

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный
университет имени И. Т. Трубилина»

Факультет агрохимии и защиты растений

Кафедра физиологии и биохимии растений

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Методические рекомендации

по выполнению контрольных работ для студентов-бакалавров
заочного факультета по направлениям:

35.03.04 «Агрономия»,

35.03.05 «Садоводство»,

35.03.07 «Технология производства и переработки
сельскохозяйственной продукции»

Краснодар
КубГАУ
2017

Составители: Ю. П. Федулов, В. В. Котляров, К. А. Доценко, Я. К. Тосунов, А. Я. Барчукова, Ю. В. Подушин

Физиология растений : метод. рекомендации / сост. Ю. П. Федулов [и др.]. – КубГАУ : Краснодар, 2017. – 49 с.

Изложены теоретические основы, а также практические указания по выполнению контрольных работ по физиологии растений. Приводятся методики проведения лабораторных занятий.

Методические рекомендации предназначены для бакалавров агробиологических направлений: 35.03.04 «Агрономия», 35.03.05 «Садоводство», 35.03.07 «Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции»

Рассмотрено и одобрено методической комиссией факультета защиты растений Кубанского госагроуниверситета, протокол № 5 от 23.01.2017.

Председатель
методической комиссии

С. П. Доценко

© ФГБОУ ВО «Кубанский
государственный аграрный
университет имени
И. Т. Трубилина», 2017

1 МЕТОДИКА ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Физиология растений – наука, изучающая закономерности физиолого-биохимических процессов в растении, их сущность и взаимосвязь с окружающими условиями.

Задача курса физиологии растений – дать студенту основные знания в области природы и регуляции физиологических процессов в зелёных растениях, закономерностей взаимодействия растительного организма с окружающей средой и значения растений в биосфере. Физиология растений является фундаментальной основой всех агрономических наук. С учетом её данных должны обосновываться все агротехнологические приемы выращивания растений; она позволяет осуществлять своевременный контроль за ростом и развитием растений, вносить коррективы в процессы, происходящие в растениях, управлять ходом накопления фитомассы. Умение ориентироваться в процессах, протекающих в растениях, является необходимым условием при подготовке специалистов агропромышленного комплекса. Основываясь на знаниях физиологических процессов, студенты должны уметь изложить принципиальные основы технологии выращивания сельскохозяйственных растений и реализации их потенциальной продуктивности. Эффективное изучение предмета обеспечивает систематическая работа над лекциями, работа с книгой и контроль своих знаний. Традиционно ведущей формой учебного процесса является лекция. Ее основное значение состоит в том, что она знакомит студента с наукой, расширяет полученные ранее знания, формирует мировоззрение. Сразу после лекции следует перечитать записи и вынести на поля конспекта все, что непонятно и потребует уточнений при дальнейшей работе над литературой.

Самостоятельная работа с книгой – обязательное условие хорошей подготовки и залог будущего профессионального и карьерного роста. Основной книгой является учебник по изучаемой дисциплине, в котором изучаются основные положения и принципы данной науки. Кроме учебников важную роль играют методические указания к выполнению лабораторных работ, в которых бо-

лее подробно раскрываются отдельные разделы дисциплины, наиболее важные для нашего региона.

После прочтения лекции необходимо ознакомиться с материалом темы по учебнику, внести уточнения в конспект, выделить главное, сделать выводы. После этого изучается рекомендованная литература.

Методические указания составлены в соответствии с образовательной программой высшего образования, утвержденной 25.04.2016 г. Министерством образовательных программ и стандартов профессионального образования Министерства образования РФ и методических указаний по изучению дисциплины Физиология растений и заданий для контрольных работ студентам-заочникам агрономических специальностей сельскохозяйственных вузов (Российский государственный аграрный заочный университет, 2002 г.

2 МЕТОДИКА ИЗУЧЕНИЯ ТЕМ И РАЗДЕЛОВ КУРСА

Введение

Приступая к изучению физиологии и биологической химии растений, необходимо уяснить предмет и задачи науки, её место в системе биологических дисциплин. Важно понять, почему физиология растений является фундаментальной основой агрономических наук. Следует выявить связь физиологии растений со смежными дисциплинами: ботаникой, биохимией, биотехнологией, агрохимией и почвоведением, микробиологией, генетикой, вместе с которыми она изучает особенности роста и развития растений, разрабатывает мероприятия по оптимизации факторов внешней среды в целях полной реализации потенциальной продуктивности культур (сортов, гибридов).

Ознакомьтесь с главнейшими этапами развития физиологии и биохимии растений как науки, особо определите вклад отечественных ученых в её развитие. Изучите философские и биологические аспекты этой науки, методологию и методы, уровни ис-

следований. Внимательно рассмотрите основные направления развития современной физиологии растений.

Тема 1. Физиология и биохимия растительной клетки

При изучении физиологии растительной клетки следует обратить внимание прежде всего на структурно-функциональную организацию клетки и физико-химические основы её энергетики, так как именно клетка является носителем жизни.

Процессы, протекающие в живой растительной клетке, связаны с преобразованием энергии, и поэтому на них распространяются законы термодинамики. Следует проследить путь солнечной энергии, поглощаемой растением, и проанализировать механизм её трансформации в другие виды энергии.

Особое внимание уделите физиологической роли нуклеиновых кислот (ДНК и РНК) – наследственного материала клетки. Разберитесь, чем обусловлено сходство всех живых растительных клеток, с чем связано их разнообразие и в чем состоит их отличие от животных клеток.

Большое значение для осмысления жизненных процессов, происходящих в зеленом растении, имеет знание химической природы веществ, из которых состоит растительная клетка. Прежде всего, рассмотрите белки, образующие основу живой субстанции клетки, изучите их структуру, свойства и функции.

Особое внимание необходимо уделить ферментам – биологическим катализаторам белковой природы, так как все реакции в растениях протекают с их участием. Обратите внимание на исключительно высокую специфичность белков-ферментов, изучите механизм действия и свойства ферментов, их классификацию. Важно уяснить особенности действия ферментов класса оксидоредуктаз, участвующих в процессе дыхания.

Следует перечислить также основные биологические функции углеводов и липидов, а также некоторых веществ вторичного происхождения (терпеноидов, алкалоидов, гликозидов и др.)

Содержимое живой клетки представляет собой сложный коллоидный раствор, свойства которого в значительной степени определяют её важнейшие физико-химические параметры: вязкость, эластичность, окислительно-восстановительный потенциал, положение изоэлектрической точки и т.д.

Следует уяснить важнейший принцип организации растительной клетки – принцип компартментации. Все содержимое клетки разделено на отдельные участки (компарменты) с разным химическим составом и специфическими условиями. Основными компонентами живой растительной клетки является протоплазма, вакуоль и клеточная стенка. Живое содержимое отдельно взятой клетки (протопласт) связано с соседними живыми клетками и объединено в единое целое – симпласт; клеточные оболочки также образуют в растении целостную структуру – апопласт. Укажите, какое значение это имеет в жизни растения.

Проанализируйте структурно-физиологическую организацию растительной клетки. Составьте четкое представление об устройстве и функциональном значении мембраны - основной элементарной структуры цитоплазмы. Последовательно проанализируйте физиологическую роль всех важнейших органоидов клетки: митохондрий, хлоропластов, рибосом и др. Особо обратите внимание на функциональное единство эндоплазматической сети, аппарата Гольджи, лизосом, секреторных пузырьков.

В заключение следует составить представление о структурно-функциональном единстве клетки, механизмах его сохранения и поддержания; рассмотреть принципы регулирования биологических процессов. Уясните суть каждого из известных типов регуляции: генетической, гормональной, трофической, энергетической, гидродинамической. Изучите физико-химические основы высокой чувствительности цитоплазматических структур к внешним и внутренним воздействиям, раздражимости и возбудимости клетки, общие ответные реакции протопласта на физические и химические воздействия.

Вопросы для самопроверки

1. Предмет, задачи и методы физиологии растений.
2. Структурная организация растительной клетки.
3. Строение и физиологическая роль мембран. Принцип компартментации – основа осуществления физиологических и биохимических процессов.
4. Строение, химический состав и функции различных органоидов клетки.
5. Белки, их структура, свойства, функции. Биосинтез белка, его локализация.
6. Нуклеиновые кислоты, строение и функции ДНК, информационной РНК (и-РНК), транспортной РНК (т-РНК).
7. Ферменты, механизм действия, свойства, классификация.
8. Углеводы, липиды, их свойства и функции.
9. Регуляторная система растений.

Тема 2. Водный обмен растений

Вода в жизни растений играет исключительную роль. В связи с этим проанализируйте ее значение. Здесь надо учесть конкретное представление о содержании воды в растении и в различных его органах, тканях, а также проанализировать физиологическое значение воды как растворителя, универсальной среды для жизненных процессов, активного участника химических превращений, стабилизатора температурного режима и т.д. Обратите внимание на термодинамические показатели водного режима, позволяющие объяснить механизм передвижения воды растениями. Следует уяснить, как осуществляется поглощение и выделение воды отдельной взятой клеткой, почему растительную клетку можно рассматривать как осмотическую систему. Необходимо иметь представление о градиенте водного потенциала как движущей силе транспорта воды в клетках, тканях и в целом растении. Определите роль набухания коллоидов в поглощении воды, проанализируйте зависимость между осмотическим давлением,

тургорным давлением и водным потенциалом. Рассмотрите условия возникновения плазмолиза и деплазмолиза.

Изучая корневую систему как орган поглощения воды, следует обратить внимание на формы воды в почве и константы почвенной влажности. Разберите, что такое восходящий поток в растении, его путь, скорость, движущие силы. Выясните роль промежуточных двигателей в поднятии воды (верхний и нижний концевые двигатели), физиологическое значение процесса передвижения воды в растении и обновлении его запаса.

Необходимо изучить поглощающую и нагнетательную деятельность корневой системы, природу корневого давления, его возможные механизмы и величину, зависимость от внешних и внутренних условий, суточные и сезонные изменения корневого давления. Изучите природу гуттации у растений, а также способность листьев и стеблей поглощать воду.

Рассмотрите осмотическую концепцию плача, причины его ритмичности, зависимости плача от метаболизма корня, возможность участия неосмотических сил в нагнетающей деятельности корневой системы. В водном обмене велика роль транспирации. В связи с этим выявите биологическое значение транспирации и приведите пример структурно-функциональной характеристики листа как основного органа транспирации. Ознакомьтесь с гипотезами, объясняющими механизм устьичной и внеустьичной регуляции транспирации. Особое внимание уделите факторам, влияющим на интенсивность транспирации и проанализируйте возможности управления ею. Следует выяснить, как определяется на практике интенсивность и продуктивность транспирации, транспирационный коэффициент, биологический, фазовый, товарный коэффициенты водопотребления, где и с какой целью их можно использовать на практике. Проанализируйте составляющие водного баланса растений, изучите суммарное водопотребление агрофитоценозов и обоснуйте режим орошения с учетом оросительных и поливных норм, способов и сроков проведения поливов сельскохозяйственных культур.

