

**Министерство образования Республики Беларусь**  
**Учебно-методическое объединение по естественнонаучному образованию**



Заместитель Министра образования  
Республики Беларусь

А.И. Жук

01 2013 г.

Регистрационный № ТД-Г. 455/тип.

**Физиология растений**

**Типовая учебная программа**  
**для высших учебных заведений по специальностям:**  
1-31 01 02 Биохимия  
1-31 01 03 Микробиология

**СОГЛАСОВАНО**

Председатель Учебно-методического объединения по естественнонаучному образованию

А.Л. Толстик

2012 г.



подпись \_\_\_\_\_, достоверно  
Зам. начальника управления  
организационной работы и  
информационного  
обеспечения

12 10 20 12 г.

**СОГЛАСОВАНО**

Начальник Управления высшего и среднего специального образования Министерства образования Республики Беларусь

С.И. Романюк

10 01 2013 г.

Проректор по учебной и воспитательной работе Государственного учреждения образования «Республиканский институт высшей школы»

В.И. Шупляк

13 12 2012 г.

Эксперт-нормоконтролер

13 12 2012 г.

Минск 2013

**СОСТАВИТЕЛЬ:**

Вадим Викторович Демидчик заведующий кафедрой физиологии и биохимии растений Белорусского государственного университета, доктор биологических наук

**РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

Кафедра ботаники и основ сельского хозяйства Учреждения образования «Белорусский государственный педагогический университет им. М. Танка»;

Владимир Николаевич Решетников, заведующий отделом биохимии и биотехнологии растений Государственного научного учреждения «Центральный ботанический сад НАН Беларуси», доктор биологических наук, академик НАН Беларуси, профессор

**РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ В КАЧЕСТВЕ ТИПОВОЙ:**

Кафедрой физиологии и биохимии растений Белорусского государственного университета (протокол № 4 от 20 сентября 2012 г.);

Научно-методическим советом Белорусского государственного университета (протокол № 1 от 27 сентября 2012 г.);

Научно-методическим советом по биологии, биохимии и микробиологии Учебно-методического объединения по естественному образованию (протокол № 15 от 12 октября 2012 г.)

Ответственный за редакцию: Вадим Викторович Демидчик

Ответственный за выпуск: Вадим Викторович Демидчик

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Типовая учебная программа по дисциплине «Физиология растений» составлена в соответствии с требованиями образовательных стандартов высшего образования первой ступени по специальностям 1-31 01 02 «Биохимия» и 1-31 01 03 «Микробиология».

Физиология растений является одной из наиболее важных фундаментальных дисциплин в системе высшего биологического образования. Физиология растений тесно связана с ботаникой, биохимией, генетикой, другими разделами биологии и является методологической основой для изучения структуры и функциональной активности растительных систем на разных уровнях их организации. Изучение дисциплины даст студентам современные знания об особенностях организации и закономерностях функционирования растительных объектов, необходимые высококвалифицированным специалистам-биологам, а также специалистам, связанным с такими отраслями как экология, биотехнология, фармакогнозия и других. Освоение программы будет способствовать их развитию как самостоятельных ученых-исследователей и практиков, позволит получить знания, требующиеся для проведения исследований на современном научно-методическом уровне, даст опыт практической работы с растительными системами.

Подготовка специалиста-биолога направлена на получение им информации не только о структурных и функциональных свойствах основных классов природных веществ, но и механизмах регуляции и взаимосвязи биохимических процессов, протекающих в организме. Связь с практикой, сельским хозяйством и биотехнологией также является одним из ключевых требований современного биологического образования.

Курс «Физиология растений» состоит из 8 основных разделов, в которых на современном уровне рассматриваются физиологические функции растений. Особое внимание уделяется вопросам регуляции и интеграции процессов на разных уровнях организации растительного организма, а также их взаимосвязи с продуктивностью сельскохозяйственных растений и поддержанию биоразнообразия.

Программа курса составлена с учетом междисциплинарных связей и программ по смежным курсам химического и биологического профиля («Органическая химия», «Структурная биохимия», «Метаболическая биохимия», «Генетика», «Молекулярная биология» и др.).

**Цель курса** – сформировать у студентов целостную систему знаний о физиолого-биохимических процессах и механизмах их регуляции на разных уровнях организации растительного организма.

