

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
ФГБОУ ВО Иркутский государственный аграрный университет
имени А.А. Ежевского

Кафедра Агроэкологии и химии

Питание растений

и

качество урожая

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Молодежный 2021

УДК 631.811(072) + 631.559(072)

П 352

Рассмотрено и рекомендовано к изданию методической комиссией агрономического факультета Иркутского ГАУ имени А.А. Ежевского (протокол № 8 от 13.04.2021 г.)

Составитель: Клименко Н.Н.

Рецензент: доцент кафедры земледелия и растениеводства, к.с.х.н. Т.В. Амакова

Питание растений и качество урожая : учебно-методические указания / Иркут. гос. аграр. ун-т им. А. А. Ежевского ; сост. Н. Н. Клименко. – Молодежный : Изд-во ИрГАУ, 2021. – 51 с. – Текст : электронный.

Учебно-методические указания предназначены для выполнения контрольных работ бакалаврами очного и заочного обучения агрономического факультета, направления подготовки 35.03.03 Агрохимия и агропочвоведение.

© Клименко Н.Н., 2021

©ИрГАУ имени А.А. Ежевского, 2021

Содержание

Введение	4
1 Состав растений	6
2 Функции элементов минерального питания	13
3 Вынос питательных веществ с урожаем сельскохозяйственных культур	20
4 Воздушное питание	21
5 Корневое питание	22
6 Избирательное поглощение ионов растениями. Физиологическая реакция солей	27
7 Влияние условий внешней среды и микроорганизмов на поглощение питательных веществ растениями	28
8 Отношение растений к условиям питания в разные периоды роста	30
9 Требования к оформлению контрольной работы	34
9.1 Требования к структуре контрольной работы	34
9.2 Требования к оформлению контрольной работы	34
10 Номера заданий согласно шифру	36
11 Теоретические задания (вопросы) контрольной работы	38
12 Тестовое задание	38
Рекомендуемая литература	51

подавляющее большинство продукции сельского хозяйства человек использует как продукты питания, поэтому высокое их качество. Для большего количества сельскохозяйственных культур, особенностей их питания невозможно установление обобщенных показателей для характеристики качества полученной продукции. Для одних культур большое значение имеет содержание сухого вещества и зольных элементов, для других - содержание белков, сахаров, кислот, витаминов и т.д.

Так, в зависимости от условий выращивания и сортовых особенностей содержание белка в пшенице может изменяться от 9 до 25%, крахмала в картофеле - от 8 до 29, сахара в сахарной свекле - от 12 до 22%. Кроме того, количество жира в семенах масличных культур, сахаров и витаминов в плодах и овощах может меняться в 1,5-2 раза. Условия окружающей среды (почва, температура и влажность воздуха и почвы, освещенность и т.д.) влияют на интенсивность процессов, которые происходят в растениях. Качество продукции существенно зависит от условий питания растений, прежде всего от применения удобрений.

Больше всего влияют на качество растительной продукции разнонаправленные процессы - биосинтез белков и других азотных соединений, биосинтез углеводов или жиров. При усиленном биосинтезе белков уменьшается синтез углеводов или жиров, и наоборот.

Цель освоения дисциплины:

- формирование практических навыков составления системы удобрения в севооборотах, выбора способов использования удобрений, минеральных и органических удобрений в различных почвенно-климатических условиях, в зависимости от биологических особенностей сельскохозяйственных культур, действия удобрений на урожай и качество продукции, экологическими аспектами применения удобрений и мелиорантов.

Основные задачи освоения дисциплины:

- изучение свойств минеральных и органических удобрений, химических мелиорантов, а также влияния удобрений на урожай сельскохозяйственных культур и качество продукции;

- овладеть научными основами рационального применения минеральных, органических удобрений и мелиорантов в агроценозах;

- разработка и реализация современных интенсивных, экологически безопасных, ресурсосберегающих технологий возделывания сельскохозяйственных культур, адаптированных к разнообразным почвенно-

климатическим и технологическим условиям.