Оптимизация водного режима имеет огромное значение в повышении продуктивности растений. Поэтому следует усвоить суть агротехнических мероприятий, обеспечивающих как поглотельную деятельность корневой системы, так и эффективное использование воды растениями. Выясните возможность использования показателей водного режима для диагностирования водообеспеченности растений при интенсивных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур в богарном и орошаемом земледелии.

Вопросы для самопроверки

1. Водный обмен растений, его составляющие, значение.
2. Физиологические особенности поглощения воды растительной клеткой.
3. Растительная клетка как осмотическая система. Зависимость между осмотическим, гидростатическим и водным потенциалом клетки (между сосущей силой, осмотическим и тургорным давлением).
4. Корневая система как орган поглощения воды.
5. Роль транспирации в жизни растений.
6. Интенсивность транспирации, относительная транспирация, транспирационный коэффициент и продуктивность транспирации; значение этих показателей и методы их определения.
7. Коэффициенты водопотребления (фазовый, биологический, товарный), их использование в практике.
8. Водный баланс растений и пути его регулирования.
9. Способы оптимизации водного режима агрофитоценозов.
10. Физиологические основы орошения сельскохозяйственных культур.

Для решения задач этой темы следует вспомнить некоторые определения:

1. **Интенсивность транспирации (ИТ)** – количество воды в г, испаренное растением в расчете на 1 м² листовой поверхности

за 1 час. Транспирация в основном осуществляется через устьица, площадь которых составляет 1–3 % площади листа.

$$ИТ = \frac{M_{H_2O}, \text{г}}{S_{л}, \text{м}^2 \cdot t, \text{час}}$$

Испарение воды растениями может достигать огромных размеров. Так, одно растение кукурузы испаряет за вегетационный период до 180 кг воды, 1 га леса в Южной Америке испаряет в среднем за сутки 75 тонн воды. Для большинства сельскохозяйственных растений интенсивность транспирации составляет днем 15–250, ночью 1–20 г / (м² × ч).

2. Относительная транспирация – отношение интенсивности транспирации к интенсивности испарения со свободной водной поверхности такой же площади и за такое же время.

3. Транспирационный коэффициент (K_{трансп.}) – количество граммов воды, израсходованное при образовании 1 г сухого вещества растения.

$$K_{трансп} = \frac{M_{H_2O}, \text{г}}{M_{сухого_вещества}, \text{г}}$$

Транспирационные коэффициенты варьируют от 100 до 500, причем у большинства сельскохозяйственных культур они сравнительно близки и зависят от условий выращивания.

4. Продуктивность транспирации – количество граммов сухого вещества, накопленного растением при израсходовании 1 кг воды. Это величина обратная транспирационному коэффициенту.

$$P_{трансп} = \frac{M_{сухого_вещества}, \text{г}}{M_{H_2O}, \text{л}}$$

В зависимости от условий выращивания и видовых особенностей растений она составляет 2–8, чаще 3–5 г/л.

5. **Эвапотранспирация** – суммарный расход воды за вегетацию 1 га посева, включающий транспирацию и испарение с поверхности почвы (эвапорацию).

6. **Коэффициент водопотребления** – (эвапотранспирационный коэффициент) рассчитывается как отношение эвапотранспирации к созданной биомассе или хозяйственно полезному урожаю. Во влажные годы коэффициент водопотребления основных зерновых культур составлял 400–600, а в засушливые годы поднимался до 2000–2500. Так, выращивание сельскохозяйственных культур прохладного и жаркого климата в теплицах при температуре 10–13 °С и около 27 °С показало, что яровая рожь в прохладной теплице имела коэффициент водопотребления 423, а при 27 °С – 875, теплолюбивое сорго – соответственно 1236 и 223. Прохладный воздух снижает эвапотранспирацию, но у теплолюбивых культур вызывает также резкое подавление ассимиляционных процессов. Надо иметь в виду, что засушливые годы, особенно на юго-востоке, характеризуются и высокой температурой воздуха, что неблагоприятно не только для формирования урожая, но и для эффективного использования воды большинством сельскохозяйственных культур.

Задача агронома состоит в создании таких условий, при которых коэффициент водопотребления снижается. Мощным фактором снижения коэффициента водопотребления является повышение плодородия почвы. В многочисленных вегетационных и полевых опытах доказано, что внесение удобрений не только повышает урожай, но и снижает затраты воды на создание единицы продукции, так как расход воды на эвапотранспирацию возрастает незначительно.

7. **Осмотические явления в клетках растений**

В поглощении и выделении воды клеткой большое значение имеют явления диффузии и осмоса.

Диффузия – свободное передвижение молекул (частиц) как растворенного вещества, так и растворителя, в результате чего происходит выравнивание концентрации веществ в растворе.

Диффузия всегда направлена по градиенту концентрации от большей концентрации к меньшей.

Осмотический потенциал раствора (Ψ_{π}) пропорционален его концентрации и имеет отрицательное значение, т.к. снижает водный потенциал (Ψ).

Осмотический потенциал рассчитывают по формуле:

$$\Psi_{\pi} = - CRTi \text{ атм.}, \text{ где}$$

C – концентрация раствора в молях;

R – газовая константа (0,082)

T – абсолютная температура ($K = 273 + t \text{ }^{\circ}\text{C}$)

i – изотонический коэффициент для электролита

Осмотический потенциал численно равен, но противоположен по знаку максимальному **осмотическому давлению** (P), которое наблюдается в осмотических системах.

В настоящее время для обозначения давления используют единицу **паскаль** (Па); 1 атм. = 10^5 Па; 10^3 Па = 1 кПа; 10^6 Па = 1 МПа. В системах, состоящих из двух растворов разной концентрации (разделенных полупроницаемой мембраной), наблюдаются осмотические явления.

Осмоз – диффузия воды через полупроницаемую мембрану в сторону раствора большей концентрации (с меньшим водным потенциалом).

Дополнительное давление, которое нужно приложить к раствору, чтобы воспрепятствовать одностороннему току воды, называется **осмотическим давлением** (P).

Растительную клетку можно рассматривать как осмотическую систему, где осмотически активный раствор – клеточный сок, окружен полупроницаемой протоплазмой, имеющей две полупроницаемые мембраны: внешнюю, плазмалемму и внутреннюю, тонопласт. Концентрация клеточного сока у различных растений составляет 0,2–0,8 М и обычно выше концентрации наружного раствора. Поэтому вода перемещается в клетку, в сторону меньшего водного потенциала, т.е. по градиенту водного потенциала (Ψ).

Клеточный сок, как и любой другой раствор, обладает осмотическим потенциалом (давлением), который определяет максимальную способность клетки поглощать воду. Если клетку поместить в чистую воду, то вода начнет поступать в вакуоль, объем клеточного сока увеличится, он начнет оказывать гидростатическое давление через протоплазму на оболочку клетки. Это давлением называется **тургорным (Т)**. Соответственно оболочка оказывает равное ему по величине противодействие, называемое тургорным натяжением или потенциалом давления, или гидростатическим потенциалом (Ψ_p).

Поэтому в каждый данный момент поступление воды в клетку осуществляется под действием не всей величины осмотического потенциала, а разности между осмотическим потенциалом (Ψ_π) и потенциалом давления (Ψ_p). Эта величина равна водному потенциалу клетки ($\Psi_{кл}$):

$$-\Psi_{кл} = -(\Psi_\pi - \Psi_p)$$

Водный потенциал выражает способность воды в данной системе совершить работу по сравнению с той работой, которую при тех же условиях совершила бы чистая вода. Водный потенциал, являясь фактически мерой активности воды, определяет термодинамически возможное направление ее транспорта. Молекулы воды всегда перемещаются от более высокого водного потенциала к более низкому, подобно тому, как вода течет вниз, переходя на все более низкий энергетический уровень. Когда система находится в равновесии с чистой водой, $\Psi=0$. В почве, растении, атмосфере активность воды и ее способность совершать работу ниже, чем у обычной воды, поэтому Ψ обычно отрицателен. Ψ численно равен, но противоположен по знаку сосущей силе – способности клетки поглощать воду.

Сосущая сила (S) в клетке равна разности между осмотическим и тургорным давлением:

$$S = P - T$$

Таким образом, с термодинамической точки зрения:

Ψ – водный потенциал;

$\Psi = 0$ для чистой воды;

Ψ_{π} – осмотический потенциал; всегда отрицателен, численно равен, но противоположен по знаку максимальному осмотическому давлению (P);

Ψ_p – потенциал давления или гидростатический потенциал; в большинстве случаев положителен, численно равен тургорному давлению (T), но противоположен по знаку;

$\Psi_{\text{кл}}$ – водный потенциал клетки; равен по величине сосущей силе клетки, по противоположен по знаку.

При полном насыщении клетки водой, т.е. при полном тургоре, осмотический потенциал полностью уравнивается потенциалом давления и водный потенциал клетки равен нулю:

$$\Psi_{\pi} = \Psi_p \text{ и } \Psi_{\text{кл}} = 0 \quad (P = T \text{ и } S = 0)$$

Если ткань поместить в раствор большей концентрации, чем клеточный сок, то вода будет передвигаться из клетки в окружающий раствор. В этом случае тургорное давление (T) и гидростатический потенциал (Ψ_p) снижаются и в конечном итоге становятся равными нулю – клетка переходит в состояние плазмолиза.

Плазмолиз – это явление отставания протопласта от клеточной оболочки вследствие выхода из клетки воды.

При начальном плазмолизе:

$$\Psi_p = 0 \quad \text{и} \quad -\Psi_{\text{кл}} = -\Psi_{\pi} \quad (T = 0 \quad \text{и} \quad S = P)$$

Если в этом состоянии клетку поместить в воду, то поступление воды в нее будет определяться водным потенциалом клетки, который в этом случае равен всей величине осмотического потенциала.

Таким образом, водный потенциал клетки ($\Psi_{\text{кл}}$) может изменяться от всей величины осмотического потенциала клеточного сока до нуля, его величина регулирует поступление воды в клетку.