### **Задачи курса:**

1) представить основные сведения о фундаментальных физиолого-биохимических процессах, происходящих на разных уровнях организации растительного организма;

2) ознакомить студентов с современными методическими и практическими разработками по основным разделам физиологии растений;

3) рассмотреть механизмы взаимодействия растительного организма с окружающей средой и контроля продуктивности сельскохозяйственных растений.

В результате изучения дисциплины обучаемый должен:

**знать:**

- основные понятия, закономерности функционирования метаболических систем и механизмы их регуляции в растительном организме;
- физико-химические подходы и методы изучения растительного организма на разных уровнях организации;
- проблемы, достижения в области физиологии растений и перспективы их использования для повышения продуктивности растений;

**уметь:**

- использовать основные закономерности функционирования растительных организмов в качестве научной основы земледелия, растениеводства и биотехнологии;
- использовать методы теоретического и экспериментального исследований в фитофизиологии;
- проводить поиск и систематизировать научную информацию по отдельным разделам физиологии растений.

Основными методами (технологиями) обучения, отвечающими целям изучения дисциплины, являются:

- элементы проблемного обучения, реализуемые на лекционных и лабораторных занятиях;
- компетентностный подход, реализуемый на лекциях, лабораторных занятиях и при организации самостоятельной работы студентов;
- учебно-исследовательская деятельность, реализуемая на лабораторных занятиях;
- рейтинговая система оценки знаний.

При чтении лекционного курса рекомендуется применять технические средства обучения для демонстрации слайдов и презентаций, наглядные материалы в виде таблиц и схем. Теоретические положения лекционного курса развиваются и закрепляются на лабораторных занятиях, при выполнении которых студенты приобретают навыки анализа процессов, происходящих в отдельных анатомо-морфологических структурах растения.

Для подготовки к лабораторным занятиям и КСР студентам можно использовать один из учебников, перечисленных в разделе «Литература: основная». Для более углубленной подготовки предлагается список дополнительной литературы, включающий учебные пособия, литературу по физиологическим методам.

Для организации самостоятельной работы студентов по курсу рекомендуется использовать современные информационные технологии: разместить в сетевом доступе комплекс учебных и учебно-методических материалов (программа, методические указания к лабораторным занятиям,

список рекомендуемой литературы и информационных ресурсов, задания в тестовой форме для самоконтроля и др.).

Эффективность самостоятельной работы студентов целесообразно проверять в ходе текущего и итогового контроля знаний в форме устного опроса, семинаров, коллоквиумов, тестового компьютерного контроля по темам и разделам курса. Для общей оценки качества усвоения студентами учебного материала рекомендуется использование накопительной рейтинговой системы.

Программа рассчитана на 250 часов, в том числе 118 часов аудиторных: 64 – лекционных и 54 – лабораторных занятий.

### ПРИМЕРНЫЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

№ темы	Наименование тем	Аудиторные часы		
		Всего	Лекции	Лабораторные занятия
I	Введение	2	2	-
II	Структурно-функциональная организация растительной клетки	10	6	4
III	Фотосинтез	36	20	16
IV	Дыхание растений	14	10	4
V	Водный обмен растений	20	6	14
VI	Минеральное питание растений	18	6	12
VII	Рост и развитие растений	6	6	-
VIII	Физиология стресса	12	8	4
<b>ИТОГО:</b>		<b>118</b>	<b>64</b>	<b>54</b>

### СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

#### I. ВВЕДЕНИЕ

Предмет физиологии растений. Молекулярный, физико-химический, экологический и эволюционные аспекты физиологии растений. Объект физиологии растений, его особенности. Разнообразие объектов, характеризующихся фототропным образом жизни. Задачи физиологии растений. Этапы развития физиологии растений, ее связь с общим развитием биологии и практикой. Основные научные центры, занимающиеся проблемами физиологии растений в Беларуси и за рубежом.

Проблемы современной физиологии растений. Тематика и задачи новых разделов физиологии растений, таких как геномика, феномика, метаболомика, биоинформатика, системная биология растений, молекулярная биотехнология и др. Биоинформационные онлайн-ресурсы по физиологии растений: TAIR, NASC, Genevestigator, EBI, NCBI и др. Физиология растений и проблемы современной цивилизации: генетическая модификация организмов, глобальное

потепление, экологические изменения, устойчивое производство продуктов питания и биотоплива, поддержание биоразнообразия и т.д.

