

	<b>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования</b> <b>«Башкирский государственный аграрный университет»</b>	Приложение к ОПОП ВО
		Методические рекомендации

Кафедра почвоведения,  
агрохимии и точного земледелия

Б1.О.15 Физиология растений

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ** **К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

Направление подготовки  
35.03.01 Лесное дело

Профиль подготовки  
Лесозаготовка и деревопереработка

Квалификация (степень) выпускника  
**бакалавр**

Уфа 2022

УДК 378.144.88: 581.1  
ББК 74.58: 28.57  
Р15

Рекомендовано к изданию методической комиссией факультета агротехнологий и лесного хозяйства 24 марта 2022 г. (протокол № 6)

Составители: доцент Рахимова Г.М, Рецензент: доцент кафедры физиологии, биохимии и кормления животных Сатаева Л.В.

Ответственный за выпуск: зав. кафедрой почвоведения, агрохимии и точного земледелия, доктор с.-х. наук Д.Р.Исламгулов

г.Уфа, БГАУ, кафедра почвоведения, агрохимии и точного земледелия

Данное методическое указание разработано для более детального освоения разделов дисциплины. Оно включает общие методические рекомендации по изучению тем дисциплины, вопросы для самоконтроля и основные термины.

Общий алгоритм изучения тем:

1. Необходимо знакомиться с рекомендованной учебной литературой и электронными ресурсами по теме (ориентируясь на вопросы для самоконтроля)
- 2) Ответить на вопросы для самоконтроля
- 3) Выучить основные термины по темам.
- 4) Контроль изучения материала происходит в форме опроса и обсуждения материала на практических занятиях, в ходе контрольных и при тестировании.

## ***Раздел 1* ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Физиология растений»** - наука, изучающая процессы, происходящие в живом растительном организме. Значение физиологии растений и ее законов имеет большое значение для человека, так как дает возможность управлять этими процессами и направлять их в желаемую сторону с целью повышения урожайности сельскохозяйственных культур.

Исследование физиологических процессов, происходящих в растениях, возможно только при глубоком знании связи физиологии растений с физикой, неорганической, органической и физколлоидной химией, анатомией и морфологией растений, почвоведением, агрохимией, биологической химией, мелиорацией, селекцией, генетикой, земледелием, овощеводством, плодоводством, растениеводством, а также математикой и кибернетикой.

Умение ориентироваться в процессах, протекающих в растениях, является необходимым условием для каждого специалиста - агронома и биолога.

## ***Раздел 2* МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Раздел 1. Введение. Физиология и биохимия растительной клетки**

Предмет, задачи и место физиологии и биохимии растений в системе биологических знаний среди естественнонаучных и агрономических дисциплин. Методы физиологии растений. Изучение процессов жизнедеятельности на разных уровнях организации. Физиология растений – теоретическая основа агрономии и биотехнологии. Современные проблемы физиологии растений.

Строение и функционирование растительной клетки. Химический состав и физиологическая роль ее основных компонентов. Функции белков,

нуклеиновых кислот, липидов, углеводов. Состав, строение, свойства и функции биологических мембран. Поглощение и выделение веществ клеткой. Превращения веществ и энергии в клетке. Регуляция процессов жизнедеятельности на клеточном уровне. Реакции клетки на внешние воздействия и основанные на них методы диагностики состояния растительных тканей и растений.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Определение физиологии как науки. Предмет и задачи ФР. Место ФР в системе биологических наук. Взаимосвязь с агрономическими науками.
2. История развития ФР. Основные направления современной ФР. Организация и методы исследований.
3. Основные составляющие растительной клетки. Мембранные и немембранные компоненты. Теория симбиотического происхождения растительной клетки. Отличия растительной клетки от животной.
4. Образование, строение и состав клеточной стенки. Первичная и вторичная клеточная стенка. Функции клеточной стенки.
5. Апопласт и симпласт. Строение и функции плазмодесм.
6. Строение и функции цитоскелета.
7. Строение, состав и функции рибосом.
8. Принцип «компартиментизации» клетки.
9. Строение и функции ЭПР. Строение и функции аппарата Гольджи. Виды и вакуолей и их функции.
10. Строение и функции ядра.
11. Клетка – структурная и функциональная основа всего живого. Основные принципы жизнедеятельности клетки.
12. Строения аминокислот и их группы.
13. Структура и функции белков.
14. Классификация ферментов. Коферменты. Регуляция деятельности ферментов (конкурентная и аллостерическая).
15. Виды, структура, свойства липидов.
16. Состав, свойства и функции мембран.
17. Особенности транспорта веществ через мембраны.
18. Электрохимический градиент. Механизмы пассивного транспорта через мембраны – диффузия, осмос, электрофорез.
19. Транспорт молекул и ионов с помощью белков-переносчиков, ионных каналов, биологических насосов. Перенос макромолекул через мембраны. Эндоцитоз и экзоцитоз.
20. Из каких процессов состоит водный обмен растения.
21. Функции воды в клетке. Физические свойства воды (дипольная структура, взаимодействие с молекулами). Гидратация.
22. Формы связанной воды (осмотически связанная, коллоидно-связанная, иммобилизованная). Формы свободной воды (решетчатая структура, плотноупакованная). Физиологическое значение свободной и связанной воды.

23. Осмотический механизм поступления воды в клетку. Осмотическое давление, единицы измерения. Формула определения осмотического давления.
24. Экзосмос, эндосмос. Плазмолиз, деплазмолиз.
25. Тургор, тургорное давление, тургорное натяжение.
26. Коллоидно-химический механизм – набухание