Следует уяснить, что при погружении клетки в раствор возможны всего три состояния:

1. Концентрации и осмотические потенциалы клеточного сока и внешнего раствора равны (**изотонические растворы**); в

этом случае движения воды между клеткой и раствором не будет, плазмолиза наблюдаться не будет.

2. Концентрация и осмотический потенциал внешнего раствора **больше**, чем концентрация и осмотический потенциал клеточного сока (**гипертонический раствор**); вода будет выходить из клетки, вследствие чего наступит **плазмолиз**, который можно наблюдать под микроскопом. Методом плазмолиза можно определить концентрацию клеточного сока, его осмотический потенциал, осмотическое давление.

3. Концентрация и осмотический потенциал внешнего раствора **меньше**, чем концентрация (и осмотический потенциал) клеточного сока (**гипотонический раствор**); вода будет входить в клетку, её гидростатический потенциал будет увеличиваться, пока не сравняется с осмотическим потенциалом.

Тема 3. Фотосинтез и продуктивность растений

При изучении этой темы необходимо ясно представлять, что именно фотосинтез является основой биоэнергетики на нашей планете. В связи с этим всесторонне проанализируйте значение этого уникального процесса. Проследите этапы развития представлений о сущности фотосинтеза.

Определите природу основных реакций фотосинтеза, его физико-химическую сущность, составляющие энергетического баланса. Приведите структурно-функциональную характеристику листа как органа фотосинтеза и пластидного аппарата клетки. Обратите внимание на химический состав и свойства хлоропластов. Детально проанализируйте пигментную систему зеленого листа высших растений в связи с функцией фотосинтеза.

Следует изучить первичные процессы фотосинтеза, пути миграции энергии в фотосистемах, структурно-функциональную сущность электронно-транспортной цепи фотосинтеза, квантовый выход фотосинтеза. Уясните механизм фотосинтетического фосфорилирования.

Приведите суммарное уравнение фотолиза воды и уясните его физиологическую сущность. Проанализируйте роль воды как основного донора водорода в реакциях восстановления CO_2 . Проследите путь углерода при фотосинтезе и проанализируйте метаболические особенности C_3 -, C_4 - и САМ-растений. Ознакомьтесь с восстановительным циклом Кальвина и его ролью в метаболизме растений. Проследите разнообразие продуктов фотосинтеза.

Уясните природу и значение фотодыхания растений.

Обратите внимание на системы регуляции фотосинтеза, проследите транспорт ассимилятов в листовой пластинке, роль плазмодесм в осуществлении симпластического транспорта ассимилятов и пути его регулирования,

Дайте определение интенсивности фотосинтеза, перечислите методы её определения, проанализируйте зависимость этого показателя от освещенности и спектрального состава света. Рассмотрите влияние внешних и внутренних факторов на интенсивность фотосинтеза. Отметьте возможные пути повышения фотосинтетической активности сельскохозяйственных культур. Фотосинтез – основа продуктивности агрофитоценозов и в связи с этим требуется изучить соотношение между скоростью ассимиляции углекислоты и активностью отдельных звеньев фотосинтеза, регуляцию фотосинтеза на уровне органа и целого растения.

Важно знать физиологические основы светокультуры растений, выращивания растений без естественного облучения, требования к оптимальному световому режиму в защищенном грунте, приемы искусственного облучения растений, принципы использования лазерной технологии при выращивании с/х культур и перспективы ее развития, принципы создания фитотрона и фитотроники, пути ускорения селекционного процесса.

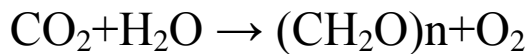
Следует ознакомиться с количественной теорией фотосинтеза, иметь представление о КПД посевов и ценозов, теоретическом КПД фотосинтеза и методике его определения, выяснить фазовый и биологический КПД фотосинтетически активной радиации (ФАР) и их использование при программировании урожая.

Посевы и насаждения следует рассматривать как фотосинтезирующие системы с различными КПД ФАР, густотой стояния растений, их структурой. Определите основные пути формирования посевов высокой продуктивности, дайте характеристику фитометрическим параметрам агрофитоценозов с запрограммированной урожайностью (площадью листьев, чистой продуктивностью фотосинтеза, фотосинтетическим потенциалом).

Вопросы для самопроверки

1. Современные представления о фотосинтезе. Планетарное значение фотосинтеза.
2. Пигменты листа. Строение, свойства и функции хлорофиллов и каротиноидов.
3. Современные представления о сущности световой фазы фотосинтеза. Фотофизический этап.
4. Фотохимические реакции фотосинтеза: фотолиз воды, перенос электрона воды на НАДФ, фотосинтетическое фосфорилирование.
5. Темновые реакции фотосинтеза (цикл Кальвина). Первичные продукты фотосинтеза.
6. С₄-путь фотосинтеза, его особенности, физиологическая роль.
7. Фотосинтез по типу толстянковых (САМ-путь фотосинтеза), его особенности, биологическое значение.
8. Фотодыхание растений и его значение.
9. Влияние внешних условий на интенсивность фотосинтеза. Суточный ход фотосинтеза.
10. Параметры оценки фитоценозов: чистая продуктивность фотосинтеза, индекс листовой поверхности, фотосинтетический потенциал, КПД фотосинтеза.
11. Теоретические основы и практические приемы создания посевов высокой продуктивности.
12. Выращивание растений в искусственном климате. Светокультура растений.

Фотосинтез – это процесс трансформации поглощенной энергии света в химическую энергию органических соединений. Суммарное уравнение фотосинтеза носит следующий характер:



Для решения задач этой темы следует вспомнить некоторые определения:

1. **Интенсивность фотосинтеза** (ИФ, скорость процесса) может быть охарактеризована несколькими величинами:

1.1. Количеством мг углекислоты (M_{CO_2}), поглощенной 1 м² листьев за 1 час;

$$\text{ИФ}_{\text{CO}_2} = \frac{M_{\text{CO}_2}, \text{мг}}{S_{\text{л}}, \text{м}^2 \cdot t, \text{час}}$$

1.2. Количеством мл кислорода (M_{O_2}), выделенного 1 м² листьев за 1 час;

$$\text{ИФ}_{\text{O}_2} = \frac{M_{\text{O}_2}, \text{мл}}{S_{\text{л}}, \text{м}^2 \cdot t, \text{час}}$$

1.3. Количеством сухих веществ ($M_{\text{СВ}}$), накопленных 1 м² листьев за 1 час (метод листовых половинок).

$$\text{ИФ}_{\text{СВ}} = \frac{M_{\text{СВ}}, \text{мг}}{S_{\text{л}}, \text{м}^2 \cdot t, \text{час}}$$

2. **Чистая продуктивность фотосинтеза** (ЧПФ) – это количество сухого вещества в граммах, образующееся в растении за сутки в расчете на 1 м² листовой поверхности, рассчитывается по формуле:

$$\text{ЧПФ} = (B_2 - B_1) / 0,5(L_1 + L_2)T \quad \text{г/м}^2 \text{ за сутки,}$$

где B_1 и B_2 – масса сухого вещества растения в начале (B_1) и в конце (B_2) учетного периода;

$0,5(L_1 + L_2)$ – средняя площадь листьев в начале (L_1) и в конце (L_2) учетного периода;

T – продолжительность учетного периода, дни.

Варьирует в зависимости от условий в широком диапазоне от 7 до 20 г / (м² × сут).

3. **Коэффициент эффективности фотосинтеза** определяется отношением показателя чистой продуктивности фотосинтеза (г/м² *сутки) к количеству усвоенной за день в процессе фотосинтеза СО₂ (г/м².день).

$$K_{эфф} = \frac{\Phi_{чпф}, г / м^2 \cdot сутки}{M_{CO_2}, г / м^2 \cdot день}$$

Этот коэффициент показывает, насколько эффективно используется усваиваемая в процессе фотосинтеза СО₂ на построение сухого вещества урожая. Чаще всего величина этого коэффициента бывает близка к 0.5, при неблагоприятных условиях она снижается, а иногда бывает равна нулю или отрицательна (например, при засухе и высокой температуре).

4. **Ассимиляционный коэффициент (K_{ассим.})** - это отношение количества усваиваемой в процессе фотосинтеза СО₂ (МСО₂) к количеству хлорофилла в ассимиляционных органах.

$$K_{ассим} = \frac{M_{CO_2}, мг / дм^2 час}{[Хл]_л, мг / дм^2 час}$$

В среднем ассимиляционный коэффициент равен ~5 мг СО₂ на 1 мг хлорофилла в час. Чем больше в листьях хлорофилла, тем ниже ассимиляционный коэффициент. Поэтому K_{ассим} у светолюбивых растений обычно выше, чем у тенелюбивых, т.к. листья их содержат больше хлорофилла.

5. **Листовой индекс** показывает, во сколько раз площадь листьев растений превышает занимаемую ими площадь почвы.

$$ЛИ = \frac{S_{листьев}, м^2}{S_{почвы}, м^2}$$

Он зависит от вида растений, сортов, периода вегетации. В среднем листовой индекс равен 3-4, у пшеницы интенсивных

сортов перед колошением он может быть равен 6–7, при этом условии можно получить максимальный урожай.

6. **Фотосинтетический потенциал посевов (ФП)** - сумма ежедневных показателей площади листьев посева (S_i) за весь вегетационный период или часть его, выраженная в $\text{м}^2/\text{га}$.

$$\text{ФП} = \sum_{i=1}^n S_i ,$$

где n - число учетных дней.

7. **Коэффициент полезного действия (КПД) фотосинтеза** характеризует эффективность фотосинтеза и определяется отношением количества энергии, накопившейся в органической массе урожая в кДж, к количеству энергии света, поступившей за период вегетации на 1 га посева, или энергии, которая была поглощена посевом. Обычно в посевах КПД фотосинтеза мал, близок к 1%, при оптимальных погодных условиях и агротехнических мероприятиях его можно повысить до 2%. На посевах кукурузы при оптимальных условиях выращивания КПД фотосинтеза может достигать 5–6 %, т.к. эта культура относится к C_4 -типу растений.