## **II. СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ РАСТИТЕЛЬНОЙ КЛЕТКИ**

Молекулярная структура компонентов растительной клетки, особенности их строения в связи с биологической функцией. Клеточная стенка. Понятие апопласта и симпласта. Цитоплазма. Ядро. Пластиды. Рибосомы, митохондрии, вакуоль, плазмодесмы, микротрубочки, микрофиламенты, пероксисомы, лизосомы. Эндоплазматический ретикулум. Аппарат Гольджи. Физико-химические свойства цитоплазмы, ее взаимодействие с внешней средой и ключевая роль в обеспечении взаимосвязи между органеллами и интеграции метаболических процессов. Структура и функция мембран растительной клетки. Понятие липидного рафта. Белковая природа проницаемости и сенсорной функции мембран. Принципы регуляции процессов на клеточном уровне. Функциональное взаимодействие отдельных компартментов клетки. Теория ретроградной сигнализации. Жизненный цикл растительной клетки.

## **III. ФОТОСИНТЕЗ**

Физико-химическая сущность фотосинтеза и его роль в процессах энергетического и пластического обмена растительного организма. Общие закономерности и значение фотосинтеза. Цикл углерода.

Структурная организация фотосинтетического аппарата. Лист как орган фотосинтеза. Хлоропласты, их строение, биохимический состав и функции. Биогенез хлоропластов. Пигментные системы фотосинтезирующих организмов. Хлорофиллы, их строение, химические и физические свойства. Роли отдельных структурных частей в молекуле хлорофилла. Основные стадии и химизм реакций биосинтеза хлорофилла. Функции хлорофиллов. Каротиноиды, их строение, классификация, свойства и функции. Билихромопротеины (фикобилины). Структура, свойства и функции билихромопротеинов.

Организация и функционирование пигментных систем. Поглощение света пигментами. Электронно-возбужденные состояния пигментов и типы дезактивации возбужденных состояний. Миграция энергии в системе фотосинтетических пигментов, гипотеза резонансного переноса. Понятие о свето-собирающем комплексе, фотосинтетической единице и реакционных центрах. Представление о молекулярной структуре, механизмах функционирования и взаимодействия двух фотосистем. Принцип организации и регуляция функционирования электрон-транспортной цепи фотосинтеза. Строение и роль отдельных элементов фотосинтетической электрон-транспортной цепи. Структура и механизм работы комплекса  $F_0F_1$  АТФ-синтазы. Фотофосфорилирование, его типы, характеристика.

Классификация растений по метаболизму  $\text{CO}_2$  в фотосинтезе. Метаболизм углерода в процессе фотосинтеза.  $\text{C}_3$ -путь фотосинтеза, основные этапы, их характеристика. Природа первичного акцептора углекислоты.  $\text{C}_4$ -путь фотосинтеза, его особенности и характеристика. Метаболизм углерода по типу толстянковых (САМ-цикл). Фотодыхание и метаболизм гликолевой кислоты ( $\text{C}_2$ -путь).

Показатели фотосинтеза: интенсивность, фотосинтетический потенциал, индекс листовой поверхности. Фотосинтез и урожай. Зависимость фотосинтеза от факторов внешней среды. Эндогенная регуляция фотосинтеза. Современные методы изучения фотосинтеза.

#### IV. ДЫХАНИЕ РАСТЕНИЙ

Значение дыхания в жизни растений. История развития представлений о дыхании растений. Теория В. И. Палладина. Показатели дыхания: интенсивность и дыхательный коэффициент.

Ферментные системы дыхания. Участие ферментов различных классов в дыхании. Дыхательные субстраты. Пути диссимиляции углеводов. Гликолиз, его суть, энергетика. Цикл ди- и трикарбоновых кислот, цикл Кребса-Корнберга. Окислительный пентозофосфатный цикл и его роль в метаболизме.

Использование в качестве дыхательных субстратов жиров и белков. Взаимосвязь превращения углеводов, белков и жиров.

Митохондрии, их структура и функции. Электрон-транспортная цепь дыхания, характеристика ее компонентов. Окислительное фосфорилирование в электрон-транспортной цепи, энергетическая эффективность. Субстратное и окислительное фосфорилирование.

Зависимость дыхания от внутренних и внешних факторов. Особенности дыхания растений.

#### V. ВОДНЫЙ ОБМЕН РАСТЕНИЙ

Структура и свойства воды в жизнедеятельности растений. Термодинамические основы водообмена растений: активность воды, химический потенциал воды, водный потенциал и его составляющие.

