раз. Третий раз пересдача экзамена осуществляется перед комиссией, назначаемой деканом.

**Структурно-логическая схема изучения учебной дисциплины  
«Биохимия растений»**

<b>3 год обучения, 5 семестр</b>	
<b>Раздел 1. «Строение, свойства и биологические функции основных органических веществ растений»</b>	
<b>Общее количество баллов - 28</b>	
Темы 1.1, 1.3 – по 8 баллов Темы 1.2, 1.4 – по 6 баллов	
<b>Контрольные работы по темам Тестирование по разделу</b>	
<b>1-16 баллов – незачёт</b>	<b>17-28 баллов – зачёт</b>
↓	
<b>Раздел 2. «Биохимическая энергетика и ферменты»</b>	
<b>Общее количество баллов – 14</b>	
Тема 2.1 – 8 баллов Тема 2.2 – 6 баллов	
<b>Контрольные работы по темам Тестирование по разделу</b>	
<b>1-7 баллов – незачёт</b>	<b>8-14 баллов – зачёт</b>
↓	
<b>Раздел 3. «Обмен углеводов, липидов и азотистых веществ»</b>	
<b>Общее количество баллов - 36</b>	
Темы 3.1, 3.2 – по 10 баллов Тема 3.3 – 16 баллов	
<b>Контрольные работы по темам Тестирование по разделу</b>	
<b>1-21 балла – незачёт</b>	<b>22-36 баллов – зачёт</b>
↓	
<b>Раздел 4. «Вещества вторичного происхождения»</b>	
<b>Общее количество баллов – 10</b>	
Темы 4.1, 4.2 – по 5 баллов	
<b>Контрольные работы по темам Тестирование по разделу</b>	
<b>1-5 баллов – незачёт</b>	<b>6-10 баллов – зачёт</b>
↓	
<b>Раздел 5. «Биохимические основы формирования качества растительной продукции»</b>	

Общее количество баллов – 12
Темы 5.1, 5.2 – по 6 баллов
Контрольные работы по темам Тестирование по разделу
1-6 баллов – незачёт      7-12 баллов – зачёт
Допуск к экзамену – не менее 60 баллов



Экзамен по учебной дисциплине
-------------------------------

## Критерии оценивания результатов обучения

Таблица 7

Оценка	Критерии оценивания
Высокий уровень «5» (отлично)	оценку « <b>отлично</b> » заслуживает студент, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал без пробелов; выполнивший все задания, предусмотренные учебным планом на высоком качественном уровне; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы. <b>Компетенции</b> , закреплённые за дисциплиной, <b>сформированы на уровне – высокий.</b>
Средний уровень «4» (хорошо)	оценку « <b>хорошо</b> » заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не оценены максимальным числом баллов, в основном сформировал практические навыки. <b>Компетенции</b> , закреплённые за дисциплиной, <b>сформированы на уровне – хороший (средний).</b>
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	оценку « <b>удовлетворительно</b> » заслуживает студент, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, многие учебные задания либо не выполнил, либо они оценены числом баллов близким к минимальному, некоторые практические навыки не сформированы. <b>Компетенции</b> , закреплённые за дисциплиной, <b>сформированы на уровне – достаточный.</b>
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	оценку « <b>неудовлетворительно</b> » заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы. <b>Компетенции</b> , закреплённые за дисциплиной, <b>не сформированы.</b>

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 7.1. Основная литература

- Новиков Н.Н. Биохимия сельскохозяйственных растений: учебник для бакалавров. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2017. – 579 с.
- Новиков Н.Н. Биохимия растений: учебник для вузов с грифами УМО и Министерства сельского хозяйства РФ. – М.: КолосС, 2012. – 679 с.
- Новиков Н.Н. Биохимические основы формирования качества продукции растениеводства: учебное пособие с грифом УМО. – М.: Издательство РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева, 2014. – 194 с.