Тема 4. Дыхание растений

При изучении этой темы необходимо раскрыть физиологическую сущность дыхания как процесса окисления углеводов и генерации энергии, осмыслить его значение в жизни растений. Составьте четкое представление на какие этапы делится весь процесс дыхания, какие вещества вступают в каждый этап дыхания, а какие являются результатом этого этапа. Изучите механизмы окислительно-восстановительных процессов при дыхании на основе современных научных данных. Приведите структурно-функциональную характеристику митохондрий. Сравните биологию дыхания и брожения. Следует уяснить, как происходит гликолиз, каковы стадии этого процесса, определить баланс гликолиза и пути его регулирования. Аэробная фаза дыхания. Цикл дигидроксиацетонфосфата и трикарбоновых кислот (цикл Кребса), его регуляция и энерге-

тика. Пентозофосфатный цикл. Необходимо изучить дыхательные (электронно-транспортные) цепи – пути переноса электронов: основной и альтернативные. Проанализируйте энергетику этих процессов. Изучите структурную основу, механизм и физиологическое значение окислительного фосфорилирования, энергетическую эффективность анаэробной и аэробной фаз дыхания. Выясните, каким образом происходит дыхание и обмен веществ в растительной клетке, какова проницаемость митохондриальных мембран, как происходит перемещение восстановительных эквивалентов из митохондрий в цитоплазму, какова связь дыхания с биосинтетическими процессами.

Важно выявить особенности дыхательной способности различных органов растения, интенсивности дыхания и дыхательного коэффициента, определить зависимость дыхания от внутренних и внешних факторов, отметить роль дыхания как одного из важнейших элементов продукционного процесса растений. Выясните, как связаны между собой процессы фотосинтеза и дыхания растений. Объясните, что такое компенсационный пункт, каковы методы определения интенсивности дыхания на свету по газообмену, проанализируйте пути оптимизации фотосинтеза и дыхания. Следует изучить дыхательный газообмен фитоценозов, рассмотреть уравнение баланса сухого вещества растений, выяснить, как происходит дыхательный газообмен при различной температуре среды, в условиях почвенной засухи, при различном уровне минерального питания, разной густоте стояния растений в посевах, а также определить пути и способы регулирования дыхания при хранении растениеводческой продукции.

Вопросы для самопроверки

1. Физиологическое значение дыхания растений.
2. Суммарное уравнение дыхания.
3. Генетическая связь дыхания и брожения.
4. Анаэробная фаза дыхания (гликолиз).
5. Аэробная фаза дыхания (цикл Кребса).

6. Пентозофосфатный цикл.
7. Энергетика дыхания. Окислительное фосфорилирование (субстратное, коферментное).
8. Дыхание как элемент продукционного процесса.
9. Методы определения интенсивности дыхания и дыхательного коэффициента.
10. Зависимость дыхания от внутренних и внешних факторов.
11. Регулирование дыхания при хранении продуктов растениеводства.

Для решения задач этой темы необходимо вспомнить следующее:

1. Химическую сторону дыхания обычно изображают следующим уравнением, которое было предложено в 1912 г В. И. Палладиным:



2. Интенсивность дыхания (скорость процесса) можно охарактеризовать несколькими величинами:

2.1. Количеством углекислого газа, выделенного за единицу времени (час) на единицу массы растения (г), например, мг CO_2 /г.час

$$ИД_{CO_2} = \frac{M_{CO_2}, \text{ мг}}{M_{растения}, \text{ г} \cdot t, \text{ час}}$$

Выделенная в процессе дыхания углекислота в закрытом сосуде поглощается щелочью (обычно баритом – $Ba(OH)_2$, концентрация которой уменьшается. Через определенное время количество непрореагировавшего барита находят путем титрования соляной кислотой. Интенсивность дыхания рассчитывают по формуле:

$$ИД = 2,2(a - б) / p \times t \text{ мг } CO_2/\text{г} \times \text{час, где}$$

а – количество мл HCl , пошедшее на титрование взятой для анализа щёлочи (до опыта);

b – количество мл HCl , пошедшее на титрование щелочи после экспозиции растительного материала;

2,2 – количество мг CO_2 , эквивалентное 1 мл 0.1 N HCl ;

p – масса пробы;

t – продолжительность опыта.

2.2 Количеством кислорода, поглощенного за единицу времени единицей массы растения, например мкл O_2 /ч.г. Этот метод определения интенсивности дыхания называется манометрическим и проводится на специальном приборе Варбурга.

$$ИД_{\text{O}_2} = \frac{M_{\text{O}_2}, \text{мкл}}{M_{\text{растения}}, \text{г} \cdot t, \text{час}}$$

3 Дыхательный коэффициент (ДК) - это отношение объемов выделенной при дыхании углекислоты к поглощенному кислороду:

$$ДК = \frac{V_{\text{CO}_2}, \text{мкл}}{V_{\text{O}_2}, \text{мкл}}$$

Величина дыхательного коэффициента зависит в основном от субстрата дыхания (в аэробных условиях).

3.1. Если субстратом дыхания являются углеводы, то процесс идет согласно уравнению $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 = 6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$. В этом случае дыхательный коэффициент равен единице: $6\text{CO}_2/6\text{O}_2$.

3.2. Если разложению в процессе дыхания подвергаются более окисленные соединения, например органические кислоты, поглощение кислорода уменьшается, ДК становится больше единицы. Так, если в качестве субстрат дыхания используется яблочная кислота, то $ДК = 1,33$

3.3. Если субстратом дыхания будут вещества, более восстановленные, чем углеводы (белки, липиды), то на их окисление затрачивается больше кислорода, поэтому дыхательный коэффициент меньше единицы. Так при использовании жиров $ДК = 0,7$.

Тема 5. Минеральное питание растений

Физиология корневого питания растений является теоретической основой химизации земледелия. Поэтому необходимо определить оптимальные параметры плодородия почв и их значение для повышения поглотительной деятельности корневой системы, а также для обоснования рационального режима минерального питания растений. Требуется иметь представление о химическом составе фитомассы важнейших сельскохозяйственных культур, физиологической роли отдельных макро- и микроэлементов в жизни растений.

Рассмотрите корневую систему как основной орган поглощения и усвоения минеральных веществ. Необходимо изучить механизм поглощения растворенных веществ, отдельных ионов и молекул, а также осмыслить закономерности их транспорта.

Уясните разницу между активным и пассивным транспортом ионов. Изучите пути перемещения ионов на дальние расстояния, увяжите поглощение и транспорт ионов с процессом транспирации. Уясните роль корневых выделений и активной деятельности корней в процессе поглощения элементов питания. Обратите внимание на функциональную специфику корневых волосков, радиальное передвижение ионов в корне, механизм симпластического транспорта, локализацию плазмодесм по радиусу корня.

При недостатке отдельных элементов питания или поступлении вредных веществ отмечаются физиологические расстройства у растений, а также у животных, человека, использующих в пищу такую растительную продукцию. В связи с этим необходимо знать методы контроля за обеспеченностью растений питанием с помощью листовой, тканевой и почвенной диагностики, чтобы при необходимости активно вмешиваться в процесс питания растений.

Проанализируйте суть вегетационного метода и его возможности в изучении корневого питания растений, отметьте достоинства и недостатки этого метода. Уясните различия между физиологически кислыми, щелочными и нейтральными минераль-

ными удобрениями. Обратите внимание на особенности их использования растениями. Рассмотрите влияние физиологически активных веществ на корневое питание растений.

Приведите примеры, подтверждающие синтетическую роль корня. Выясните связь дыхания корней с биосинтезом аминокислот и белков. Рассмотрите корень как место синтеза вторичных соединений – полисахаридов, фитогормонов, гликозидов, алкалоидов, сапонинов и других.

Изучите процессы превращения соединений азота в почве и растительном организме, уясните особенности жизнедеятельности свободных и симбиотических азотфиксаторов.

Необходимо выявить закономерности влияния факторов среды обитания растений на поглощение питательных веществ корневой системой, отметить положительное и отрицательное влияние температуры, света, влаги, воздуха, электрического поля, почвенного раствора на процесс питания растений.

Следует ознакомиться с физиологическими основами выращивания растений без почвы (водные, песчаные и гравийные среды), принципами культивирования растений в условиях гидро- и аэропоники и др. Особое внимание обратите на связь между условиями минерального питания и качеством, сохранностью растениеводческой продукции.

Физиологические основы применения удобрений – завершающий этап данной темы. Требуется выяснить особенности потребления питательных веществ различными культурами (сортами, гибридами), а также уметь рассчитать вынос их с урожаем и обосновать дозы удобрений, сроки и способы их внесения, научиться определять необходимость проведения подкормок. Проанализируйте особенности корневого питания растений при орошении.

Изучите возможности практического ослабления негативных аллелопатических эффектов за счет условий питания, водообеспеченности, создания специфических фитоценозов и др. Проанализируйте реакцию растений на избыточно высокий уровень минерального питания, роль высоких доз минеральных удобрений

как засоляющего фактора и физиологию интоксикации растений избыточным внесением питательных веществ.

Вопросы для самопроверки

1. Корневая система как основной орган поглощения и усвоения минеральных элементов.
2. Роль корня в биосинтезах и влияние внешних факторов на деятельность корневой системы.
3. Примерное содержание химических элементов и органических веществ в сельскохозяйственных растениях.
4. Физиологическая роль макро- и микроэлементов.
5. Принципиальные основы выращивания растений в условиях гидропоники и аэропоники.
6. Значение листовой, тканевой и почвенной диагностики в питании растений.
7. Физиологические основы применения удобрений.
8. Физиологически кислые, щелочные и нейтральные удобрения, их влияние на продуктивность растений.

Тема 6. Рост и развитие растений

Необходимо, прежде всего, уточнить, что следует понимать под ростом и развитием, каковы принципы регуляции роста и развития, рассмотреть принципы дифференциальной активности генов, а также факторы, регулирующие рост и развитие, уяснить взаимосвязь и взаимозависимость между ростом и развитием.

Следует изучить закономерности роста клеток, увеличения объема цитоплазмы. В связи с этим целесообразно проанализировать качественный состав органических веществ, образующих ткани растений (углеводы, аминокислоты и белки, жиры, витамины и т.д.). Функциональные формы углеводов: конституционные, транспортные, запасные. Метаболизм аминокислот и белков. Особенности обмена жиров у растений.

Изучите возможности использования культуры изолированных протопластов, а также клеток и тканей в решении задач физиологии растений и биотехнологии, выясните физиологические особенности культивируемых клеток, возможности метода экспериментального морфогенеза в культуре клеток и тканей для растениеводства. Ознакомьтесь с последовательностью процессов прорастания семян. Выясните причины покоя семян, какие вещества индуцируют прорастание, какие процессы при этом происходят, как влияет свет и температура на прорастание, какие ферменты при этом участвуют, каковы особенности обмена веществ в прорастающих семенах и зависимость прорастания от внутренних и внешних условий.