Поступление воды в растение. Механизм транспорта воды через плазматические мембраны. Молекулярная организация и функция аквапоринов (водных каналов), регуляция их работы. Водный баланс растений. Градиент водного потенциала – движущая сила поступления и передвижения воды в клетках, тканях и растении. Закономерности поступления воды в клетку. Корневая система как орган поглощения воды. Корневое давление, его значение и зависимость от действия внешних факторов. Движущие силы восходящего тока воды. Нижний и верхний концевой двигатели, процессы когезии и адгезии. Гуттация, ее механизм.

Транспирация. Биологическое значение транспирации. Устьичная, внеустьичная транспирации и молекулярная физиология устьичных движений.

Показатели транспирации: интенсивность, транспирационный коэффициент, коэффициент водопотребления. Влияние на транспирацию экзогенных и эндогенных факторов. Саморегулирование транспирации.

## VI. МИНЕРАЛЬНОЕ ПИТАНИЕ РАСТЕНИЙ

Незаменимые элементы минерального питания. Понятие сопутствующих элементов или «трэйс-элементов». Макроэлементы: азот, фосфор, калий, сера, кальций, магний. Микроэлементы: железо, медь, марганец, цинк, молибден, кобальт, бор. Роль и функциональные нарушения при недостатке в растении микро- и макроэлементов. Структурная и каталитическая функция ионов в метаболизме.

Классические представления о взаимодействии ионов: антагонизм, синергизм, аддитивность. Молекулярные основы этих взаимодействий. Поступление минеральных веществ. Транспорт ионов через плазматическую мембрану. Пассивный и активный транспорт. Ионные каналы, их строение на молекулярном уровне, функциональная и генетическая классификация, основы регуляции. Роль транспортеров и транспортных АТФаз. Структура и основные типы АТФаз. Значение регуляции мембранного потенциала для процессов поступления ионов в клетку.

Ближний транспорт ионов. Радиальное перемещение ионов в корне: симпластический и апопластический пути. Функции корневых тканей в радиальном транспорте. Дальний транспорт ионов в растении. Восходящий и нисходящий ток минеральных элементов и веществ в растении. Пространственная организация ионного транспорта в корне. Интеграция и регуляция транспорта в целом растении. Рационализация минерального питания как важнейший фактор повышения эффективности сельского хозяйства и биотехнологий.

## VII. РОСТ И РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ

Общие закономерности роста и развития растений. Кривая роста. Определение понятий «онтогенез», «рост» и «развитие». Периодизация онтогенеза. Показатели роста растений.

Молекулярные и клеточные основы роста и развития. Классические и современные теории роста растяжением растительной клетки. Роль ионов кальция и активных форм кислорода. Локализация роста у растений. Полярность. Тотипотентность. Зависимость роста от почвенно-экологических факторов. Явление покоя, его адаптивная функция.

Фитогормоны как химические факторы, регулирующие рост и развитие растений. Основные группы фитогормонов: ауксины, гиббереллины, цитокинины, абсцизовая кислота, этилен. Новые гормоноподобные соединения: активные формы кислорода, брассиностероиды, жасминовая и салициловая кислоты, системин и др. Воздушная передача сигналов и ее роль



в регуляции стрессоустойчивости. Локализация биосинтеза фитогормонов в растении и их транспорт. Особенности действия фитогормонов на рост растений.

Синтетические регуляторы роста, их природа и использование: гербициды, ретарданты, регуляторы созревания и покоя, дефолианты.

Движение растений, тропизмы и настии.

Развитие растений, основные этапы развития. Жизненный цикл растений. Термопериодизм. Фотопериодизм. Регуляция фотопериодических реакций фитохромом. Физиология цветения и старения растений. Механизмы клеточной смерти у растений. Некроз и программируемая клеточная смерть. Молекулярные и клеточные механизмы программируемой клеточной смерти, ее функции в жизни растений.

Возможности метода культуры клеток и тканей в биотехнологии растений и для сохранения редких и исчезающих видов растений. Понятие о генных и семенных банках растений. Задачи и основные методические приемы микроклонального размножения растений.

## VIII. ФИЗИОЛОГИЯ СТРЕССА

Общие понятия. Стресс, адаптация, устойчивость. Триада Селье в приложении для растений. Обратимые и необратимые повреждения тканей и органов растения. Критические периоды воздействия стрессовых факторов на растения. Стресс, как основной фактор, лимитирующий продуктивность сельскохозяйственных растений.