## **7.2. Дополнительная литература**

1. Грибов Л.А., Баранов В.И. От молекул к жизни. – М.: URSS : Красанд, 2012. – 207 с.
2. Досон Р., Эллиот Д., Эллиот У., Джонс К. Справочник биохимика. – М.: Мир, 1991, – 453 с.
3. Запромётов М.Н. Фенольные соединения: распространение, метаболизм и функции в растениях. – М.: Наука, 1993, – 271 с.
4. Новиков Н.Н. Биохимия растений: учебник для вузов, 2-е издание. – М.: ЛЕНАНД, 2014. – 680 с.
5. Новиков Н.Н. Биохимия древесных растений: учебное пособие, ч. I. – М.: Издательство РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2016. – 199 с.
6. Новиков Н.Н. Биохимия древесных растений: учебное пособие, ч. II. – М.: Издательство РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2016. – 160 с.
7. Панников В.Д., Минеев В.Г. Почва, климат, удобрение и урожай. – М.: Агропромиздат, 1987, – 512 с.
8. Рядчиков В.Г., Головкин Е.Н., Бескаравайная И.Г. Мировые ресурсы растительного и животного белка. Аминокислотный состав. – Краснодар : Кубанский госуд. аграрн. университет, 2003. – 732 с.
9. Черников В.А., Игнатъева С.Л. Безопасность продовольственного сырья и продуктов питания из растительного сырья. – М.: Росинформагротех, 2017. – 136 с.
10. Щербатов В.Г., Лобанов В.П. Биохимия и товароведение масличного сырья. – М.: КолосС, 2003, – 360 с.

## **7.3. Нормативные правовые акты**

Нет.

## **7.4 Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям**

1. Новиков Н.Н., Таразанова Т.В. Лабораторный практикум по биохимии растений. – М.: Издательство РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева, 2012, – 98 с.
2. Таразанова Т.В., Новиков Н.Н. Тестовые задания по дисциплине «Биохимия растений». – М.: Изд. РГАУ–МСХА имени К.А.Тимирязева, 2008, – 108 с.

## **8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

[www.studentlibrary.ru](http://www.studentlibrary.ru) – электронное издание учебника «Биохимия растений» / Новиков Н.Н. – М.: КолосС, 2013. – Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений.

[files.lbz.ru](http://files.lbz.ru) – электронное издание учебника «Биохимия растений» / Хелдт Г.В. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. – 474 с.

## **9. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

Doal – база данных иностранных журналов;  
Консор, Агропоиск – современные базы данных;

Реферативная база данных Агрикола и ВИНТИ;  
[ChemExper](#) - поиск соединений в различных базах данных;  
[ISI's Reaction Citation Index \(RCI\)](#) – база данных по химическим реакциям;  
[PubSCIENCE](#) - доступ к аннотациям статей в журналах;  
[Cambridge Crystallographic Data Centre](#) – поисковая система по свойствам веществ в базе Cambridge Structural Database;  
[БАЗА ДАННЫХ "ХИМИЯ"](#) Всероссийского института научной и технической информации (ВИНИТИ) - доступен раздел по физико-химической биологии;  
[MDL Information Systems](#) – информационно-поисковая система в области естественных наук и химии;  
 AntiBase 2.0 – база данных природных веществ;  
 Rambler, Yandex, Google – информационно-справочные и поисковые системы.

### 10. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Для реализации программы подготовки по дисциплине «Биохимия растений» перечень материально-технического обеспечения включает:

1. Специальное помещение для проведения занятий лекционного типа;
2. Специализированные аудитории для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации;
3. Помещения для самостоятельной работы;
4. Помещения для хранения реактивов, химической посуды, профилактического обслуживания оборудования.

Кафедра располагает следующими учебными приборами и инструментами: персональные компьютеры, мультимедийный проектор, сканеры, копировальные аппараты, необходимый перечень аналитического оборудования (табл. 8).