## **Раздел 2. Водный обмен**

Общая характеристика водного обмена растений. Свойства воды и ее значение в жизни растений. Термодинамические основы поглощения, транспорта и выделения воды. Двигатели водного тока в растении. Корневое давление, его природа, зависимость от внутренних и внешних условий. Биологическое значение транспирации. Лист как орган транспирации. Строение и функционирование устьиц. Зависимость транспирации от внешних условий, ее суточный ход. Устьичное и внеустьичное регулирование транспирации. Транспирационный коэффициент и его зависимость от внутренних и внешних условий. Водный баланс растения и посева. Коэффициент водопотребления сельскохозяйственных культур. Физиологические основы орошения.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Водный обмен растения. Функции воды в растительном организме.
2. Водный баланс. Изменение в течение суток. Содержание воды в клетках
3. Водный дефицит (%).
4. Химический потенциал воды. Водный потенциал растения (физический и биологический смысл).
5. Формула водного потенциала, основные его составляющие. Значение составляющих для водного обмена растений на разных фазах развития.
6. Осмотический потенциал, формула.
7. Матричный потенциал.
8. Гидростатический потенциал.
9. Водный потенциал разных частей растения.
10. Корневая система растений. Особенности, обеспечивающие снабжение растений водой.
11. Поглощение воды растениями.
12. Корень – специализированный орган для поглощения воды. Особенности строения корня, обеспечивающие водный обмен. Передвижение воды в корне.
13. Выделение воды растениями. Транспирация и гуттация. Типы транспирации
14. Лист – специализированный орган транспирации. Особенности строения листа, способствующие транспирации.
15. Приспособления для снижения транспирации.
16. Показатели транспирации: интенсивность транспирации, транспирационный коэффициент, продуктивность транспирации.

17. Транспорт воды по растению: ближний, дальний. Роль элементов ксилемы в проведении воды.
18. Корневое давление. нижний концевой двигатель водного тока. Плач растений.
19. Верхний двигатель водного тока. Транспирационный ток. Соотношение сил, развиваемых двигателями.
20. Влияние внешних факторов на поступление воды в растение. Физиологическая засуха. Агрономические способы улучшения поступления воды в корневую систему.
21. Влияние внутренних факторов на поступление воды: фотосинтез, рост растений, гормонов.
22. Влияние внешних факторов на транспирацию.
23. Влияние внутренних факторов на транспирацию.
24. Управление транспирацией. Вещества – антитранспираты.
25. Программирование урожайности. Возможная урожайность абсолютно сухой биомассы,
26. Коэффициент водопотребления, (мм · га)/т или м<sup>3</sup>/т.
27. Продуктивная влага. Коэффициент водопотребления
28. Физиологические основы орошения. Влияние избытка и недостатка влаги. Признаки необходимости орошения.
29. Формы орошения. Оптимальная организация орошения.

### **Раздел 3. Фотосинтез**

Значение и структурная организация фотосинтеза. Фотосинтетические пигменты. Световая фаза фотосинтеза. Значение работ К.А. Тимирязева. Химизм и энергетика фотосинтеза. Анатомо-физиологические особенности и фиксация диоксида углерода у С<sub>3</sub> -, С<sub>4</sub>- и САМ – растений. Фотодыхание. Зависимость фотосинтеза от внешних и внутренних условий. Взаимодействие факторов при фотосинтезе. Светолюбивые и теневыносливые растения. Методы изучения фотосинтеза. Основные показатели фотосинтетической деятельности растений и посевов. Пути повышения продуктивности посевов. Физиологические основы выращивания растений при искусственном освещении. 4. Дыхание Роль дыхания в жизни растений. Оксидоредуктазы, их химическая природа и функции. Химизм дыхания. Окислительное фосфорилирование. Энергетика дыхания. Зависимость интенсивности дыхания от внутренних и внешних факторов. Дыхательный коэффициент и его зависимость от внутренних и внешних условий. Роль дыхания в жизни растений. Дыхание роста и дыхание поддержания, их зависимость от условий. Фотосинтез и дыхание как элементы продукционного процесса. Регулирование дыхания при хранении сельскохозяйственной продукции.

#### **Вопросы для самоконтроля**

1. Определение фотосинтеза с точки зрения энергетики.

2. Формула фотосинтеза. Упрощенная схема процессов, происходящих в световой и темновой стадии фотосинтеза.
3. Опыты, с помощью которых был обнаружен фотосинтез.
4. Роль Тимирязева в исследованиях фотосинтеза.
5. Значение фотосинтеза для биосферы жизни человека.
6. Особенности строения листа, обеспечивающие процесс фотосинтеза.
7. Особенности архитектуры растений, обеспечивающие оптимальный фотосинтез.
8. Индекс листовой поверхности. Определение, значения для растений разных широт.
9. Расход солнечной энергии на фотосинтез, тепло и испарение, отражение.
10. Фотосинтетически активная радиация - ФАР.
11. Органелла фотосинтеза – хлоропласт. Строение, распределение пигментов и ферментов для световой и темновой стадии фотосинтеза.
12. Пигменты фотосинтеза. Набор, особенности химического строения, обеспечивающие фиксацию энергии. Спектры поглощения пигментов.
13. Минеральные элементы, необходимые для синтеза пигментов.
14. Фотосинтезирующие системы ФСІ и ФСІІ. Состав, принципы работы.
15. Световая стадия фотосинтеза. Значение, молекулярная основа, локализация в хлоропластах.
16. Циклическое фосфорилирование в фотосистеме ФСІ.
17. Нециклическое фосфорилирование у высших растений (Z-схема).
18. Суммарная реакция нециклического фотосинтетического фосфорилирования у высших растений.
19. Темновая фаза фотосинтеза. Энергетический и биохимический смысл.
20. Ассимиляционная сила
21. С3-путь фотосинтеза (цикл Кальвина). Этапы. Первичный акцептор  $\text{CO}_2$ . Основной фермент фотосинтеза.
22. С4-путь фотосинтеза.
23. Виды культурных и сорных растений с разными путями фотосинтеза.
24. Физиологические особенности С4- растений.
25. Строение листа С4-растений. Специализация клеток на выполнении поглощения  $\text{CO}_2$  и синтеза углеводов – «Кооперативный фотосинтез».
26. Фиксация  $\text{CO}_2$  и образование С4-соединений. Накопление  $\text{CO}_2$  в органических кислотах.
27. Фотодыхание и метаболизм гликолевой кислоты (гликолата). Органеллы, участвующие в процессе. Основные продукты, образующиеся в процессе фотодыхания.
28. Интенсивность фотодыхания у С3 и С4-растений и потери сухого вещества.
29. Физиологическое значение фотодыхания и перспективы его снижения.
30. Показатели фотосинтеза. Интенсивность фотосинтеза (ИФ), фотосинтетический коэффициент (ФК), ассимиляционное число, чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ).