Изучите известные группы фитогормонов. Следует выяснить их роль в жизнедеятельности растений, спектр биологического действия, передвижение, распределение и локализацию по органам ауксина, гиббереллина, цитокинина, брассинолидов, абсцизовой кислоты и этилена, а также их действие на рост тканей и органов, формирование плодов и семян. Необходимо выяснить взаимосвязь фитогормонов с процессом фотосинтеза, стрессовым состоянием растений, возможность использования фитогормонов и их синтетических заменителей (рострегуляторов) в растениеводстве, в частности применение ауксина и его аналогов, гиббереллина, ретардантов, этилена и этрела, а также цитокининов и брассинолидов. Следует обратить внимание на локализацию процесса роста у высших растений, уяснить особенности роста органов растения, закон большого периода роста, методы измерения скорости роста, зависимость роста от внутренних факторов (наследственные особенности, полиплоидия, гетерозис, возрастное состояние), зависимость роста и развития от экологических факторов (свет, температура, влажность воздуха и почвы, аэрация и солевой состав почвы, дозы удобрений, химических средств защиты растений, загрязнение почвы и воздуха).

Выясните возможные причины необратимых нарушений роста, причины карликовости и гигантизма.

Ознакомьтесь с ритмикой физиологических процессов. Уясните суть циркадных ритмов, их приспособительное значение. Изучите закономерности влияния температуры и света на ритмы растений. Составьте представление о сущности фотопериодизма, проанализируйте признаки фотопериодических реакций, роль фитохрома, гормональной теории развития.

Представляют интерес ростовые и тургорные реакции растений: раздражение, возбуждение, движение живых органов, тропизмы, настии, эндогенные движения, таксисы, чисто механические движения. Следует изучить жизненный цикл высших растений, регуляторные функции вегетативных и генеративных органов в процессах роста, общие закономерности роста растений как функции увеличения их массы во времени, морфологические, физиологические и биохимические признаки общих возрастных изменений у растений, взаимосвязь возрастных изменений и генеративного развития, фенологические фазы развития, физиологию старения растений. Выяснить этапы органогенеза, возможность управления ростом и развитием растений в онтогенезе и при интенсивных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур.

Вопросы для самопроверки

1. Понятие о росте и развитии растений. Рост как интегральный процесс жизнедеятельности растений.
2. Влияние на рост внешних факторов (температура, свет, влажность воздуха и почвы, удобрения, аэрация и др.).
3. Клеточные основы роста. Типы роста растений.
4. Метаболизм аминокислот и белков, углеводов, жиров в тканях растений.
5. Культура изолированных протопластов, клеток и тканей в решении задач физиологии растений и биотехнологии.
6. Физиология прорастания семян.
7. Фитогормоны как факторы, регулирующие рост и развитие растений.

8. Физиологически активные вещества и их использование в растениеводстве.

9. Ростковые движения у растений.

10. Покой растений, его типы.

11. Яровизация.

12. Органогенез, его этапы. Регулирование процессов роста и развития при интенсивных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур.

Тема 7. Физиологические основы устойчивости растений

Большое значение для устойчивости биogeоценозов и биосферы в целом имеет устойчивость растений к различным неблагоприятным факторам среды, а также вредным газообразным выделениям промышленности и транспорта. Поэтому необходимо изучить приспособленность онтогенеза растений к условиям среды как результат их эволюционного развития, защитно-приспособительные реакции растений против повреждающих воздействий, уяснить обратимые и необратимые повреждения растений, их тканей и органов, как изменяются физико-химические и функциональные свойства растительных клеток и тканей при повреждениях, как приспособляются растения к неблагоприятным условиям среды.

Необходимо уяснить биологические основы холодоустойчивости растений, какие физиолого-биохимические изменения происходят у теплолюбивых растений при пониженных положительных температурах и определить способы повышения холодоустойчивости.

Важным моментом при изучении этой темы является определение морозоустойчивости растений. Она включает знание основ замерзания растительных клеток и тканей, условий и причин вымерзания растений, фаз закаливания и способов повышения морозоустойчивости.

Немаловажное значение имеет зимостойкость растений, комплексное свойство устойчивости растений к неблагоприят-

ным факторам перезимовки (выпреванию, выпиранию, ледяной корке, вымоканию, зимней засухе). По мере выяснения этих причин следует ответить на вопрос – какие способы обеспечивают повышение зимостойкости растений, каковы меры предупреждения гибели озимых и зимующих культур и методы определения жизнеспособности растений в зимний и ранневесенний периоды?

Существенное влияние на продуктивность растений южных районов оказывает жароустойчивость. Необходимо выяснить изменения, происходящие в обмене веществ, в росте и развитии растений при воздействии на них высоких температур, и приемы, обеспечивающие повышение жароустойчивости растений.

Изучите совместное действие недостатка влаги и высокой температуры на растение. Выясните особенности водообмена у ксерофитов и мезофитов, физиологические основы засухоустойчивости у сельскохозяйственных культур (сортов, гибридов), определите приемы предпосевного повышения жаро- и засухоустойчивости растений, физиологически обоснуйте селекцию сортов на засухоустойчивость и режимы орошения сельскохозяйственных культур в засушливых регионах страны.

Следует обратить внимание на солеустойчивость и газоустойчивость растений.

Вопросы для самопроверки

1. Приспособление и устойчивость растений.
2. Стресс и стрессоры.
3. Изменение функциональных свойств растительных организмов при повреждениях.
4. Холодоустойчивость растений.
5. Морозоустойчивость растений.
6. Зимостойкость растений.
7. Жаро- и засухоустойчивость растений.
8. Солеустойчивость растений.
9. Устойчивость растений к антропогенным токсическим веществам.

3 ВЫПОЛНЕНИЕ ЗАДАНИЙ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

По курсу «Физиология и биохимия растений» необходимо выполнить две контрольные работы, по каждой из которых даны вопросы для выбора контрольного задания.

В контрольном задании по первой и второй работам необходимо ответить на 7 вопросов, которые берутся из разделов «Перечень вопросов для выполнения контрольной работы».

Ответы даются в краткой форме, но должны содержать конкретный материал, по которому определяют степень проработки вопросов студентами.

В ответах, кроме описательной части, должны приводиться примеры и цифровые данные, характеризующие тот или иной процесс.

В первой контрольной работе нужно решить задачу (вопрос 7). Для решения задач внимательно ознакомьтесь с определениями и формулами, приведенными в соответствующих темах раздела 2. При решении задач необходимо дать определения искомым величин и проанализировать полученные данные.

Примерный объём контрольного задания – стандартная школьная тетрадь.

Задание должно быть написано четким разборчивым почерком. С правой стороны тетради следует обязательно оставлять поля для заметок.

В конце контрольной работы следует указать, какая литература использовалась, год её издания, а также год издания методических указаний. Кроме того, должна быть личная подпись студента, выполнившего задание, дата выполнения.

Номера вопросов для первого и второго контрольных заданий берутся из таблиц, приложенных ниже, соответственно двум последним цифрам шифра. Предпоследняя цифра шифра находится в первой колонке по вертикали, а последняя – сверху по горизонтали. В точке пересечения этих двух колонок обозначены номера вопросов, на которые студент должен дать ответ. Например, при шифре 1027 берем две последние цифры – 27, по верти-

кали находим предпоследнюю цифру – 2, а по горизонтали – последнюю 7. В точке пересечения обозначены номера вопросов, на которые необходимо ответить, а именно: 10, 21, 28, 39, 50, 78, 84.

Вопросы к контрольной работе 1

1. Предмет, задачи и методы физиологии растений.
2. Сущность жизни и характерные свойства живого организма. Клетка как носитель жизни.
3. Клетка как элементарная структурная единица организма. Основные компоненты клетки.
4. Физиологическая роль основных клеточных органоидов.
5. Химический состав цитоплазмы растительной клетки. Коллоидные и физико-химические свойства цитоплазмы.
6. Структура и функции клеточных мембран.
7. Мембранные системы клетки. Понятие о биоэлектрическом потенциале.
8. Химический состав и строение клеточной стенки, её функциональное значение.
9. Нуклеиновые кислоты, их структура. Функциональные группы нуклеиновых кислот.
10. Физиологическая роль нуклеиновых кислот. ДНК как генетический материал клетки.
11. Аминокислоты, пептиды и белки, их свойства.
12. Структура и функции белков.
13. Состав и размеры белковых молекул.
14. Биосинтез белка, локализация этого процесса. Связь синтеза белка с дыханием.
15. Макроэргические соединения (сахарофосфаты, АТФ, УДФ и др.), их роль в метаболизме клетки.
16. Ферменты, их химическая природа и функциональное значение. Факторы, влияющие на активность ферментов.
17. Классификация ферментов. Ферменты класса гидролаз.
18. Свойства и механизм действия ферментов. Кофакторы ферментов.

19. Осмотические явления в клетке и их значение в жизни растения.
20. Осмотически активные вещества растительной клетки. Тургор, его потеря при плазмолизе и завядании.
21. Понятие об осмотическом давлении. Осмотическое давление разных клеток и тканей растения.
22. Растительная клетка как осмотическая система. Связь между осмотическим давлением и концентрацией клеточного сока.
23. Поглощение воды растительной клеткой. Сосущая сила клетки, её величина и физиологическое значение, понятие о водном потенциале клетки.
24. Физиологическая роль воды в растении, ее формы в клетке.
25. Поступление воды в растение. Верхние и нижние «двигатели» водного потока.
26. Корневое давление, его природа и обнаружение. Гуттация и плач растений. Состав пасоки.
27. Транспирация, её биологическое значение. Особенности верхнего «двигателя» водного потока.
28. Транспирация как физиологический процесс. Факторы, определяющие величину транспирации.
29. Интенсивность транспирации. Продуктивность транспирации, транспирационный коэффициент. Значение этих показателей в растениеводстве.
30. Механизмы устьичной регулировки транспирации.
31. Причины движения устьичных клеток. Фотоактивная, гидроактивная и гидропассивная реакция устьиц.
32. Передвижение воды по растению, понятие о восходящем потоке. Роль сил межмолекулярного сцепления воды.
33. Понятие об относительной транспирации. Интенсивность и продуктивность транспирации, средние значения этих показателей.
34. Структура и функции устьичного аппарата растений. Роль кутикулярной транспирации.
35. Действие недостатка воды на растение.
36. Нарушение водообмена, его причины и последствия.