Таблица 8

#### Сведения об обеспеченности специализированными аудиториями, кабинетами, лабораториями

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы (№ учебного корпуса, № аудитории)	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1	2
Учебный корпус 17 (старый), Большая агрохимическая аудитория (лекционная аудитория)	Мультимедийный проектор с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.
Учебный корпус 17 (старый), учебные лаборатории 204 и 205 (для проведения практических и лабораторных занятий)	Система очистки воды, технические весы (Adventurer ОНАУS № AR 1530), аналитические весы (Axis AN 200), фотоэлектроколориметры (КФК 2), спектрофотометр (СФ 26), холодильники, терморегулируемые бани (ЭКРОС 4300, ТБ-6), сушильные шкафы, среднескоростные центрифуги (Beckman Y6B, Eppendorf 5415 C), рН-метр (иономер Анион 4100), электромеханические мешалки (LM 201, VD LOVE-

	NA PRAHA), аппараты Кьельдаля, персональные компьютеры, компьютерный проектор, нагревательная и вытяжная системы для мокрого озоления растительного материала, поляриметр (СМ-2), измельчители растительного материала, дозирующие устройства для дозирования реактивов
Общежитие № 8. Комната для самоподготовки студентов	Набор мебели и учебных принадлежностей для самоподготовки студентов
Аудитория для самостоятельной работы студентов: Библиотека, Читальный зал периодики, ком. 132	Представлены научные журналы и газеты за последние 5 лет получаемые библиотекой по подписке, диссертации. Оборудование для ксерокопирования. Доступ к беспроводной сети Интернет (wi-fi).
Аудитория для самостоятельной работы студентов: Библиотека, Читальный зал учебной литературы, ком. 133	В открытом доступе представлена вся учебная и учебно-методическая литература, имеющаяся в фонде ЦНБ, агроклиматические справочники, 12 компьютерных мест с доступом в электронный каталог ЦНБ и Интернет.
Аудитория для самостоятельной работы студентов: Библиотека, Компьютерный читальный зал, ком. №144	Зал рассчитан на 32 рабочих места с бесплатным доступом к сети Интернет.

Для проведения теоретических занятий по дисциплине «Биохимия растений» имеются специализированные учебные аудитории, персональные компьютеры, сканеры, мультимедийный проектор, набор презентаций по теоретическому курсу, справочные материалы по разделам дисциплины. Для выполнения самостоятельной работы студенты имеют доступ к компьютерной технике с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением входа в электронную информационно-образовательную среду университета на кафедре и в читальном зале библиотеки университета.

Проведение занятий осуществляется в специализированных лабораториях, оснащённых лабораторной мебелью и необходимым перечнем основного оборудования: набор лабораторной посуды, система очистки воды, газовые и электронагреватели, штативы, горелки, реактивы, технические и аналитические весы; фотоэлектроколориметры, спектрофотометр, холодильники, терморегулируемые бани, сушильные шкафы, среднескоростные центрифуги, титровальное оборудование, рН-метр, электромеханические мешалки, аппараты Кьельдаля, нагревательная и вытяжная системы для мокрого озоления растительного материала, поляриметр, наборы термометров и денситометров, дозирующие устройства, персональные компьютеры, измельчители растительного материала, компьютерный проектор для анализа цветных изображений.

## **11. Методические рекомендации обучающимся по освоению дисциплины**

Самостоятельное изучение разделов дисциплины осуществляется на основе материалов лекций и рекомендуемой литературы. Задания для самоподготовки по каждому разделу даются преподавателем на практических занятиях с соответствующим объяснением. Для самоконтроля студентам рекомендуются тестовые задания по дисциплине с ответами. Контроль самостоятельной работы студентов проводится на практических и лабораторных занятиях.