1. Состав растений

В состав растений входит вода и так называемое сухое вещество, представленное органическими и минеральными соединениями. Соотношение между количеством воды и сухого вещества в растениях, их органах и тканях изменяется в широких пределах. Так, содержание сухого вещества в плодах огурцов, бахчевых культур может составлять до 5% общей их массы, в кочанах капусты, корнях редиса и турнепса – 7-10, корнеплодах столовой свеклы, моркови и луковицах лука – 10-15, в вегетативных органах большинства полевых культур – 15-25, корнеплодах сахарной свеклы и клубнях картофеля – 20-25, в зерне хлебных злаков и бобовых культур – 85-90, семенах масличных культур – 90-95%.

Вода. В тканях растущих вегетативных органов растений содержание воды колеблется от 70 до 95%, а в запасающих тканях семян и в клетках механических тканей — от 5 до 15%. По мере старения растений общий запас и относительное содержание воды в тканях, особенно репродуктивных органов, снижается.

Функции воды в растениях обусловлены присущими ей физическими и химическими свойствами. Она обладает высокой удельной теплоемкостью и благодаря способности испаряться при любой температуре предохраняет растения от перегрева. Вода — прекрасный растворитель для многих соединений, в водной среде происходит электролитическая диссоциация этих соединений и усвоение растениями ионов, содержащих необходимые элементы минерального питания. Высокое поверхностное натяжение воды определяет ее роль в процессах поглощения и передвижения минеральных и органических соединений. Полярные свойства и структурная упорядоченность молекул воды обуславливают гидратацию ионов и молекул низко- и высокомолекулярных соединений в клетках растений.

Вода является не просто наполнителем растительных клеток, но и неотделимой частью их структуры. Оводненность клеток тканей растений обуславливает их тургор (давление жидкости внутри клетки на ее оболочку), является важным фактором интенсивности и направленности разнообразных физиологических и биохимических процессов. При непосредственном участии воды происходит огромное число биохимических реакций синтеза и распада органических соединений в растительных организмах. Особое значение вода имеет в энергетических преобразованиях в растениях, прежде всего в аккумуляции солнечной энергии в виде химических соединений при фотосинтезе. Вода обладает способностью пропускать лучи видимой и близкой к ней ультрафиолетовой части света, необходимой для фотосинтеза, но задерживает определенную часть инфракрасной тепловой радиации.

Содержание воды в растениях зависит от вида и возраста растений,

условий водоснабжения, транспирации и в определенной степени от условий минерального питания. Влагообеспеченность наряду с другими факторами внешней среды оказывает значительное влияние на величину, качество урожая сельскохозяйственных культур и эффективность удобрений.

Сухое вещество. Сухое вещество растений на 90-95% представлено органическими соединениями — белками и другими азотистыми веществами, углеводами (сахарами, крахмалом, клетчаткой, пектиновыми веществами), жирами, содержание которых определяет качество урожая.

Сбор сухого вещества с товарной частью урожая основных сельскохозяйственных культур может колебаться в очень широких пределах — от 15 до 100 ц и более с 1 га.

Белки и другие азотистые соединения. Белки — основа жизни организмов — играют решающую роль во всех процессах обмена веществ. Белки выполняют структурные и каталитические функции, являются также одним из основных запасных веществ растений. Содержание белков в вегетативных органах растений обычно составляет 5-20% их массы, в семенах хлебных злаков — 6-20%, а в семенах бобовых и масличных культур — 20-35%.

Белки имеют следующий довольно стабильный элементарный состав (в %): углерод — 51-55, кислород — 21-24, азот — 15-18, водород — 6,5-7, сера — 0,3-1,5.