Молекулярные и клеточные механизмы восприятия стрессовых сигналов. Роль  $\text{Ca}^{2+}$  и редокс-сигналикации в развитие первичной стрессовой реакции. Современные подходы в исследовании физиологии стресса на клеточном и молекулярном уровне. Механизмы индукции стресс-зависимых факторов транскрипции и стресс-белков, их роль в регуляции стрессовых реакций растительного организма, активации систем адаптации и иммунитета.

Засоление почв, его причина и последствия для сельского хозяйства, биосферы и человечества. Молекулярные и клеточные механизмы повреждения растений при засолении. Группы растений по устойчивости к засолению. Механизмы солеустойчивости на уровне клетки.

Засуха, водный дефицит, осмотический шок и засухоустойчивость растений. Совместное действие на растение недостатка влаги и высокой температуры. Особенности устойчивости у мезофитов и ксерофитов.

Повреждение растений при патогенной атаке. Практически-важные патогены Беларуси. Понятие патогенного элиситора, их типы. Молекулярные механизмы распознавания химических и физических сигналов патогенов на поверхности клетки. Система усиления стрессового сигнала и развитие реакции гиперчувствительности. Роль  $\text{Ca}^{2+}$ -сигналикации и активных форм кислорода в формировании первичной реакции растительной клетки на патоген. Механизмы устойчивости к патогенным организмам.

Влияние на растение избытка влаги, факторы, обуславливающие устойчивость растений при затоплении. Влияние гипоксии на растения, адаптивные изменения в условиях гипоксии.

Действие пониженных и повышенных температур на растения. Механизмы адаптации растений к изменению температуры. Физиолого-биохимическая природа устойчивости растений к отрицательным температурам.

Особенности воздействия других типов стрессовых факторов на организм растения: механическое повреждение, подтопление, ядовитые газы, озон, ультрафиолет, нанополлютанты и др.

## ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### ЛИТЕРАТУРА

#### Основная:

1. *Юрин, В.М.* Физиология растений. Учебник / В.М. Юрин. Минск: БГУ, 2010.
2. *Медведев, С.С.* Физиология растений. Учебник / С.С. Медведев. СПб.: БХВ-Петербург, 2012.
3. *Алехина, Н.Д.* Физиология растений. Учебник для студентов вузов / Н.Д. Алехина, Ю.В. Балнокин, В.Ф. Гавриленко и др. М.: Издательский центр «Академия», 2005.
4. *Кузнецов, В.В.* Физиология растений. Учебник для вузов / В.В. Кузнецов, Г.А. Дмитриева. М.: Высшая школа, 2005.
5. *Третьяков, Н.Н.* Физиология и биохимия сельскохозяйственных растений. Учебник / Н.Н. Третьяков, Е.И. Кошкин, Н.М. Макрушин и др. М.: Колос, 1998.
6. *Якушкина, Н.И.* Физиология растений. Учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Биология» / Н.И. Якушкина, Е.Ю. Бахтенко. М.: Гуманитар. изд. центр ВЛАДОС, 2005.

#### Дополнительная:

1. *Албертс, Б.* Молекулярная биология клетки. Т.5. / Б. Албертс, Д. Брей, Дж. Льюис, М. Рэфф, К. Робертс, Дж. Уотсон. М.: Мир, 1987.
2. *Гавриленко, В.Ф.* Избранные главы физиологии растений. Учебное пособие / В.Ф. Гавриленко, М.В. Гусев, К.А. Никитина, П.М. Хофман. М.: МГУ. 1986.
3. *Гудвин, Т.* Введение в биохимию растений. Т. 1 и Т. 2. / Т. Гудвин, Э. Мерсер. М.: Мир, 1986.
4. *Кретович, В.Л.* Биохимия растений / В.Л. Кретович. М.: Высшая школа, 1986.
5. *Кнорре, Д.Г.* Биологическая химия / Д.Г. Кнорре, С.Д. Мызина. М.: Высшая школа, 1998.

6. Терминология роста и развития растений / Под ред. М.Х. Чайлахяна. М.: Наука, 1983.

7. Щербаков, В.Г. Биохимия / В.Г. Щербаков, В.Г. Лобанов, Т.Н. Прудникова и др. СПб.: ГИОРД, 2003.

## КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТОВ УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Баллы	Показатели оценки
1 (один)	Отсутствие знаний и компетенций в рамках образовательного стандарта или отказ от ответа
2 (два)	Фрагментарные знания в рамках образовательного стандарта; знание отдельных литературных источников, рекомендованных учебной программой дисциплины; неумение использовать научную терминологию дисциплины, наличие в ответе грубых ошибок; пассивность на лабораторных занятиях, низкий уровень культуры исполнения заданий
3 (три)	Недостаточно полный объем знаний в рамках образовательного стандарта; знание части основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины; использование научной терминологии, изложение ответа на вопросы с существенными ошибками; слабое владение инструментарием учебной дисциплины, некомпетентность в решении стандартных (типовых) задач; неумение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях изучаемой дисциплины; пассивность на лабораторных занятиях, низкий уровень культуры исполнения заданий
4 (четыре)	Достаточный объем знаний в рамках образовательного стандарта; усвоение основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины; использование научной терминологии, логическое изложение ответа на вопросы, умение делать выводы без существенных ошибок; владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении стандартных (типовых) задач; умение под руководством преподавателя решать стандартные (типовые) задачи; умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им оценку; работа под руководством преподавателя на лабораторных занятиях, допустимый уровень исполнения заданий
5 (пять)	Достаточные знания в объеме учебной программы; использование научной терминологии, грамотное логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать выводы; владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении учебных и профессиональных задач; способность самостоятельно принимать типовые решения в рамках учебной программы; усвоение основной литературы, рекомендованной

	учебной программой дисциплины; умение ориентироваться в базовых теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им сравнительную оценку; самостоятельная работа на лабораторных занятиях, фрагментарное участие в групповых обсуждениях, достаточный уровень культуры исполнения заданий
6 (шесть)	Достаточно полные и систематизированные знания в объеме учебной программы; использование необходимой научной терминологии, грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обобщения и обоснованные выводы; владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении учебных и профессиональных задач; способность самостоятельно применять типовые решения в рамках учебной программы; усвоение основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины; умение ориентироваться в базовых теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им сравнительную оценку; активная самостоятельная работа на лабораторных занятиях, периодическое участие в групповых обсуждениях, достаточный уровень культуры исполнения заданий
7 (семь)	Систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам учебной программы; использование научной терминологии (в том числе на иностранном языке), грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы и обобщения; владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач; свободное владение типовыми решениями в рамках учебной программы; усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины; умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им аналитическую оценку; самостоятельная работа на лабораторных занятиях, участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий
8 (восемь)	Систематизированные, глубокие и полные знания по всем поставленным вопросам в объеме учебной программы; использование научной терминологии (в том числе на иностранном языке), грамотное и логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы и обобщения; владение инструментарием учебной дисциплины (в том числе техникой информационных технологий), умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач; способность самостоятельно решать сложные проблемы в рамках учебной программы; усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;

	умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им аналитическую оценку; активная самостоятельная работа на лабораторных занятиях, систематическое участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий
9 (девять)	Систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам учебной программы; точное использование научной терминологии (в том числе на иностранном языке), грамотное и логически правильное изложение ответа на вопросы; владение инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач; способность самостоятельно и творчески решать сложные проблемы в нестандартной ситуации в рамках учебной программы; полное усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины; умение ориентироваться в теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им аналитическую оценку; систематическая, активная самостоятельная работа на лабораторных занятиях, творческое участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий
10 (десять)	Систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам учебной программы, а также по основным вопросам, выходящим за ее пределы; точное использование научной терминологии (в том числе на иностранном языке), грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы; безупречное владение инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач; способность самостоятельно и творчески решать сложные проблемы в нестандартной ситуации; полное и глубокое усвоение основной и дополнительной литературы по изучаемой учебной дисциплине; умение свободно ориентироваться в теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им аналитическую оценку, использовать научные достижения других дисциплин; творческая самостоятельная работа на лабораторных занятиях, активное творческое участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий

### ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДУЕМЫХ СРЕДСТВ ДИАГНОСТИКИ

Типовыми учебными планами специальностей 1-31 01 02 «Биохимия» и 1-31 01 03 «Микробиология» в качестве формы итогового контроля по дисциплине рекомендован экзамен. Оценка учебных достижений студента осуществляется на экзамене и производится по десятибалльной шкале. Для текущего контроля и самоконтроля знаний и умений студентов по данной дисциплине можно использовать следующий диагностический инструментарий:

дисциплине можно использовать следующий диагностический инструментарий:

- защита индивидуальных заданий при выполнении лабораторных работ;
- подготовка и защита реферата;
- устные опросы;
- письменные контрольные работы по отдельным темам курса;
- компьютерное тестирование.