При подготовке к контрольным работам студентам предлагается изучить учебный материал соответствующих разделов и тем курса по конспектам лекций и по рекомендованным учебникам и учебным пособиям из перечня основ-

ной и дополнительной литературы. Для самоконтроля своих знаний студентам рекомендуется ответить на вопросы, содержащиеся в методических материалах по каждому разделу учебной дисциплины, и выполнить тестовые задания с ответами. Они имеют возможность получить консультации у преподавателя в соответствии с его графиком текущих консультаций.

### **Виды и формы отработки пропущенных занятий**

Студент, пропустивший лабораторное занятие, обязан самостоятельно изучить содержание лабораторной работы по практикуму, составить конспект и получить разрешение преподавателя на отработку пропущенного занятия. Отработка занятия выполняется под руководством лаборанта, после чего студент предъявляет полученные результаты преподавателю и защищает лабораторную работу по установленным требованиям. Отработка пропущенных практических занятий, контрольных работ, тестирований выполняется по графику, утверждённому заведующим кафедрой.

### **12. Методические рекомендации преподавателям по организации обучения по дисциплине**

Для формирования у студентов соответствующих компетенций в результате изучения данной учебной дисциплины рекомендуется применять объяснительно-иллюстративные, проблемные и поисковые модели обучения, направленные на активизацию самостоятельной работы обучающихся, активные и интерактивные формы занятий, указанные в пункте 5. Совокупность форм обучения включает: лекции, практические занятия, лабораторные работы, контрольные работы по темам и тестирование по разделам дисциплины.

Контроль текущей работы студентов осуществляется при проведении практических занятий, контрольных работ по темам и тестирования по каждому разделу дисциплины, защите лабораторных работ. Оценка текущей успеваемости обучающихся рекомендуется проводить с использованием рейтинговой системы. По итогам рейтинговой оценки они получают зачёт по разделу, если сумма баллов по выполнению лабораторных работ, результатам контрольных работ по темам и тестирования по разделу составляет не менее 60% от максимального норматива. Студенты, аттестованные по всем учебным разделам и набравшие не менее 60% рейтинговых баллов от максимального норматива, получают допуск к экзамену.

При осуществлении контроля знаний, умений и владений студентов по дисциплине проводится оценка уровня освоения ими теоретических знаний, развития творческого мышления, приобретения навыков самостоятельной работы, умения синтезировать полученные знания и применять их для решения практических задач. На практических занятиях обсуждение теоретического материала необходимо подкреплять решением логических и расчётных задач, рассмотрением примеров из результатов научных исследований и практики сельского хозяйства.

**Программу разработал:**

Новиков Н.Н., доктор биологических наук, профессор



## РЕЦЕНЗИЯ

на рабочую программу дисциплины «Биохимия растений» ОПОП ВО по направлению 35.03.03 – Агрехимия и агропочвоведение, направленности «Генетическая и агроэкологическая оценка почв», «Питание растений и качество урожая», «Сельскохозяйственная микробиология», «Органическое сельское хозяйство» (квалификация выпускника – бакалавр)

Лариковой Юлией Сергеевной, кандидатом биологических наук, доцентом кафедры физиологии растений ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» (далее по тексту рецензент), проведена рецензия рабочей программы дисциплины «Биохимия растений» ОПОП ВО по направлению 35.03.03 – Агрехимия и агропочвоведение, направленности «Генетическая и агроэкологическая оценка почв», «Питание растений и качество урожая», «Сельскохозяйственная микробиология», «Органическое сельское хозяйство» (очная форма обучения), разработанной в ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», на кафедре агрономической, биологической химии и радиологии (разработчик – Новиков Николай Николаевич, профессор, доктор биологических наук).

Рассмотрев представленные на рецензию материалы, рецензент пришел к следующим выводам:

1. Предъявленная рабочая программа дисциплины «Биохимия растений» (далее по тексту Программа) соответствует требованиям ФГОС ВО по направлению 35.03.03 – Агрехимия и агропочвоведение. Программа содержит все основные разделы, соответствует требованиям к нормативно-методическим документам.