Растительные белки построены из 20 аминокислот и двух амидов. Особое значение имеет содержание в белках растений, так называемых незаменимых аминокислот (валина, лейцина и изолейцина, треонина, метионина, гистидина, лизина, триптофана и фенилаланина), которые не могут синтезироваться в организме человека и животных. Эти аминокислоты люди и животные получают только с растительными пищевыми продуктами и кормами.

Белки различных сельскохозяйственных культур неравноценны по аминокислотному составу, растворимости и переваримости. Поэтому качество растениеводческой продукции оценивается не только по содержанию, но и по усвояемости, полноценности белков на основе изучения их фракционного и аминокислотного состава.

В составе белков находится подавляющая доля азота семян (не менее 90% общего количества в них азота) и вегетативных органов большинства растений (75-90%). В тоже время в клубнях картофеля, корнеплодах и листовых овощах до половины общего количества азота приходится на долю азотистых небелковых соединений. Они представлены в растениях минеральными соединениями (нитраты, аммоний) и органическими (среди

которых преобладают свободные аминокислоты и амиды, хорошо усваиваемые в организмах животных и человека). Небольшая часть небелковых органических соединений в растениях представлена пептидами (построенными из ограниченного количества остатков аминокислот и поэтому в отличие от белков имеющими низкую молекулярную массу), а также пуриновыми и пиримидиновыми основаниями (входящими в состав нуклеиновых кислот).

Для оценки качества растениеводческой продукции часто пользуются показателем «сырой протеин», которым выражают сумму всех азотистых соединений (белка и небелковых соединений). Рассчитывают «сырой протеин» путем умножения процентного содержания общего азота в растениях на коэффициент 6,25 (получаемый исходя из среднего (16%) содержания азота в составе белка и небелковых соединений).

Качество зерна пшеницы оценивается по содержанию сырой клейковины, количество и свойства которой определяют хлебопекарные свойства муки. Сырая клейковина — это белковый сгусток, остающийся при отмывании водой теста, замешанного из муки. Сырая клейковина содержит примерно $\frac{2}{3}$ воды и $\frac{1}{3}$ сухих веществ, представленных прежде всего труднорастворимыми (спирто- и щелочерастворимыми) белками. Клейковина обладает эластичностью, упругостью и связанностью, от которых зависит качество выпекаемых из муки изделий. Между содержанием «сырого протеина» в зерне пшеницы и «сырой клейковины» существует определенная коррелятивная зависимость. Количество сырой клейковины можно рассчитать путем умножения процентного содержания сырого протеина в зерне на коэффициент 2,12.

Углеводы. Углеводы в растениях представлены сахарами (моносахарами и олигосахаридами, содержащими 2-3 остатка моносахаров) и полисахаридами (крахмалом, клетчаткой, пектиновыми веществами).

Сахара содержатся в небольших количествах во всех сельскохозяйственных растениях, а в корнеплодах и отдельных органах овощных культур, плодах винограда, ягодах и фруктах могут накапливаться в качестве запасных веществ. Преобладающими моносахаридами в большинстве растений являются глюкоза и фруктоза, а олигосахаридами — дисахарид сахароза.

Сладкий вкус многих плодов и ягод связан с содержанием в них глюкозы и фруктозы. Глюкоза в значительных количествах (8-15%) содержится в ягодах винограда, откуда и получила название «виноградный сахар», и составляет до половины общего количества сахаров в плодах и ягодах. Фруктоза, или «плодовый сахар», накапливается в больших

количествах в косточковых плодах (6-10%) и содержится в меде. Она слаще глюкозы и сахарозы. В корнеплодах доля моносахаридов среди Сахаров невелика (до 1% общего их содержания).

Сахароза — дисахарид, построенный из глюкозы и фруктозы. Сахароза является основным запасным углеводом в корнях сахарной свеклы (14-22%) и в соке стеблей сахарного тростника (11-25%). Целью выращивания этих растений и является получение сырья для производства сахара, используемого в питании людей. В небольших количествах находится во всех растениях, более высоким ее содержанием (4-8%) отличаются плоды и ягоды, а также морковь, столовая свекла и лук.