31. Влияние освещенности на фотосинтез. Световая кривая фотосинтеза для светолюбивых и теневыносливых, С4- и С4-растений.
32. Влияние спектра света на фотосинтез.
33. Влияние  $\text{CO}_2$  на фотосинтез. Углекислотные кривые фотосинтеза для разных растений. Выращивание растений при высоких концентрациях  $\text{CO}_2$  в почве и атмосфере.
34. Влияние  $\text{O}_2$  на фотосинтез.
35. Влияние температуры на фотосинтез у разных групп растений. Правило Вант-Гоффа.
36. Влияние на фотосинтез оводненности.
37. Влияние минерального питания
38. Закон ограничивающих факторов.
39. Эндогенные механизмы, влияющие на фотосинтез.
40. Влияние проводимости листа на фотосинтез.
41. Влияние фотохимического и биохимического лимитирования.
42. Роль гормонов в фотосинтезе.
- Влияние донорно-акцепторных отношений на фотосинтез.
43. Влияние возраста.
44. Влияние листовых болезней на ИФ.
45. Показатели фотосинтеза фитоценозов: индекс листовой поверхности (ИЛП), фотосинтетический потенциал (ФП), чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ), КПД фотосинтеза.
46. Биологический урожай (Убиол).
47. Теория фотосинтетической продуктивности растений.
48. ИЛП – индекс листовой поверхности у разных культур. Связь с урожайностью.
49. Фотосинтетический потенциал и связь с урожайностью.
50. КПД ФАР разных культур.
51. Хозяйственный урожай Ухоз, Кхоз разных культур. Примеры культур и сортов с высоким Кхоз.
52. Пути оптимизации фотосинтеза в посевах

#### **Раздел 4. Дыхание. Обмен и транспорт веществ**

Роль дыхания в жизни растений. Оксидоредуктазы, их химическая природа и функции. Химизм дыхания. Окислительное фосфорилирование. Энергетика дыхания. Зависимость интенсивности дыхания от внутренних и внешних факторов. Дыхательный коэффициент и его зависимость от внутренних и внешних условий. Дыхание роста и дыхание поддержания, их зависимость от условий. Фотосинтез и дыхание как элементы продукционного процесса. Регулирование дыхания при хранении сельскохозяйственной продукции. Роль дыхания в биосинтезах. Ближний и дальний транспорт веществ в растении. Состав флоэмного и ксилемного сока. Способы регулирования транспорта веществ с целью повышения урожайности сельскохозяйственных культур и качества продукции.

#### **Вопросы для самоконтроля**



1. Общая формула углеводов. Виды углеводов в зависимости от количества атомов С в скелете. Стереизомеры углеводов. Роль С3, С5, С6 углеводов в обмере веществ растения. Циклические формы углеводов. Основные полимерные углеводы растений.
2. Зарубежные и отечественные ученые, изучавшие процессы дыхания. Представления Лавуазье о дыхании. Определение процесса дыхания. Субстраты для дыхания в растениях.
3. Типы окислительно-восстановительных реакций. Аэробные и анаэробные дегидрогеназы. Коферменты дегидрогеназ.
4. Суммарная реакция окисления глюкозы, количество выделившейся энергии и эффективность ее использования для образования макроэргических связей.
5. Гликолиз. Место протекания в клетках. Реакция гликолиза и энергетика процесса. Превращения ПВК, роль Ацетил-КоА в метаболизме.
6. Брожение. Виды брожения. Проявление молочно-кислого брожения в органах растений.
7. Цикл Кребса (ЦТК). Суммарная реакция цикла Кребса, выход энергии, формы коферментов, участвующие в процессе образования химической энергии. Роль гликолиза и цикла Кребса в обмене веществ клетки.
8. Структура митохондрий. Состав электротранспортной цепи (ЭТЦ) – белки переносчики, цитохромы, убихинон. Место локализации ЭТЦ в митохондриях. Окислительное фосфорилирование в ЭТЦ. Альтернативная цепь ЭТЦ, ее значение для растения.
9. Окислительный пентозофосфатный цикл (ОПЦ), его роль в клетке.
9. Взаимосвязь процессов дыхания в клетке. Включение их в различных экологических условиях. Энергетика форм дыхания. Роль дыхания в биосинтетических процессах.
10. Показатели дыхания растений – интенсивность дыхания (ИД), дыхательный коэффициент (ДК). ДК при окислении углеводов, жиров, органических кислот.
11. Дыхание на рост и поддержание, изменения соотношения в онтогенезе. Преобладающие процессы дыхания у разных органов в онтогенезе.
12. Влияние недостаточной влажности среды на дыхание растений. Усиление дыхания семян при повышенной влажности. Влияние избыточного увлажнения на дыхания. Приспособления растений против гипоксии.
13. Влияние температуры на дыхание.
14. Взаимосвязь дыхания с азотным питанием. Особенности дыхания бобовых растений, имеющих симбиотические бактерии. Влияние избытка азота на дыхание. Физиологические особенности дыхания и усвоения азоте у сортов интенсивного типа.
15. Особенности дыхания больного растения. Влияние химических и механических раздражителей на дыхание.

## **Раздел 5. Минеральное питание**

Химический элементный состав растений. Макро – и микроэлементы, их усвояемые формы и роль в жизни растений. Критерии необходимости элементов. Вегетационный и полевой методы исследования, их роль в изучении основных закономерностей жизнедеятельности растений и решении практических задач. Поглощение, распределение по органам, накопление и вторичное использование (реутилизация) элементов минерального питания растений. Потребность растений в элементах питания в течение вегетации. Физиологические основы диагностики обеспеченности растений элементами минерального питания. Антагонизм ионов, природа и значение в жизни растений. Физиологически уравновешенные растворы и их практическое применение. Превращение азотистых веществ в растениях. Значение работ Д.Н. Прянишникова в изучении азотного обмена растений. Метаболические пути синтеза важнейших химических веществ. Физиологические основы выращивания растений без почвы, использование в практике защищенного грунта.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. История развития направления. Работы Ван Гельмонта, Соссюра, Сабина, Прянишникова
2. Методы изучения минерального питания – полевые эксперименты, вегетационные, лабораторные опыты. Использование культур клеток и тканей.
3. Физиологически кислая, основная, нейтральная соль. Уравновешенный раствор
4. Определение питательных веществ.
5. Вещества-органогены. Зольные элементы. Содержание зольных элементов в разных органах.
6. Макро до 10-2% (N, P, K, Ca, Mg, S, иногда (Na, Si) и микроэлементы менее 10–5% сухой массы (Fe, Mn, Cu, Zn, B, Mo).
7. Роль N в метаболизме. Признаки избытка и недостатка N.
8. Роль P в метаболизме. Признаки недостатка P.
9. Роль S в метаболизме. Признаки недостатка S.
10. Роль K в метаболизме. Признаки недостатка K.
11. Роль Ca в метаболизме. Признаки недостатка Ca.
12. Роль Mg в метаболизме. Признаки недостатка Mg.
13. Роль Fe в метаболизме. Признаки недостатка Fe.
14. Роль Cu в метаболизме. Признаки недостатка Cu.
15. Роль Mn в метаболизме. Признаки недостатка Mn.
16. Роль Zn в метаболизме. Признаки недостатка Zn.
17. Роль Mo в метаболизме. Признаки недостатка Mo.
18. Роль B в метаболизме. Признаки недостатка B.
19. Поглощение веществ – формы поглощения. Поглощение катионов и анионов с разной скоростью, физиологически кислые, основные, нейтральные соли.