37. Водный баланс растения. Водный дефицит, его виды. Влияние недостатка воды на фотосинтез и дыхание растений.
38. Условия, необходимые растению для нормального водообмена. Физиологические особенности засухоустойчивых растений.
39. Способы физиологического контроля водообеспеченности растений. Физиологические основы орошения.
40. Фотосинтез, его значение. Современные представления о сущности фотосинтеза.
41. Понятие об углеродном питании растений. Физиологическая сущность углеродного питания.
42. Источники углерода для растений. Усвоение CO_2 и лучистой энергии солнца при фотосинтезе. Лист как орган фотосинтеза.
43. Строение, химический состав и функциональное значение хлоропластов.
44. Хлорофилл, его свойства. Значение хлорофилла в жизни растений.
45. Фотосинтетическое возбуждение хлорофилла. Фотосинтез как окислительно-восстановительный процесс.
46. Оптические свойства хлорофилла. Понятие о флуоресценции. Фотосистемы I и II.
47. Роль света в процессе фотосинтеза. Спектры поглощения света хлорофиллом и каротиноидами. Понятие о реакционных центрах.
48. Каротиноиды, их физиологическая роль.
49. Световая стадия фотосинтеза, фотолиз воды.
50. Фотосинтетическое фосфорилирование, его сущность.
51. Темновая стадия фотосинтеза. Цикл М. Кальвина.
52. C_4 -путь фотосинтеза у растений.
53. Фотодыхание, его значение.
54. Величины, характеризующие процесс фотосинтеза.
55. Влияние внутренних и внешних факторов на фотосинтез.
56. Интенсивность и чистая продуктивность фотосинтеза, их определение.
57. Суточные и возрастные изменения фотосинтеза.

58. Выращивание растений при искусственном освещении. Условия наилучшего использования электрического света.
59. Фотосинтез и урожайность. Фотосинтез в посевах.
60. Значение дыхания в жизни растений.
61. Заслуги А. Н. Баха и В. И. Палладина в изучении химизма дыхания. Современное учение о химизме дыхания.
62. Анаэробная фаза дыхания (гликолиз).
63. Химизм аэробной фазы дыхания. Заслуга Г. Кребса.
64. Дыхание как совокупность последовательных окислительно-восстановительных процессов. Электронно-транспортная цепь (ЭТЦ) дыхания.
65. Энергетика дыхания. Понятие о физиологической эффективности дыхания.
66. Факторы, влияющие на интенсивность дыхания.
67. Аэробная фаза дыхания, её суть. Роль воды в окислении пировиноградной кислоты.
68. Связь дыхания и брожения. Пути окисления пировиноградной кислоты в растительных тканях.
69. Анаэробное дыхание. Промежуточные и конечные продукты анаэробного дыхания.
70. Пентозофосфатный цикл, его энергетический выход.
71. Механизм синтеза АТФ в митохондриях (хемиосмотическая теория П. Митчелла).
72. Суммарные уравнения химических превращений при аэробном и анаэробном дыхании. Интенсивность дыхания, методы её определения.
73. Ферменты, участвующие в процессе дыхания, их общая характеристика.
74. Понятие о дыхательной цепи.
75. Дегидрогеназы, их химическая природа и характер действия.
76. Оксидазы, их участие в аэробном дыхании.
77. Цитохромная система, её функциональное значение.
78. Дыхательный коэффициент при использовании различных субстратов (углеводов, жиров, органических кислот). Примеры

химических реакций. Понятие об энергетической эффективности дыхания.

79. Зависимость дыхания растительных тканей от температуры, влажности, газового состава воздуха и других факторов среды.

80. Чистая продуктивность фотосинтеза растений пшеницы перед колошением составила 6 г/м^2 сутки, листовой индекс равен 5. Рассчитать среднесуточный прирост сухой массы в посеве (кг/га).

81. Методом листовых половинок определена интенсивность фотосинтеза, она составила $2,5 \text{ г/м}^2 \cdot \text{ч}$; поверхность листьев растения – $3,2 \text{ м}^2$. Сколько органического вещества вырабатывает растение за 15 мин.?

82. За 20 мин. побег, листовая поверхность которого равна $2,4 \text{ дм}^2$, поглотил 16 мг CO_2 . Определить интенсивность фотосинтеза и ассимиляционный коэффициент, если содержание хлорофилла в листе 4 мг/дм^2 .

83. При определении чистой продуктивности растений кукурузы получены следующие данные: средняя масса сухого вещества растения в начале опыта составила $47,6 \text{ г}$, а площадь листьев – $0,25 \text{ м}^2$. Через 10 дней масса сухого вещества растения достигла $61,3 \text{ г}$, средняя площадь листьев – $0,348 \text{ м}^2$. Рассчитать чистую продуктивность фотосинтеза растений кукурузы.

84. В результате минеральной подкормки чистая продуктивность фотосинтеза растений картофеля увеличилась с $4,3 \text{ г/м}^2$ в сутки до $5,7 \text{ г/м}^2$ в сутки. На 1 га находится 57 тыс. растений, площадь листьев 1 растения равна $0,445 \text{ м}^2$. В клубнях откладывается 75% накопленных при фотосинтезе веществ. На сколько кг увеличится масса клубней за сутки на площади 1 га?

85. Интенсивность дыхания прорастающих семян пшеницы определяли по количеству выделенной углекислоты путем поглощения её раствором барита с последующим титрованием соляной кислотой. В опытную колбу налили 10 мл гидрата окиси бария, для исследования взяли навеску семян в 5 г с влажностью 50%. Опыт продолжался 2,5 часа. На титрование барита перед опытом пошло $10,7 \text{ мл}$ соляной кислоты, после опыта – $3,9 \text{ мл}$.

Определить интенсивность дыхания прорастающих семян пшеницы в мг CO_2 за 1 час на 1 г абсолютно сухих семян.

86. При определении дыхательного коэффициента в прорастающих семенах двух культур получены следующие данные: 1) поглощено 2,7 мл кислорода, выделено 0,9 мл углекислого газа; 2) поглощено 2,3 мл кислорода, выделено 1,9 мл углекислого газа. Определить в каком случае были семена пшеницы и семена подсолнечника. Объяснить, почему именно так.

87. Транспирационный коэффициент при выращивании пшеницы на юге равнялся 650. Рассчитать продуктивность транспирации. При выращивании пшеницы в северных районах продуктивность транспирации будет больше или меньше и почему?

88. При уборке масса сухого вещества растений составила 740 г. За время вегетации они израсходовали 407,5 кг воды. Рассчитать транспирационный коэффициент и продуктивность транспирации.

89. Рассчитать, сколько центнеров воды израсходует на транспирацию посев пшеницы площадью 10 га при урожае зерна в 20 ц/га (в расчете на сухое вещество). Соотношение зерна и соломы – 1:1,1, транспирационный коэффициент 450.

90. Растения ячменя израсходовали за вегетацию 520 ц воды. Транспирационный коэффициент 570; соотношение зерна и соломы – 1:0,7. Каков может быть урожай зерна с этих растений?

91. Рассчитать относительную транспирацию, если в течение часа с листа растения площадью $45,5 \text{ см}^2$ испарилось 0,32 г воды, а с чашки Петри (диаметр – 10 см) испарилось 1,8 г воды. Объяснить, почему эта величина меньше единицы. (Согласно закону Стефана испарение через малые отверстия идет интенсивнее).

92. Чему равен коэффициент водопотребления посева при урожайности 45 ц с 1 га и расходе за вегетационный период 320 мл воды (3200 т/га)?

93. При уборке пшеницы получен урожай зерна в 20 ц с 1 га (в расчете на сухое вещество). Соотношение зерна и соломы 1:1,1, транспирационный коэффициент 450. Рассчитать долю

(в %) транспирационного расхода влаги в суммарном водопотреблении ($4500 \text{ м}^3/\text{га}$).

94. Клеточный сок корневых волосков изотоничен раствору глюкозы концентрации $0,24 \text{ М}$. Определить в каких пределах меняется величина осмотического потенциала сока в течение суток при колебании температуры от $14 \text{ }^\circ\text{C}$ до $29 \text{ }^\circ\text{C}$ (в МПа).

95. Осмотический потенциал клеточного сока лука равен $-1,1 \text{ МПа}$. Срезы лука поместили в раствор хлористого натрия с концентрацией $0,3 \text{ М}$, изотонический коэффициент которого при температуре в лаборатории $25 \text{ }^\circ\text{C}$ равен $1,79$. Будет ли наблюдаться плазмолиз в клетках лука?

96. Клетки листьев кукурузы находятся в состоянии начального плазмолиза. Рассчитать величину сосущей силы клеток (водного потенциала клеток в МПа), если раствор клеточного сока изотоничен раствору $0,2 \text{ М}$ раствору глюкозы при температуре $25 \text{ }^\circ\text{C}$.

97. Клетки листьев пшеницы находятся в состоянии максимального тургора (выдержаны в воде). Рассчитать величину сосущей силы клеток, осмотического и тургорного давления (в МПа), если раствор клеточного сока изотоничен $0,5 \text{ М}$ раствору сахарозы при температуре $27 \text{ }^\circ\text{C}$.

98. Осмотический потенциал почвенного раствора - $0,9 \text{ МПа}$. Клеточный сок корневых волосков изотоничен $0,3 \text{ М}$ раствору хлористого натрия с изотоническим коэффициентом $1,79$ при температуре $25 \text{ }^\circ\text{C}$; потенциал давления клеток $0,1 \text{ МПа}$. Определить, будет ли вода поступать в клетки корня?

99. Клетка находится в состоянии полной потери тургора. Чему равен водный и гидростатический потенциалы этой клетки, если осмотический потенциал составляет - $0,8 \text{ МПа}$?

100. Указать направление движения воды в системе из двух клеток, если в 1-й клетке осмотический потенциал равен - $1,7 \text{ МПа}$, гидростатический потенциал составляет $0,8 \text{ МПа}$, а во 2-ой - соответственно - $1,4 \text{ МПа}$ и $0,4 \text{ МПа}$. Объяснить, по какой причине.

Вопросы к контрольной работе 2

1. Механизм поглощения питательных веществ корнями растений.
2. Необходимые растению макроэлементы, их усвояемые формы.
3. Физиологическая роль фосфора, серы, кремния, признаки недостатка этих элементов в растении.
4. Физиологическая роль калия, кальция, магния, железа, симптомы «голодания» при недостатке в растениях этих элементов.
5. Необходимые растению микроэлементы, их усвояемые формы.
6. Физиологическая роль микроэлементов марганца, молибдена, кобальта, признаки недостаточности этих элементов в растении.
7. Физиологическая роль меди, цинка, бора, признаки недостаточности этих элементов в растении.
8. Источники азота для растений, превращение азота в почве.
9. Превращение азотистых веществ в растениях.
10. Нитратная и аммиачная формы азота, их поступление и превращение в растениях.
11. Физиологическая роль азота, признаки недостатка этого элемента в растениях.
12. Особенности азотного питания бобовых растений.
13. Круговорот элементов минерального питания в растении, их реутилизация.
14. Роль корня в биосинтезах. Связь биосинтеза аминокислот и белков с дыханием растений.
15. Антагонизм ионов и физиологически уравновешенные растворы. Физиологически кислые, щелочные и нейтральные соли.
16. Физиологические нарушения при недостатке отдельных элементов минерального питания.
17. Диагностика минерального питания растений, признаки недостаточности различных элементов питания в растениях.