Крахмал в небольших количествах содержится во всех зеленых органах растений, но в качестве основного запасного углевода накапливается в клубнях, луковицах и семенах. В клубнях картофеля ранних сортов содержание крахмала 10-14%, средне- и позднеспелых — 16-22%. В расчете на сухую массу клубней это составляет 70-80%. Примерно такое же относительное содержание крахмала в семенах риса и пивоваренного ячменя. В зерне других хлебных злаков крахмала обычно 55-70%. Между содержанием белка и крахмала в растениях существует обратная зависимость. В богатых белками семенах зернобобовых культур крахмала меньше, чем в семенах злаков; еще меньше крахмала в семенах масличных культур.

Крахмал — легко усвояемый организмом людей и животных углеводов. При ферментативном (под действием ферментов амилаз) и кислотном гидролизе распадается до глюкозы.

Клетчатка, или целлюлоза — основной компонент клеточных стенок (в растениях она связана с лигнином, пектиновыми веществами и другими соединениями). Волокно хлопчатника на 95-98%, лубяные волокна льна, конопли, джута на 80-90% представлены клетчаткой. В семенах пленчатых злаков (овса, риса, проса) клетчатки содержится 10-15%, а в неимеющих пленок семенах хлебных злаков — 2-3%, в семенах зернобобовых культур — 3-5%, в корнеплодах и клубнях картофеля — около 1 %. В вегетативных органах растений содержание клетчатки составляет от 25 до 40% на сухую массу.

Клетчатка — высокомолекулярный полисахарид из неразветвленной цепи глюкозных остатков. Ее усвояемость значительно хуже, чем крахмала, хотя при полном гидролизе клетчатки образуется также глюкоза.

Пектиновые вещества — высокомолекулярные полисахариды, содержащиеся в плодах, корнеплодах и растительных волокнах. В волокнистых растениях они скрепляют между собой отдельные пучки

волокон. Свойство пектиновых веществ образовывать желе или студни используется в кондитерской промышленности. В основе строения этих полисахаридов лежит цепь из остатков полигалактуроновой кислоты с метильными группировками.

Жиры и жироподобные вещества (липиды) являются структурными компонентами цитоплазмы растительных клеток, а у масличных культур выполняют роль запасных соединений. Количество структурных липидов обычно небольшое — 0,5-1% сырой массы растений, но они выполняют в растительных клетках важные функции, в том числе по регуляции проницаемости мембран. Семена масличных культур и сои используют для получения растительных жиров, называемых маслами.

Среднее содержание жира в семенах важнейших масличных культур и сои следующее (в %): клещевина — до 60; кунжут, мак, маслина — 45-50; подсолнечник — 24-50; лен, конопля, горчица — 30-35; хлопчатник — 25; соя — 20.

По химическому строению жиры — смесь сложных эфиров трехатомного спирта глицерина и высокомолекулярных жирных кислот. В растительных жирах ненасыщенные кислоты представлены олеиновой, линолевой и линоленовой кислотами, а насыщенные — пальмитиновой и стеариновой кислотами. Состав жирных кислот в растительных маслах определяет их свойства — консистенцию, температуру плавления и способность к высыханию, прогорканию, омылению, а также их пищевую ценность. Линолевая и линоленовая жирные кислоты содержатся только в растительных маслах и являются «незаменимыми» для человека, так как не могут синтезироваться в его организме. Жиры являются наиболее энергетически выгодными запасными веществами — при их окислении выделяется на единицу массы в два раза больше энергии, чем углеводов и белков.

К липидам относятся также фосфатиды, воски, каротиноиды, стеарины и жирорастворимые витамины А, D, Е и К.