20. Процесс поступления ионов – I (диффузия, ионообменная адсорбция), II этап. – активный транспорт в симпласт. Важность процессов дыхания для поглощения ионов.
21. Метаболическая активность зон корня. Хемотропизм корней.
22. Транспорт ионов по растению – в корне, дальний транспорт по ксилеме, поглощение ионов листом. Регуляция растением содержания элементов в органах.
23. Реутилизация веществ в растениях. По способности к реутилизации элементы располагаются в порядке  $K - N - P - Mg - S - Fe$ , не утилизируются  $Ca, B$ .
24. Ритмы поглощения веществ в течение суток, в онтогенезе. Поглощение веществ у однолетников и многолетников.
25. Влияние на поступление веществ влажности.
26. Влияние концентрации ионов.
- Взаимодействие элементов с растением – аддитивность, синергизм, антагонизм. Уравновешенные растворы.
27. Влияние pH среды.
28. Доступность соединений при разных pH среды. Токсичность  $Al$  и  $Mn$  при кислой среде, фосфорное голодание. Плохая доступность солей при высоких pH.
29. Влияние  $T$  и света.
30. Формы  $N$ , которые усваивают растения.
31. Взаимодействие ризобий с растениями, формирование бактериоида. Средняя продуктивность азотфиксации ризобиями.
32. Строение бактериоида ризобий и обмен веществ в нем. Формы поступления  $N$  в растения. Энергозатраты на фиксацию атмосферного  $N_2$ .
33. Нитратное питание растений. Стадии превращения нитратов, пространственное распределение процессов в клетке. Особенности строения ферментов.
34. Видовые особенности утилизации нитратов разными органами растений.
35. Способы ассимиляции аммония и аммиака растениями.
36. Разделение с-х. культур на группы по способности к ассимиляции  $NH_3$  и  $NH_4^-$ . Причины разной способности культур к ассимиляции  $NH_3$ .
37. Метаболизм  $N$  в растениях. Цикл Прянишникова.
38. Влияние условий среды (pH, температуры, освещенности) на усвоение разных форм  $N$ .
39. Причины токсичности высокого содержания нитратов. Допустимая доза потребления нитратов для человека и ПДК для картофеля и огурцов.
40. Причины накопления нитратов в растительной продукции: генетическая предрасположенность, распределение в органах, стадия онтогенеза, условия питания.
41. Агрономические приемы снижения количества нитратов в растениях.
42. Особенности циркуляции минеральных веществ в биоценозах и агроценозах.
43. Особенности взаимодействия между растениями в агроценозах.

44. Ризосфера. Роль ризосферных м/о в питании растений.
45. Микориза, виды. Роль микоризы в питании растений. примеры стимулирующего действия микоризы на рост растений. Способы обогащения почвы микоризой. причины исчезновения микоризы в аг-роценозах.
46. Система удобрений (определение). Балансовый подход и факторы, которые необходимо учитывать при расчете доз удобрений.
47. Особенности поглощения МВ разными культурами, раннеспелыми и позднеспелыми сортами.
48. Оптимальные способы снесения удобрений. Корневые и внекорневые подкормки.
49. Что такое гидропоника? Преимущества гидропоники.
50. Что такое бессубстратная (водная), субстратная, аэропонная, двуслойная культуры?
51. Какие субстраты используются при гидропонных способах выращивания растений?
52. Каким требованиям должны отвечать растворы для выращивания растений на гидропонике?

## **Раздел 6. Рост и развитие**

Определение понятий «рост» и «развитие». Фазы роста клеток, их физиолого-биохимические особенности. Рост и методы его изучения. Фитогормоны, их роль в жизни растений. Применение синтетических регуляторов роста в растениеводстве и биотехнологии. Основные закономерности роста (целостность растительного организма, рост на протяжении всей жизни, периодичность, ритмичность, корреляции, полярность, регенерация), их использование в растениеводстве. Влияние внутренних и внешних факторов на рост растений. Регулирование роста светом. Экологическая роль фитохрома. Тропизмы и другие виды ростовых движений, их значение в жизни растений. Развитие растений. Онтогенез и основные этапы развития растений. Возрастные изменения морфологических и физиологических признаков.. Фотопериодизм и яровизация как механизмы синхронизации жизненного цикла с внешними условиями.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Понятие онтогенеза. Реализация генетической программы развития
2. Классификация по длительности жизни, по количеству плодоношений.
3. 4 классификации по периодам онтогенеза.
4. Понятие роста и развития, их показатели.
5. Меристемы – основы роста.
6. Этапы развития клеток.
7. Фитогормоны и фиторегуляторы. Эндогенные, экзогенные. Основные группы
8. Общая характеристика действия. Быстрый и медленный эффект. Концентрации. Источники, места синтеза, транспорт гормонов. Единая

гормональная система. Взаимодействие гормонов. Регуляция активности гормонов.

9. Ауксины.

10. Цитокинины.

11. Гиббереллины.

12. Брассиностероиды

13. АБК.

14. Этилен

15. Факторы, влияющие на действие гормонов.

16. Применение фиторегуляторов в растениеводстве: гербициды, ретарданты, регуляторы плодоношения и созревания, регуляторы покоя, вегетативное размножение, дефолианты, десиканты, активаторы транспорта в-в.

17. Культуры тканей и клеток. Использование в физиологии и производстве. Рост побега, листа, корней.