18. Физиологические основы применения удобрений.
19. Конституционные и запасные вещества в растении.
20. Транспортные и запасные формы углеводов.
21. Углеводный обмен при прорастании семян. Превращение углеводов при формировании семян и плодов.
22. Транспортные формы азота в растении. Накопление белков в зерновке злаковых культур в процессе созревания.
23. Биосинтез жиров. Роль липаз. Обмен жиров в процессе хранения семян.
24. Качество растительных масел в зависимости от факторов внешней среды. Превращение веществ при созревании семян масличных культур.
25. Важнейшие витамины в растениях.
26. Физиологическая роль витаминов в жизни растений.
27. Передвижение органических веществ в растении как сложный физиологический процесс.
28. Физиологическая роль веществ вторичного происхождения (эфирных масел, гликозидов, дубильных веществ, алкалоидов, сапонинов).
29. Изменение химического состава сельскохозяйственных растений под влиянием почвенно-климатических условий.
30. Понятие о росте и развитии. Принципы регуляции роста и развития.
31. Факторы среды, влияющие на рост и развитие растений.
32. Фитогормоны и их физиологическая роль.
33. Локализация и распределение по органам фитогормонов.
34. Особенности действия фитогормонов на рост тканей и органов.
35. Особенности действия фитогормонов на формирование семян и плодов.
36. Применение ауксина и его синтетических аналогов.
37. Применение гиббереллина и цитокининов.
38. Ингибиторы роста, их физиологическая роль и применение в практике.

39. Ретарданты, их действие на растение. Возможности практического использования ретардантов.
40. Зависимость роста от внутренних факторов (наследственные особенности, полиплоидия, гетерозис, возрастное состояние).
41. Влияние температуры на рост и развитие растений. Температурные оптимумы.
42. Яровизация, её суть и значение.
43. Свет как фактор, регулирующий рост и развитие растений.
44. Фотопериодизм, его суть и значение.
45. Фитохромная система растений.
46. Теория циклического старения и омоложения растений.
47. Гормональная теория развития растений.
48. Молекулярная теория индивидуального развития растений.
49. Основные этапы органогенеза растений.
50. Способы управления ростом растений (хирургические, химические и др.).
51. Движения органов растений. Механизмы движений (ростовые, тургорные).
52. Тропизмы, их природа. Виды тропизмов.
53. Настические движения, их физиологическая роль.
54. Физиологическая сущность покоя растений.
55. Отличительные признаки покоящихся растений. Причины покоя семян.
56. Глубокий покой у растений. Способы нарушения и продления глубокого покоя.
57. Физиологические особенности растений в период вынужденного покоя.
58. Типы роста у растений.
59. Культура изолированных тканей.
60. Особенности обмена веществ в прорастающих семенах.
61. Дыхание как основной энергетический процесс в прорастающих семенах.
62. Влияние внутренних и внешних условий на процесс прорастания семян.
63. Физиология формирования плодов.

64. Созревание сочных плодов. Особенности превращения веществ в сочных плодах.
65. Способы ускорения созревания плодов.
66. Созревание клубнеплодов и корнеплодов.
67. Партенокарпия, её причины. Искусственная партенокарпия.
68. Послеуборочное дозревание плодов, суть биохимических превращений.
69. Послеуборочное дозревание семян. Способы регулирования дыхания при хранении семян.
70. Физиология накопления белков и запасных углеводов в зерне злаковых культур.
71. Физиология накопления белков и запасных углеводов в зерне бобовых культур.
72. Ритмичность и периодичность жизнедеятельности растений.
73. Критические периоды воздействия стрессовых ситуаций на растение и пути снижения этого воздействия.
74. Возможность приспособления растений к неблагоприятным условиям (закаливание растений).
75. Приспособление растений к низким положительным температурам. Холодоустойчивость растений.
76. Физиолого-биохимические изменения у теплолюбивых растений, вызываемые действием пониженных температур.
77. Способы повышения холодоустойчивости растений.
78. Условия и причины вымерзания растений. Морозоустойчивость растений.
79. Физиологические основы закаливания растений, повышающего их устойчивость к действию низких температур.
80. Процессы, происходящие при замерзании растительных тканей. Способы повышения морозоустойчивости.
81. Выпревание, вымокание, гибель под ледяной коркой, выпирание, повреждение растений от зимней засухи.
82. Понятие о зимостойкости растений. Способы повышения зимостойкости.
83. Меры предупреждения гибели озимых хлебов.
84. Теория закаливания растений (по И. И. Туманову).

85. Влияние на растение избытка влаги.
86. Полегание растений и его причины.
87. Способы предупреждения полегания растений.
88. Изменения в обмене веществ растений при действии максимальных температур. Жароустойчивость растений.
89. Изменение физиологических и биохимических процессов у растений при засухе.
90. Совместное действие недостатка влаги и высокой температуры на растение. Засухоустойчивость растений.
91. Физиологические особенности засухоустойчивых сельскохозяйственных растений.
92. Пути повышения засухоустойчивости культурных растений.
93. Орошение как радикальное средство борьбы с засухой.
94. Влияние засоления на растения.
95. Солеустойчивость растений. Типы галофитов.
96. Солеустойчивость культурных растений. Возможности повышения солеустойчивости.
97. Устойчивость растений против вредных газообразных выделений промышленности и транспорта.
98. Накопление токсических веществ в продуктах растениеводства.
99. Особенности физиологических процессов у больного растения.
100. Аллелопатия у растений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

а) Основная:

1. Медведев, С. С. Физиология растений [Текст] : учебник для вузов / С. С. Медведев. – СПб. : БХВ-Петербург, 2012. – 495 с.
2. Физиология растений [Текст] : учебник для вузов / Н. Н. Третьяков, Е. И. Кошкин, Н. Н. Новиков и [др.] – М. : Колос, 2003. – 640 с.
3. Кузнецов, В. В. Физиология растений [Текст] : учебник для вузов / В. В. Кузнецов, Г. А. Дмитриева. – М. : Высшая школа 2006. – 742 с.
4. Алехина Н. Д. Физиология растений [Текст] : учебник для вузов / Н. Д. Алехина, Ю. В. Балнокин, В. Ф. Гавриленко. – М. : Академия, 2005, – 640 с.
5. Якушкина, Н. И. Физиология растений [Текст] : учебник для вузов / Н. И. Якушкина, Е. Ю. Бахтенко. – М. : ВЛАДОС, 2005. – 463 с.
6. Ботаника Т. 2 [Текст] / Э. Страсбургер и [др.]. – М. : Академия, 2008. – 496 с.

б) Дополнительная:

1. Нобел, П. Физиология растительной клетки [Текст] / П. Нобел. – М : Мир, 1972.
2. Либберт, Э. Физиология растений [Текст] : учебник для вузов / Э. Либберт, С. И. Лебедев. – М. : Мир, 1976.
3. Кретович, В. Л. Биохимия растений [Текст] : учебник для вузов / В. Л. Кретович. – М. : Высшая школа, 1981.
4. Плешков Б. П. Биохимия сельскохозяйственных растений [Текст] : учебник для вузов / Б. П. Плешков. – М. : Колос, 1987. – 495 с.
5. Лебедев С. И. Физиология растений [Текст] : учебник для вузов / С. И. Лебедев. – М. : Агропромиздат, 1988. – 544 с.
6. Полевой Б. В. Физиология растений [Текст] : учебник для ву-

- зов / Б. В. Полевой. – М. : Высшая школа. 1989. – 464 с.
7. Практикум по физиологии растений [Текст] / под ред. Н. Н. Третьякова. – М. : Агропромиздат, 1990. – 256 с.

Учебно-методическая

1. Физиология растений и задания для контрольных работ [Текст] : метод. указания / сост. Ю. П. Федулов, В. В. Котляров, К. А. Доценко, А. Я. Барчукова, Я. К. Тосунов, Л. А. Оберюхтина, Ю. В. Подушин. – Краснодар. : КубГАУ, 2013.
2. Фотосинтез [Текст] : метод. указания / сост. Ю. П. Федулов, В. В. Котляров, К. А. Доценко, А. Я. Барчукова, Я. К. Тосунов, Ю. В. Подушин, Л. А. Оберюхтина. – Краснодар. : КубГАУ, 2013.
3. Биохимия растений [Текст] : метод. указания / сост. Ю. П. Федулов, В. В. Котляров, К. А. Доценко, Я. К. Тосунов. – Краснодар. : КубГАУ, 2013.
4. Проведение летней учебной практики по физиологии растений (бакалавриат) [Текст] : метод. указания / сост. Ю. П. Федулов, В. В. Котляров, К. А. Доценко, Я. К. Тосунов. – Краснодар. : КубГАУ, 2013.
5. Дыхание растений для бакалавров агробиологических специальностей [Текст] : метод. указания / сост. Ю. П. Федулов, В. В. Котляров, К. А. Доценко, А. Я. Барчукова, Я. К. Тосунов, Ю. В. Подушин, Л. А. Оберюхтина. – Краснодар. : КубГАУ, 2013.
6. Рост и развитие растений [Текст] : учеб. Пособие / сост. Ю. П. Федулов, В. В. Котляров, К. А. Доценко, А. Я. Барчукова, Я. К. Тосунов, Ю. В. Подушин. – Краснодар. : КубГАУ, 2013.