В зависимости от вида и характера использования продукции ценность отдельных органических соединений может быть различной. В зерне злаков основными веществами, определяющими качество продукции, являются белки и крахмал. Большим содержанием белка среди зерновых культур отличается пшеница, а крахмала — рис и пивоваренный ячмень. При использовании ячменя для пивоваренного производства накопление белка ухудшает качество сырья. Нежелательно также накопление белка и небелковых азотистых соединений в корнях сахарной свеклы, используемых для производства сахара. Зернобобовые культуры и бобовые травы

отличаются повышенным содержанием белков и меньшим — углеводов, качество их урожая зависит, прежде всего от размеров накопления белка. Качество клубней картофеля оценивается по содержанию крахмала. Цель возделывания льна, конопли и хлопчатника — получение волокна, состоящего из клетчатки. Повышенное количество клетчатки в зеленой массе и сене однолетних и многолетних трав ухудшает их кормовые достоинства. Масличные культуры выращиваются для получения жиров — растительных масел, используемых как для пищевых, так и промышленных целей. Качество продукции сельскохозяйственных культур может зависеть и от наличия других органических соединений — витаминов, алкалоидов, органических кислот и пектиновых веществ, эфирных и горчичных масел.

Содержание отдельных групп органических соединений в сельскохозяйственной продукции может изменяться в зависимости от видовых и сортовых особенностей растений, условий выращивания, способов возделывания и применения удобрений.

Условия питания растений имеют важное значение для повышения валового сбора наиболее ценной части урожая и улучшения его качества. Например, усиление азотного питания увеличивает относительное содержание в растениях белка, а повышение уровня фосфорно-калийного питания обеспечивает большее накопление углеводов — сахарозы в корнях сахарной свеклы, крахмала в клубнях картофеля. Созданием соответствующих условий питания с помощью удобрений можно повысить накопление наиболее ценных в хозяйственном отношении органических соединений в составе сухого вещества растений.

Элементарный состав растений. Сухое вещество растений имеет в среднем следующий элементарный состав (в весовых процентах); углерод — 45, кислород — 42, водород — 6,5, азот и зольные элементы — 6,5. Всего в растениях обнаружено более 70 элементов. На современном уровне развития научных данных около 20 элементов (в том числе углерод, кислород, водород, азот, фосфор, калий, кальций, магний, сера, железо, бор, медь, марганец, цинк, молибден, ванадий, кобальт и йод) считаются, безусловно, необходимыми для растений. Без них невозможны нормальный ход жизненных процессов и завершение полного цикла развития растений. В отношении еще более 10 элементов (в том числе кремния, алюминия, фтора, лития, серебра и др.) имеются сведения об их положительном действии на рост и развитие растений; эти элементы считаются условно необходимыми. Очевидно, что по мере совершенствования методов анализа и биологических исследований общее число элементов в составе растений и список необходимых элементов будут расширены.

Углеводы, жиры и прочие безазотистые органические соединения построены из трех элементов — углерода, кислорода и водорода, а в состав белков и других азотистых органических соединений входит еще и азот. Эти четыре элемента — С, О, Н и N получили название органогенных, на их долю в среднем приходится около 95% сухого вещества растений.

При сжигании растительного материала органогенные элементы улетучиваются в виде газообразных соединений и паров воды, а в золе остаются преимущественно в виде окислов многочисленные «зольные» элементы, на долю которых приходится в среднем всего около 5% массы сухого вещества.

Азот и такие зольные элементы, как фосфор, сера, калий, кальций, магний, натрий, хлор и железо, содержатся в растениях в относительно больших количествах (от нескольких процентов до сотых долей процента сухого вещества) и называются макроэлементами.

Содержание других необходимых элементов — бора, марганца, меди, цинка, молибдена, ванадия, кобальта и йода — в растениях составляет от тысячных до стотысячных долей процента, и они получили название микроэлементов.