18. Периодичность роста. Циркадные, годовые ритмы. Биологические часы Фитохромы, криптохромы.

19. Закон большого периода роста. Индукционная, интенсивного роста, замедленного роста, стационарная. фаза.

20. Ростовые корреляции. Причины – градиенты концентраций гормонов и потоки пит. веществ.

21. Регенерация. Физиологическая, травматическая.

22. Полярность. Влияние гормонов и корреляций.

23. Тропизмы фототропизм, геотропизм, гидротропизм, хемотропизм, аэротропизм ( $O_2$ ), тигмотропизм (на прикосновение), термотропизм, электротропизм, травмотропизм.

24. Нاستии. фото-, термо-, хемо-, гидро-, тигмо-. сейсмо-, электро- и травма-, никтинастии (смена дня и ночи).

25. Влияние температуры. Холодостойкие, теплолюбивые растения. Термопериодизм (суточный годичный), влияние на урожайность растений.

26. Влияние влажности, минерального питания на рост. Закон минимума.

27. Карликовость и гигантизм. Генетические и физиологические карлики

28. Развитие растений. Основные события, происходящие в эмбриональной и ювенильной стадии развития (на примере злаков).

29. Этап зрелости. Регуляторные системы, контролирующие переход от вегетативного к генеративному этапу и зацветанию.

30. Возрастная регуляторная система.

31. Яровизация. Озимые, двуручки, яровые. Режим яровизации. Разъяровизация.

32. Фотопериодизм. Группы растений с разной ФПР. Участие фитохромов в ФПР.

33. Гипотеза Чайлахяна.

34. Регуляция пола у растений

35. Этапы размножения и старения. Уровни проявления старения и типы старения. Теория циклического старения и омоложения растений Н.П. Кренке.

36. Управление развитием организма с помощью фиторегуляторов, корреляции на уровне растения, омоложения, ФПР, минерального питания, устранения снижения уровня стрессовых факторов.

## **Раздел 7. Приспособление и устойчивость**

Понятие физиологического стресса, устойчивости, адаптации. Приспособление онтогенеза растений к условиям среды как результат их эволюционного развития. Глубокий и вынужденный покой растений. Физиологические особенности растений, находящихся в состоянии покоя. Физиологические основы устойчивости. Закаливание растений. Холодостойкость. Зимние повреждения и диагностика устойчивости растений. Морозоустойчивость растений. Зимостойкость как устойчивость ко всему комплексу неблагоприятных факторов в осенне-зимний период. Засухоустойчивость, солеустойчивость и жароустойчивость растений. Действие на растение загрязнения среды. Полегание посевов, меры предотвращения. Устойчивость растений к действию биотических факторов. Аллелопатические взаимодействия в ценозе.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Понятие онтогенеза. Реализация генетической программы развития
2. Классификация по длительности жизни, по количеству плодоношений.
3. 4 классификации по периодам онтогенеза.
4. Понятие роста и развития, их показатели.
5. Меристемы – основы роста.
6. Этапы развития клеток.
7. Фитогормоны и фиторегуляторы. Эндогенные, экзогенные. Основные группы
8. Общая характеристика действия. Быстрый и медленный эффект. Концентрации. Источники, места синтеза, транспорт гормонов. Единая гормональная система. Взаимодействие гормонов. Регуляция активности гормонов.
9. Ауксины.
10. Цитокинины.
11. Гиббереллины.
12. Брассиностероиды
13. АБК.
14. Этилен
15. Факторы, влияющие на действие гормонов.
16. Применение фиторегуляторов в растениеводстве: гербициды, ретарданты, регуляторы плодоношения и созревания, регуляторы покоя, вегетативное размножение, дефолианты, десиканты, активаторы транспорта в-в.
17. Культуры тканей и клеток. Использование в физиологии и производстве. Рост побега, листа, корней.
18. Периодичность роста. Циркадные, годовые ритмы. Биологические часы Фитохромы, криптохромы.

19. Закон большого периода роста. Индукционная, интенсивного роста, замедленного роста, стационарная. фаза.
20. Ростовые корреляции. Причины – градиенты концентраций гормонов и потоки пит. веществ.
21. Регенерация. Физиологическая, травматическая.
22. Полярность. Влияние гормонов и корреляций.
23. Тропизмы фототропизм, геотропизм, гидротропизм, хемотропизм, азототропизм ( $O_2$ ), тигмотропизм (на прикосновение), термотропизм, электротропизм, травмотропизм.
24. Настии. фото-, термо-, хемо-, гидро-, тигмо-, сейсмо-, электро- и травманастии. никтинастии (смена дня и ночи).
25. Влияние температуры. Холодостойкие, теплолюбивые растения. Термопериодизм (суточный годичный), влияние на урожайность растений.
26. Влияние влажности, минерального питания на рост. Закон минимума.
27. Карликовость и гигантизм. Генетические и физиологические карлики
28. Развитие растений. Основные события, происходящие в эмбриональной и ювенильной стадии развития (на примере злаков).
29. Этап зрелости. Регуляторные системы, контролирующие переход от вегетативного к генеративному этапу и зацветанию.
30. Возрастная регуляторная система.
31. Яровизация. Озимые, яровые. Режим яровизации. Разъяровизация.
32. Фотопериодизм. Группы растений с разной ФПР. Участие фитохромов в ФПР.
33. Гипотеза Чайлахяна.
34. Регуляция пола у растений
35. Этапы размножения и старения. Уровни проявления старения и типы старения. Теория циклического старения и омоложения растений Н.П. Кренке.
36. Управление развитием организма с помощью фиторегуляторов, корреляции на уровне растения, омоложения, ФПР, минерального питания, устранения снижения уровня стрессовых факторов.

## **Раздел 8. Физиология и биохимия формирования качества урожая**

Основные физиолого-биохимические процессы, происходящие при формировании урожая зерновых, зернобобовых, масличных, картофеля, корнеплодов, кормовых трав. Влияние природно-климатических факторов, погодных условий и агротехники на качество урожая. Формирование семян. Физиологические основы получения и хранения высококачественного семенного материала.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Особенности биохимического состава зерна злаковых культур. Группы запасных белков. Распределение в них незаменимых аминокислот. Повышение содержания незаменимых аминокислот селекционным путем на примере кукурузы.