2. Представленная в Программе актуальность учебной дисциплины в рамках реализации ОПОП ВО не подлежит сомнению – дисциплина относится к обязательной части учебного цикла – Б1.

3. Представленные в Программе цели дисциплины соответствуют требованиям ФГОС ВО направления 35.03.03 – Агрехимия и агропочвоведение.

4. В соответствии с Программой за дисциплиной «Биохимия растений» закреплены три компетенции. Дисциплина «Биохимия растений» и представленная Программа способны реализовать их в объявленных требованиях. Результаты обучения, представленные в Программе в категориях знать, уметь, владеть соответствуют специфике и содержанию дисциплины и демонстрируют возможность получения заявленных результатов.

5. Общая трудоёмкость дисциплины «Биохимия растений» составляет четыре зачётных единицы (144 часа).

6. Информация о взаимосвязи изучаемых дисциплин по вопросам исключения дублирования в содержании дисциплин соответствует действительности. Дисциплина «Биохимия растений» взаимосвязана с другими дисциплинами ОПОП ВО и Учебного плана по направлению 35.03.03 – Агрехимия и агропочвоведение и возможность дублирования в содержании отсутствует.

7. Представленная Программа предполагает использование современных образовательных технологий, используемых при реализации различных видов учебной работы. Формы образовательных технологий соответствуют специфике дисциплины.

8. Программа дисциплины «Биохимия растений» предполагает одиннадцать занятий в интерактивной форме.

9. Виды, содержание и трудоёмкость самостоятельной работы студентов, представленные в Программе, соответствуют требованиям к подготовке выпускников, содержащимся во ФГОС ВО направления 35.03.03 – Агрехимия и агропочвоведение.

10. Представленные и описанные в Программе формы текущей оценки знаний (опрос, как в форме обсуждения отдельных вопросов, так и выступления и участие в

дискуссиях, участие в контрольных работах и тестировании, аудиторных заданиях), соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.

Форма промежуточного контроля знаний студентов, предусмотренная Программой, осуществляется в форме экзамена, что соответствует статусу дисциплины, как дисциплины обязательной части учебного цикла Б1 ФГОС ВО направления 35.03.03 – Агрохимия и агропочвоведение.

11. Формы оценки знаний, представленные в Программе, соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.

12. Учебно-методическое обеспечение дисциплины представлено: основной литературой – три источника (базовые учебники и учебное пособие), дополнительной литературой – десять наименований, информационно-справочные системы – одиннадцать источников со ссылкой на электронные ресурсы, интернет-издания – два источника и соответствует требованиям ФГОС ВО направления 35.03.03 – Агрохимия и агропочвоведение.

13. Материально-техническое обеспечение дисциплины соответствует специфике дисциплины «Биохимия растений» и обеспечивает использование современных образовательных, в том числе интерактивных методов обучения.

14. Методические рекомендации студентам и методические рекомендации преподавателям по организации обучения по дисциплине дают представление о специфике обучения по дисциплине «Биохимия растений».

#### **ОБЩИЕ ВЫВОДЫ**

На основании проведенной рецензии можно сделать заключение, что характер, структура и содержание рабочей программы дисциплины «Биохимия растений» ОПОП ВО по направлению 35.03.03 – Агрохимия и агропочвоведение, направленности «Генетическая и агроэкологическая оценка почв», «Питание растений и качество урожая», «Сельскохозяйственная микробиология», «Органическое сельское хозяйство» (квалификация выпускника – бакалавр), разработанной Новиковым Н.Н., профессором, доктором биологических наук, соответствует требованиям ФГОС ВО, современным требованиям экономики, рынка труда и позволит при её реализации успешно обеспечить формирование заявленных компетенций.

Рецензент: Ларикова Юлия Сергеевна, кандидат биологических наук, доцент кафедры физиологии растений ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»



«26» августа 2021 г.