Относительное содержание азота и зольных элементов в растениях и их органах может колебаться в широких пределах и определяется биологическими особенностями культуры, возрастом и условиями питания. Количество азота в растениях тесно коррелирует с содержанием белка, а его всегда больше в семенах и молодых листьях, чем в соломе созревших культур. В ботве содержание азота больше, чем в клубнях и корнеплодах. В товарной части урожая основных сельскохозяйственных культур на долю золы приходится от 2 до 5% массы сухого вещества, в молодых листьях и соломе зерновых, ботве корне- и клубнеплодов 6-14%. Наиболее высоким содержанием золы (до 20% и более) отличаются листовые овощи (салат, шпинат).

Состав зольных элементов у растений также имеет существенные различия (табл. 3). В золе семян зерновых и бобовых культур сумма оксидов фосфора, калия и магния составляет до 90%, а среди них преобладает фосфор (30—50% массы золы). Доля фосфора в золе листьев и соломы значительно меньше, и в ее составе преобладают калий и кальций. Зола клубней картофеля, корней сахарной свеклы и других корнеплодов представлена преимущественно оксидом калия (40-60% массы золы). В золе корнеплодов содержится значительное количество натрия, а в соломе злаков — кремния. Более высоким содержанием серы отличаются бобовые культуры и растения семейства капустные.

В состав растений в относительно больших количествах входят кремний, натрий и хлор, а также значительное число так называемых ультрамикроэлементов, содержание которых исключительно мало — от 10-6 до 10-8%. Физиологические функции и абсолютная необходимость этих элементов для растительных организмов еще не окончательно установлены.

2. Функции элементов минерального питания

Несмотря на резкие различия в количественной потребности, функции каждого необходимого макро- и микроэлемента в растениях строго специфичны, ни один элемент не может быть заменен другим. Недостаток любого макро- или микроэлемента приводит к нарушению обмена веществ и физиологических процессов у растений, ухудшению их роста и развития, снижению урожая и его качества. При остром дефиците элементов питания у растений появляются характерные признаки голодания.

Азот. Входит в состав белков, ферментов, нуклеиновых кислот, хлорофилла, витаминов, алкалоидов.

Уровень азотного питания определяет размеры и интенсивность синтеза белка и других азотистых органических соединений в растениях и, следовательно, ростовые процессы. Недостаток азота особенно резко сказывается на росте вегетативных органов. Слабое формирование фотосинтезирующего листового и стеблевого аппарата вследствие дефицита азота, в свою очередь, ограничивает образование органов плодоношения и ведет к снижению урожая и уменьшению количества белка в продукции.

Характерным признаком азотного голодания является торможение роста вегетативных органов растений и появление бледно-зеленой или даже желто-зеленой окраски листьев из-за нарушения образования хлорофилла. Азот повторно используется (реутилизируется) в растениях, поэтому признаки его недостатка проявляются сначала у нижних листьев. Пожелтение начинается с жилок листа и распространяется к краям листовой пластинки. При остром и длительном азотном голодании бледно-зеленая окраска листьев растений переходит в различные тона желтого, оранжевого и красного цвета (в зависимости от вида растений), затем пораженные листья высыхают и преждевременно отмирают.

При нормальном снабжении азотом листья темно-зеленые, растения хорошо кустятся, формируют мощный ассимиляционный стебле-листовой аппарат, а затем полноценные репродуктивные органы. Избыточное, особенно одностороннее, снабжение растений азотом может вызвать

замедление их развития (созревания) и ухудшить структуру урожая. Растения образуют большую вегетативную массу в ущерб товарной части урожая. У корне- и клубнеплодов избыток азота может привести к израстанию в ботву, а у зерновых и льна — к полеганию посевов.