2. Белки, влияющие на хлебопекарные качества злаков. Клейковина. Сильные, средние и слабые пшеницы.
3. Факторы, влияющие на качество семян и агротехнические приемы, способствующие повышению высококачественного зерна.
4. Зернобобовые культуры. Биохимические особенности запасных белков. Способы повышения качества семян.
5. Масличные культуры. Биохимический состав зерна. Йодное и кислотное число. Использование в хозяйстве. Условия получения качественного зерна.
6. Качество корнеплодов (культур). Характерные запасные питательные вещества, их содержание. Динамика накопления веществ. Способы повышения накопления углеводов.

## **Процедура оценивания**

После изучения каждого раздела проводится рубежный контроль в форме контрольных работ для определения качества образовательных услуг, а также для оценки степени усвоения материала.

### **Шкала и критерии оценивания**

*Оценку «отлично»* выставляют обучающемуся, глубоко и прочно освоившему теоретический и практический материал дисциплины. Ответ должен быть логичным, грамотным. Обучающемуся необходимо показать знание не только основного, но и дополнительного материала. Обучающийся должен свободно справляться с поставленными задачами, правильно обосновывать принятые решения.

*Оценку «хорошо»* заслуживает обучающийся, твердо знающий программный материал дисциплины, грамотно и по существу излагающий его. Необходимо правильно применять теоретические положения при решении практических задач, владеть определенными навыками и приемами их выполнения.

*Оценку «удовлетворительно»* получает обучающийся, который имеет знания только основного материала, но не усвоил его детали, испытывает затруднения при решении практических задач. В ответах на поставленные вопросы обучающимся допущены неточности, даны недостаточно правильные формулировки, нарушена последовательность в изложении программного материала.

*Оценка «неудовлетворительно»* говорит о том, что обучающийся не знает значительной части материала по дисциплине, допускает существенные ошибки в ответах, не может решить практические задачи или решает их с затруднениями.

## **Термины**

### ***Физиология растительной клетки***

*Активный транспорт* – транспорт веществ через мембрану с затратой энергии, идущий против градиента электрохимического потенциала.



*Водный потенциал* – химический потенциал воды.

*Водный потенциал клетки (сосущая сила)* – это разность между свободной энергией воды внутри и вне клетки при той же температуре и атмосферном давлении. Эта мера, с которой вода устремляется в клетку.

*Гомеостаз* – это свойство клетки, органеллы, а также органа, организма, экологической системы сохранять постоянство своей внутренней среды.

*Деплазмолиз* – явление, обратное плазмолизу, при этом цитоплазма занимает прежнее положение.

*Диффузия* – это процесс, ведущий к равномерному распределению молекул растворенного вещества и растворителя.

*ИЭТ (изоэлектрическая точка)* – значение рН среды, при котором количество положительных и отрицательных зарядов уравнивается и амфолит становится электронейтральным.

*Компартиментация* – расчленение полости клетки или протопласта органеллами или мембранами на отдельные изолированные ячейки. Благодаря этому в клетке многие метаболиты имеют несколько фондов.

*Мембрана* – высокоизбирательный барьер в отношении различных ионов и молекул, которые движутся самопроизвольно в направлении энергетического и осмотического градиента.

*Осмоз* – односторонняя диффузия молекул воды или другого растворителя через полупроницаемую мембрану.

*Осмотическое давление* – это сила, которую необходимо приложить, чтобы помешать проникновению воды в раствор, отделенного от него полупроницаемой мембраной.

*Пассивный транспорт* – транспорт веществ через мембрану без затраты энергии, по градиенту электрохимического потенциала.

*Пиноцитоз* – поглощение клеткой капель жидкости или твердых частиц путем образования впячиваний цитоплазмы внутрь клетки. При этом в цитоплазме происходит образование небольших вакуолей (пиноцитозных пузырьков), связанное с переносом в метаболическую зону клетки захватываемых извне веществ.

*Плазмолиз* – процесс отделения протопласта от клеточной стенки под действием раствора большей концентрации, чем концентрация клеточного сока.

*Плазмалемма* – наружная цитоплазматическая мембрана.

*Проницаемость* – совокупность физико-химических свойств, которыми определяется соотношение между процессами поступления в клетку веществ из внешней среды, их распределение между отдельными компонентами клетки, накопление этих веществ в клетке и выделение их клеткой во внешнюю среду.

*Тонoplast* – внутренняя цитоплазматическая (вакуолярная) мембрана, отделяющая вакуоль от цитозоля.

*Тургор* – состояние напряжения клеточной оболочки.

*Тургорное давление* – давление протопласта на клеточную оболочку.

*Химический потенциал вещества* – энергетический уровень молекулы данного вещества, который выражается в скорости их диффузии.

### ***Водный обмен растений***

*Апопласт* – совокупность свободных пространств клеток, межклетников и мертвых сосудов ксилемы.

*Водный баланс растений* – соотношение между поступлением и расходом воды.

*Водный дефицит* – это разница между содержанием воды в период максимального насыщения ею тканей и содержанием воды в растении в данное время; он выражается в процентах от максимального содержания воды в растении.

*Гигроскопическая вода* – вода, которая при помещении ее в атмосферу с 95%-й относительной влажностью почвы полностью недоступна для растений.

*Гигрофиты* – наземные растения, обитающие в районах с большим количеством осадков и высокой влажностью воздуха.

*Гидатоды* – водяные устьица, через которые осуществляется гуттация.

*Гидратация* – электрохимическое притяжение молекул воды к ионизированным ( $\text{NH}_3^+$ ,  $-\text{COO}^-$  группам) и гетерополярным группам ( $-\text{COOH}$ ,  $-\text{OH}$ ,  $-\text{CO}$ ,  $-\text{NH}$ ,  $-\text{NH}_2$ ,  $-\text{CONH}_2$ ,  $-\text{SH}$ ) полипептидных цепей.

*Гидрофиты* – водяные растения с листьями, частично или полностью погруженными в воду или плавающими.

*Гравитационная вода* – вода, заполняющая крупные поры и капилляры почвы большого диаметра и подчиняется в своем движении действию силы тяжести.

*Гуттация* – выделение воды в виде жидкости на поверхности листьев, когда воздух насыщен водяными парами.

*Засуха* – неблагоприятное сочетание метеорологических условий, при которых растения испытывают водный дефицит.