Приложение

Таблица 1 – Номера вопросов к контрольной работе 1

Последняя цифра шифра	Предпоследняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	3, 7, 20, 29, 40, 67, 80	4, 10, 19, 37, 51, 72, 90	5, 17, 29, 43, 57, 71, 99	1, 13, 22, 30, 49, 63, 86	14, 26, 39, 44, 55, 63, 95	7, 15, 28, 53, 60, 73, 84	6, 21, 24, 46, 58, 68, 93	2, 18, 38, 40, 52, 70, 99	12, 23, 34, 43, 55, 65, 87	9, 29, 40, 53, 66, 70, 95
1	2, 12, 21, 36, 49, 62, 81	3, 13, 27, 39, 48, 65, 91	3, 16, 30, 44, 58, 67, 100	6, 21, 31, 41, 53, 73, 87	15, 27, 49, 58, 60, 76, 96	8, 14, 25, 46, 50, 71, 85	7, 17, 29, 40, 50, 62, 94	3, 17, 25, 41, 54, 63, 100	13, 22, 24, 44, 52, 71, 88	10, 34, 41, 59, 62, 67, 76, 96
2	1, 14, 23, 34, 52, 68, 82	5, 18, 20, 31, 50, 75, 92	4, 14, 22, 27, 48, 64, 80	3, 20, 25, 43, 54, 74, 88	16, 28, 34, 50, 54, 65, 97	9, 19, 27, 43, 54, 70, 86	8, 16, 25, 41, 54, 65, 95	4, 16, 29, 51, 66, 72, 80	14, 21, 31, 45, 59, 72, 89	11, 32, 37, 52, 69, 73, 97
3	4, 17, 33, 44, 57, 70, 83	2, 12, 21, 32, 49, 79, 93	6, 15, 23, 36, 46, 68, 81	7, 19, 26, 42, 59, 64, 89	17, 30, 37, 40, 57, 67, 98	10, 20, 31, 47, 59, 67, 87	9, 26, 33, 51, 61, 74, 95	5, 19, 27, 47, 60, 75, 81	3, 18, 28, 40, 51, 63, 90	12, 24, 42, 58, 65, 78, 98
4	5, 15, 19, 30, 53, 71, 84	6, 14, 24, 35, 51, 77, 4	7, 20, 33, 52, 69, 76, 2	8, 18, 32, 44, 58, 68, 89	2, 29, 39, 42, 58, 75, 94	11, 21, 34, 40, 56, 64, 84	10, 28, 39, 42, 57, 67, 96	6, 23, 26, 49, 61, 73, 2	1, 14, 37, 46, 57, 68, 1	13, 27, 44, 51, 64, 79, 9
5	6, 13, 22, 38, 50, 69, 85	7, 15, 25, 34, 54, 60, 95	8, 24, 31, 55, 65, 75, 82	9, 23, 37, 45, 56, 69, 90	4, 32, 41, 55, 62, 77, 100	12, 23, 32, 41, 57, 71, 88	11, 30, 38, 43, 56, 63, 96	7, 20, 31, 50, 64, 79, 83	4, 17, 30, 47, 56, 67, 92	16, 31, 45, 54, 63, 71, 100
6	8, 16, 24, 41, 56, 63, 86	8, 16, 26, 40, 55, 62, 96	9, 19, 32, 45, 62, 73, 83	10, 22, 25, 46, 56, 70, 91	3, 19, 33, 51, 61, 79, 80	13, 22, 35, 42, 49, 65, 89	12, 31, 37, 47, 58, 71, 97	8, 15, 28, 48, 66, 73, 84	5, 20, 25, 48, 54, 64, 93	3, 19, 36, 43, 55, 67, 80
7	9, 25, 42, 54, 60, 73, 87	9, 17, 27, 53, 61, 76, 97	10, 21, 28, 39, 50, 78, 84	11, 21, 31, 47, 57, 72, 92	5, 16, 24, 38, 45, 64, 81	2, 18, 37, 44, 52, 67, 90	13, 32, 44, 55, 60, 68, 97	9, 21, 29, 49, 62, 74, 85	6, 27, 38, 50, 58, 68, 93	4, 23, 29, 50, 60, 71, 81
8	10, 26, 43, 59, 61, 78, 88	11, 18, 28, 41, 56, 63, 97	11, 27, 34, 40, 59, 67, 85	12, 20, 34, 48, 52, 74, 93	6, 17, 23, 33, 47, 68, 82	3, 19, 39, 43, 51, 69, 91	14, 33, 45, 57, 62, 72, 98	10, 22, 30, 53, 57, 67, 85	7, 24, 33, 49, 60, 77, 94	6, 22, 30, 46, 77, 75, 81
9	11, 23, 45, 52, 64, 89, 70	2, 18, 28, 42, 59, 65, 98	12, 23, 29, 38, 51, 71, 85	13, 24, 38, 53, 59, 78, 94	4, 18, 22, 30, 52, 70, 83	4, 20, 27, 45, 55, 73, 92	15, 34, 45, 64, 72, 98	11, 32, 39, 42, 56, 70, 86	8, 26, 33, 47, 61, 72, 94	14, 21, 34, 53, 68, 74, 82

Таблица 2 – Номера вопросов контрольной работы 2

ПОСЛЕД- НЯЯ ЦИФРА ШИФРА	ПРЕДПОСЛЕДНЯЯ ЦИФРА ШИФРА									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1, 15, 26, 44, 59, 99, 100	11, 20, 39, 49, 70, 78, 100	7, 25, 38, 53, 68, 77, 94	8, 23, 40, 53, 61, 72, 85	3, 14, 28, 34, 58, 67, 80	16, 23, 44, 51, 63, 74, 89	8, 26, 44, 58, 61, 76, 86	7, 22, 33, 46, 71, 75, 86	5, 12, 20, 39, 48, 68, 90	4, 14, 20, 44, 53, 68, 80
1	3, 18, 29, 43, 63, 76, 100	13, 21, 40, 51, 59, 61, 83	8, 26, 39, 54, 67, 80, 88	7, 22, 39, 59, 62, 73, 82	4, 18, 22, 38, 57, 65, 84	15, 22, 48, 58, 64, 86, 96	9, 28, 46, 52, 63, 74, 89	8, 18, 20, 36, 47, 60, 76	6, 14, 21, 47, 55, 70, 79	5, 15, 21, 52, 59, 67, 98
2	4, 20, 30, 57, 61, 72, 91	14, 23, 41, 55, 60, 72, 81	9, 20, 35, 42, 71, 81, 98	9, 26, 35, 42, 68, 79, 99	5, 12, 25, 45, 52, 68, 91	2, 13, 27, 30, 46, 65, 87	10, 29, 48, 57, 63, 72, 78	9, 21, 38, 55, 61, 74, 98	7, 22, 32, 49, 71, 81, 94	6, 13, 23, 34, 54, 68, 81
3	5, 21, 32, 56, 60, 71, 96	16, 27, 46, 52, 63, 73, 79	10, 21, 40, 57, 69, 78, 97	12, 18, 20, 50, 56, 69, 78	6, 13, 24, 39, 55, 69, 82	1, 17, 32, 49, 66, 73, 80	11, 20, 49, 59, 64, 83, 100	10, 23, 39, 54, 62, 77, 84	8, 16, 24, 34, 57, 72, 99	7, 22, 47, 53, 69, 77, 91
4	2, 22, 31, 53, 62, 75, 98	1, 18, 28, 44, 58, 71, 86	11, 29, 41, 55, 70, 83, 92	14, 25, 41, 48, 60, 74, 94	7, 22, 30, 52, 60, 72, 95	2, 18, 20, 34, 57, 67, 75	1, 16, 21, 31, 53, 65, 94	11, 24, 40, 57, 63, 79, 99	9, 25, 33, 56, 60, 73, 95	8, 24, 32, 48, 70, 77, 99
5	6, 23, 33, 48, 65, 73, 97	2, 14, 27, 30, 56, 70, 82	1, 16, 28, 30, 52, 67, 86	10, 24, 31, 44, 63, 77, 98	8, 17, 29, 51, 59, 70, 81	3, 14, 21, 36, 56, 68, 82	2, 14, 23, 51, 59, 66, 96	12, 17, 25, 41, 56, 64, 100	10, 26, 36, 44, 61, 75, 100	10, 25, 39, 54, 71, 82, 87
6	7, 24, 34, 47, 66, 74, 87	3, 17, 32, 47, 64, 75, 99	4, 12, 32, 49, 66, 83, 87	11, 26, 33, 54, 66, 78, 95	9, 26, 35, 47, 71, 76, 94	4, 13, 23, 38, 45, 69, 95	3, 15, 24, 30, 54, 67, 98	1, 17, 26, 50, 59, 65, 80	11, 28, 38, 45, 62, 76, 86	11, 26, 40, 56, 72, 83, 98
7	8, 25, 35, 45, 67, 77, 95	4, 22, 31, 48, 62, 74, 95	3, 27, 34, 47, 65, 76, 100	16, 29, 40, 49, 64, 75, 86	10, 20, 36, 49, 60, 72, 79	5, 15, 24, 39, 47, 70, 87	4, 22, 32, 45, 68, 73, 84	2, 18, 28, 43, 52, 66, 82	1, 16, 29, 46, 53, 63, 78	9, 17, 29, 42, 53, 64, 96
8	9, 28, 36, 54, 68, 79, 89	5, 15, 24, 34, 45, 65, 84	6, 25, 36, 54, 64, 73, 88	1, 17, 21, 32, 45, 61, 81	11, 21, 42, 53, 61, 77, 94	6, 13, 25, 40, 55, 71, 81	5, 13, 25, 33, 49, 69, 77	3, 13, 28, 51, 58, 69, 78	2, 18, 23, 42, 50, 64, 79	1, 13, 21, 30, 47, 67, 76
9	10, 29, 38, 42, 69, 80, 94	6, 24, 36, 55, 66, 76, 90	5, 24, 38, 46, 63, 75, 87	2, 15, 23, 33, 48, 62, 83	12, 17, 28, 43, 56, 62, 83	7, 22, 42, 51, 60, 72, 80	6, 12, 26, 35, 48, 70, 98	4, 15, 29, 40, 44, 67, 84	3, 12, 29, 51, 59, 65, 84	6, 14, 21, 48, 58, 70, 80

ОГЛАВЛЕНИЕ

1 МЕТОДИКА ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	3
2 МЕТОДИКА ИЗУЧЕНИЯ ТЕМ И РАЗДЕЛОВ КУРСА.....	4
Тема 1. Физиология и биохимия растительной клетки	5
Тема 2. Водный обмен растений	7
Тема 3. Фотосинтез и продуктивность растений	15
Тема 4. Дыхание растений	20
Тема 5. Минеральное питание растений	24
Тема 6. Рост и развитие растений	26
Тема 7. Физиологические основы устойчивости растений.....	29
3 ВЫПОЛНЕНИЕ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ	31
Вопросы к контрольной работе 1	32
Вопросы к контрольной работе 2	39
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	44
ПРИЛОЖЕНИЕ	46

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Методические рекомендации

Составители: **Федулов** Юрий Петрович, **Котляров** Владимир Владиславович, **Доценко** Клавдия Александровна и др.

Подписано в печать 23.03.2017. Формат 60 × 84 1 × 2 /16. × 2.
Усл. печ. л. – 2,9. Уч.-изд. л. – 2,3. Тираж 100 экз. Заказ №

Типография Кубанского государственного аграрного университета.
350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13