Фосфор. Играет исключительно важную роль в процессах обмена энергии в растительных организмах. Энергия солнечного света в процессе фотосинтеза и энергия, выделяемая при окислении ранее синтезированных органических соединений в процессе дыхания, аккумулируется в растениях в виде энергии фосфатных связей у так называемых макроэргических соединений, важнейшим из которых является аденозинтрифосфорная кислота (АТФ). Накопленная в АТФ при фотосинтетическом и окислительном фосфорилировании энергия используется для всех жизненных процессов роста и развития растения, поглощения питательных веществ из почвы, синтеза органических соединений, их транспорта. При недостатке фосфора нарушается обмен энергии и веществ в растениях.

Особенно резко дефицит фосфора сказывается у всех растений на образовании репродуктивных органов. Его недостаток тормозит развитие и задерживает созревание, вызывает снижение урожая и ухудшение качества продукции. Растения при недостатке фосфора резко замедляют рост, листья их приобретают (сначала с краев, а затем по всей поверхности) серо-зеленую, пурпурную или красно-фиолетовую окраску. У зерновых злаков дефицит фосфора снижает кущение и образование плодородных стеблей. Признаки фосфорного голодания обычно проявляются уже на начальных стадиях развития растений, когда они имеют слаборазвитую корневую систему и не способны усваивать труднорастворимые фосфаты почвы.

Усиленное снабжение растений фосфором ускоряет их развитие и позволяет получать более ранний урожай, одновременно улучшается качество продукции.

Калий. Участвует в процессах синтеза и оттока углеводов в растениях, обуславливает водоудерживающую способность клеток и тканей, влияет на устойчивость растений к неблагоприятным условиям внешней среды и поражаемость культур болезнями.

Внешние признаки калийного голодания проявляются в побурении краев листовых пластинок — «краевом запале». Края и кончики листьев приобретают «обоженный» вид, на пластинках появляются мелкие ржавые крапинки. При недостатке калия клетки растут неравномерно, что вызывает гофрированность, куполообразное закручивание листьев. У картофеля на листьях появляется также характерный бронзовый налет.

Особенно часто недостаток калия проявляется при возделывании более

требовательных к этому элементу картофеля, корнеплодов, капусты, силосных культур и многолетних трав. Зерновые злаки менее чувствительны к недостатку калия. Но и они при остром дефиците калия плохо кустятся, междоузлия стеблей укорачиваются, а листья, особенно нижние, увядают даже при достаточном количестве влаги в почве.

Кальций. Играет важную роль в фотосинтезе и передвижении углеводов, в процессах усвоения азота растениями. Он участвует в формировании клеточных оболочек, обуславливает обводненность и поддержание структуры клеточных органелл.

Недостаток кальция сказывается прежде всего на состоянии корневой системы растений: рост корней замедляется, не образуются корневые волоски, корни ослизняются и загнивают. При дефиците кальция тормозится также рост листьев, у них появляется хлоротичная пятнистость, затем они желтеют и преждевременно отмирают. Кальций в отличие от азота, фосфора, калия не может повторно использоваться (реутилизироваться), поэтому признаки кальциевого голодания проявляются прежде всего на молодых листьях.

Магний. Входит в состав хлорофилла, участвует в передвижении фосфора в растениях и углеводном обмене, влияет на активность окислительно-восстановительных процессов. Магний входит также в состав основного фосфорсодержащего запасного органического соединения — фитина.

При недостатке магния снижается содержание хлорофилла в зеленых частях растений и развивается хлороз между жилками листа (жилки остаются зелеными). Острый дефицит магния вызывает «мраморовидность» листьев, их скручивание и пожелтение.

Сера. Имеет важное значение в жизни растений. Основное количество ее в растениях находится в составе белков (сера входит в состав аминокислот цистеина, цистина и метионина) и других органических соединений — ферментов, витаминов, горчичных и чесночных масел. Сера принимает участие в азотном, углеводном обмене растений и процессе дыхания, синтезе жиров. Больше серы содержат растения из семейства бобовых и крестоцветных, а также картофель.

При недостатке серы образуются мелкие, со светлой желтоватой окраской листья на вытянутых стеблях, ухудшаются рост и развитие растений.