*Интенсивность транспирации* – количество воды в граммах, испаренной с  $1 \text{ м}^2$  поверхности листьев за 1 час.

*Капиллярная вода* – вода, сосредоточенная в капиллярах почвы, и ее доступность тем выше, чем больше диаметр капилляра.

*Коллоидно-связанная вода* – вода, связываемая молекулами биополимеров.

*Корневое давление* – сила, вызывающая в растении односторонний ток воды с растворенными веществами, не зависящая от процесса транспирации.

*Ксероморфизм* – анатомические и физиологические особенности строения и функционирования листьев верхних ярусов растений, которые развиваются в условиях несколько затрудненного водоснабжения.

*Ксерофиты* – растения засушливых мест: полупустынь, саванн, степей, где воды в почве мало, а воздух сухой и горячий.

*Мезофиты* – растения, произрастающие в условиях умеренной влажности.

*Осмотически связанная вода* – вода, связанная с ионами или низкомолекулярными соединениями.

*Относительная транспирация* – это отношение интенсивности транспирации к интенсивности свободного испарения с такой же площади, как и площадь листьев.

*Пасока* – вода с растворимыми веществами.

*Плач растения* – это вытекание жидкости в результате пореза, и связан с наличием одностороннего тока воды через корневые системы, не зависящими от транспирации.

*Пленочная вода* – вода, окружающая коллоидные частицы почвы.

*Продуктивность транспирации* – это количество граммов сухого вещества, накопленного в растении при испарении 1000 г воды.

*«Свободная вода»* - вода, сохранившая все или почти все свойства чистой воды. Она легко передвигается, вступает в различные биохимические реакции, испаряется в процессе транспирации и замерзает при низших температурах.

*«Связанная вода»* - вода, имеющая измененные физические свойства, главным образом, вследствие взаимодействия с неводными компонентами.

*Симпласт* – совокупность протопластов всех клеток, соединенных плазмодесмами.

*Транспирационный коэффициент* – это количество граммов воды, израсходованной растением при накоплении 1 г сухого вещества.

*Транспирация* – физиологический процесс испарения воды надземными органами растений.

*Устьице* – это отверстие (щель), ограниченная двумя замыкающими клетками.

*Экономность транспирации* – количество испаренной воды (мг) на единицу (1 кг) воды, содержащейся в растении.

### **Фотосинтез**

*Автотрофный способ питания* – характерен для организмов, обладающих способностью синтезировать органические соединения из неорганических.

*Гетеротрофный способ питания* – характерен для организмов, обладающих способностью строить органическое вещество своего тела из уже имеющихся готовых органических соединений, только перестраивая их.

*Компенсационная точка* – освещенность, при которой интенсивность фотосинтеза равна интенсивности дыхания.

*КПД фотосинтеза* – количество запасаемой энергии в виде сухого вещества, накапливаемое листом за определенный промежуток времени.

*Ламелла* – пластинчатое образование мембранной природы. В хлоропластах она является основной структурой гран и внегранальных пластинчатых структур.

*Реакционный центр* – включает хлорофилл-ловушку «а» и первичный акцептор электронов. *Пигмент-ловушка* – это пигмент, который, получив энергию, может потерять электрон.

*Светособирающий комплекс (ССК)* – молекулы хлорофилла, только поглощающие свет и переносящие энергию возбуждения на особые молекулы хлорофилла, которые непосредственно участвуют в фотохимическом процессе.

*Тилакоиды* – фотосинтетическая мембрана, в которой сосредоточен фотосинтетический аппарат.

*Урожай биологический* – масса органического вещества, образованного всеми растениями на гектар почвы в течение вегетационного периода.

*ФАР (фотосинтетически активная радиация)* – участок видимого спектра, поглощаемый пигментами хлоропластов (380-700 нм).

*Флуоресценция* – явление свечения некоторых веществ при их освещении. Хлорофилл флуоресцирует красным (вишневым) светом.

*Фосфоресценция* – длительное свечение, максимум которого лежит в инфракрасной области спектра.

*Фотодыхание* – активируемое светом и высокой температурой процесс поглощения кислорода и высвобождения углекислого газа.

*Фотосинтез* – процесс образования органического вещества из неорганических веществ – углекислого газа и воды, осуществляющийся на свету, при участии пигментной системы растений.

*Фотосинтетическая единица (ФСЕ)* – молекула хлорофилла-ловушки со всеми вспомогательными молекулами пигментов, которые передают ей энергию.

*Фотосинтетический коэффициент* – отношение объема выделенного кислорода к объему поглощенного углекислого газа.

*Фотосинтетическое фотофосфорилирование* – синтез АТФ за счет энергии света.

*Фотосистема* – совокупность молекул пигментов (фотосинтетическая единица) совместно с определенными белками-переносчиками электронов.

*Хемосинтез* – образование органических веществ из неорганических, используя энергию химических связей.

*Хозяйственный урожай* – доля сухого вещества, ради которого выращивают растения (плоды, семена, клубни и др.)

### ***Дыхание***

*Аденозинтрифосфорная кислота (АТФ)* – нуклеофосфат, состоящий из азотистого основания (аденина), пентозы(рибозы) и трех молекул фосфорной кислоты.

*Брожение* – анаэробный процесс расхода органических соединений на более простые, сопровождающийся выделением энергии.

*Гликолиз* – анаэробная фаза дыхания, в процессе которой происходит преобразование молекулы глюкозы до двух молекул пировиноградной кислоты.

*Дыхание* – это аэробный окислительный процесс распада органических соединений на простые, неорганические, сопровождаемый выделением энергии.

*Дыхательный коэффициент (ДК)* – отношение количества выделенного углекислого газа к количеству поглощенного кислорода.

*Интенсивность дыхания* – это количество поглощенного кислорода или выделившегося углекислого газа в единицу времени (1 час) на единицу массы (1 г).

*Обесцеленное дыхание или «холостое» дыхание* – при этом происходит поглощение кислорода и энергия не образуется.

*Пиридиновые дегидрогеназы* - группа ферментов, у которых коферментом служит НАД или НАДФ, они отнимают два атома водорода от субстрата.

*Субстраты дыхания* - вещества, используемы в процессе дыхания (белки, жиры, углеводы, органические кислоты и др.).

*Флавиновые дегидрогеназы* - группа ферментов, катализирующая отнятие  $2H^+$ , которые можно рассматривать как  $2H^+ + 2$  электрона. Именно в таком виде они, акцептированные НАД и ФАД передаются по цепи переносчиков. Простетической группой этих ферментов служат производные витамины  $B_2$  (рибофлавины) - флавинадениндинуклеотид (ФАД) и флавинмоноклеотид (ФМН).

*Цикл Кребса* - аэробная фаза дыхания, в процессе которой происходит окисление пировиноградной кислоты до конечных продуктов: углекислого газа и воды и высвобождением энергии.

*ЭТЦ (электрон-транспортная цепь)* - процесс переноса электронов, акцептированных НАД и ФАД и передающихся по цепи к кислороду.

*Эффект Пастера* - в присутствии кислорода процесс брожения у дрожжей тормозится и заменяется процессом дыхания; одновременно резко сокращается распад глюкозы.

### ***Минеральное питание растений***

*Аммонификация* - процесс, протекающий в почве и приводящий к образованию кетокислот, насыщенных органических кислот и аммиака.

*Антагонизм ионов* - взаимное влияние ионов. В целом ряде случаев добавление одного иона угнетает поступление другого.

*Гидропоника* - выращивание растений на водных питательных растворах.

*«Гниль сердечка»* - болезнь растений, связанная с недостатком бора. При этом нарушается углеводный обмен и у корнеплодов загнивает сердцевина.

*Денитрификация* - процесс, приводящий к образованию из доступных для растения форм азота ( $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_3$ ) к недоступному -  $\text{N}_2$ .

*Микориза* - это ассоциация корня высшего растения и непатогенного гриба.

*Нитрификация* - процесс, происходящий в почве с участием микроорганизмов (*Nitrobacter* и *Nitrosomonas*) и приводящий к образованию нитратов и нитритов.

*Нитрогеназа* - мультиферментный комплекс, участвующий в процессе восстановления азота до аммиака. Нитрогеназа состоит из двух компонентов: более высокомолекулярного Mo, и низкомолекулярного Fe-белка.

*Реутилизация* - повторное использование растением тех или иных элементов (P, K).

*Ризосферные микроорганизмы* - микроорганизмы, развивающиеся около корневых систем.

*Сидерация* - запахивание зеленых растений, обычно бобовых, используемых в качестве удобрения. При этом почва обогащается азотом.

*Хелаты* - внутрикомплексные органические соединения, в состав которых входит ион того или иного металла.

*«Хлороз» растений* - при недостатке железа замедляется синтез хлорофилла и растения приобретают бледно-зеленую окраску, по цвету напоминающую газ-хлор.

### ***Рост и развитие растений***

*Апикальный рост* - рост растений за счет меристем, расположенных в окончаниях (верхушках) стебля и корня.

*Гормоны цветения* - гормоны (гиббереллины, антезин), вызывающие цветение растений.

*Интеркалярный (вставочный) рост* — рост за счет меристем, расположенных в основании междоузлий (у злака), а также интеркалярные меристемы характерны для некоторых листьев.

*Культура изолированных клеток и тканей* - метод выращивания на искусственной питательной среде в стерильных условиях клеток тканей, возникших в результате деления клеток, выделенных из кусочков листа, стебля, корня или других органов.

*Настии* - движение органов растения, вызываемое раздражителем, не имеющим строгого направления, а действующим равномерно на все растения.

*Покой* - такое состояние целого растения или отдельных органов, когда отсутствует видимый рост.

*Полярность* - это специфическая ориентация процессов и структур в пространстве, приводящая к возникновению морфологических и физиологических градиентов и выражающиеся в различиях свойств на противоположных концах клеток, тканей, органов и всего растения.

*Развитие* - качественные изменения в структуре и функциональной активности растения и его частей в онтогенезе.

*Ретарданты* - синтетические ингибиторы роста.

*Рост* - процесс новообразования элементов структуры организма.

*Тотипатентность* - явление, когда клетки данного организма обладают одинаковым геномом, а, следовательно, все клетки обладают и одинаковыми потенциальными возможностями.

*Тропизмы* - изменения положения органов, вызываемые односторонне действующим внешним раздражителем.

*Фитогормоны* - это вещества, действующие в ничтожных количествах, образующиеся в одних органах и оказывающие регуляторное влияние на какие-либо физиологические процессы в других органах растения.

*Фитохром* - пигмент из группы хромопртеидов с молекулярной массой около 120 кДа.

*Фотопериодизм* - это реакция растения на соотношение продолжительности дня и ночи, связанная с приспособлением онтогенеза к сезонным изменениям внешних условий.

*Яровизация* - свойство озимых однолетних и двулетних растений ускорять переход к заложению цветков после действия на них пониженных температур в течение определенного времени.

### ***Устойчивость растений к неблагоприятным условиям среды***

*Газоустойчивость растений* — способность растений выносить повышенное содержание в атмосфере различных газов.

*Галофиты* - растения засоленных местообитаний, обладающие способностью к приспособлению в процессе онтогенеза к высокой концентрации солей.

*Гликогалофиты* - растения, цитоплазма клеток корня которых, малопроницаема для солей.

*Гликофиты* - растения пресных местообитаний, не обладающие способностью к произрастанию на засоленных почвах.

*Жаростойкость растений* - растения, способные выносить повышенные температуры.

*Закаливание* - это обратимое физиологическое приспособление к неблагоприятным воздействиям, происходящее под влиянием определенных внешних условий.

*Засоление* - повышенное содержание в почве солей, оказывающих вредное и даже губительное влияние на растительный организм.

*Криптогалофиты (солевывделяющие)* - растения, поглощающие соли корнями, но не накапливающие их в клеточном соке.

*Морозоустойчивость растений* - способность растений выносить действие низких отрицательных температур. Это комплексный признак, запрограммированный генетически и проявляющийся в определенных условиях среды.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

### а) основная литература

1. Веретенников А.В. Физиология растений. М.: «Академический проспект», 2006. – 479 с.
2. Практикум по физиологии растений. Под ред. проф. Н. Н. Третьякова. - М.: КолосС, 2003. – 287 с.

### б) дополнительная литература

1. Физиология и биохимия сельскохозяйственных растений. Под ред. проф. Н.Н. Третьякова. - М.: КолосС, 2005. – 640 с.
2. Кузнецов В. В., Дмитриева Г. А. Физиология растений. - М.: Высш. школа, 2005. – 736 с.