Железо. Входит в состав окислительно-восстановительных ферментов растений и участвует в синтезе хлорофилла, процессах дыхания и обмена веществ.

При недостатке железа (что обычно проявляется только на карбонатных или переувлажненных почвах) вследствие нарушения образования хлорофилла у сельскохозяйственных культур, особенно винограда и плодовых деревьев, развивается хлороз. Листья теряют зеленую окраску, затем белеют и преждевременно опадают.

Бор. Оказывает большое влияние на углеводный, белковый и нуклеиновый обмен, ряд других биохимических процессов в растениях. При его недостатке нарушаются синтез и особенно передвижение углеводов, формирование репродуктивных органов, оплодотворение и плодоношение. Бор не может реутилизироваться в растениях, поэтому при его недостатке прежде всего страдают молодые растущие органы, происходит отмирание точек роста. Более требовательны к бору и чувствительны к его недостатку корнеплоды, подсолнечник, бобовые, лен, картофель и овощные растения. Дефицит бора вызывает поражение сердцевинной гнилью корнеплодов, появление дуплистости корней. Лен при недостатке бора поражается бактериозом. Отмирание верхушечной точки роста приводит к усиленному образованию боковых побегов, которые также останавливаются в росте, резко снижается выход и качество волокна. У подсолнечника острый дефицит бора вызывает полное отмирание точки роста либо при более позднем проявлении недостатка бора наблюдается ненормальное развитие цветков, пустоцвет и снижение урожая семян. При борном голодании бобовых нарушается развитие клубеньков на корнях и снижается симбиотическая фиксация молекулярного азота из атмосферы, замедляются рост и формирование репродуктивных органов. Картофель при недостатке бора поражается паршой, у плодовых деревьев появляется суховершинность, развиваются наружная пятнистость и опробкование тканей плодов.

Молибден. Молибдену принадлежит исключительная роль в азотном питании растений. Он участвует в процессах фиксации молекулярного азота (бобовыми в симбиозе с клубеньковыми бактериями и свободноживущими почвенными азотфиксирующими микроорганизмами) и восстановлении нитратов в растениях. Особенно требовательны к наличию молибдена в почве в доступной форме бобовые культуры и овощные растения — капуста, листовые овощи, редис. Внешние признаки недостатка молибдена сходны с признаками азотного голодания — резко тормозится рост растений, вследствие нарушения синтеза хлорофилла они приобретают бледно-зеленую окраску. Дефицит молибдена ограничивает развитие клубеньков на корнях бобовых, резко тормозит рост растений, они приобретают бледно-зеленую окраску, наблюдаются деформация листовых пластинок и преждевременное отмирание листьев, резко снижается урожай и содержание белка в растениях.

Недостаток молибдена при больших дозах азота может приводить к накоплению в растениях, особенно овощных и кормовых, повышенных количеств нитратов, токсичных для животных и человека.

Марганец. Входит в состав окислительно-восстановительных ферментов, участвующих в процессах дыхания, фотосинтеза, углеводного и азотного обмена растений. Он играет важную роль в усвоении нитратного и аммонийного азота растениями. Наиболее чувствительны к недостатку марганца и требовательны к его наличию в доступной форме в почве свекла и другие корнеплоды, картофель, злаковые, а также яблоня, черешня и малина.

Самый характерный симптом марганцевого голодания — точечный хлороз листьев. На листовых пластинках между жилками появляются мелкие желтые хлоротичные пятна, затем пораженные участки отмирают.

Медь. Также входит в состав целого ряда окислительно-восстановительных ферментов и принимает участие в процессах фотосинтеза, углеводного и белкового обмена. Недостаток доступной растениям меди на осушенных торфянисто-болотных почвах с нейтральной или щелочной реакцией вызывает «болезнь обработки», или «белую чуму», у зерновых культур. Заболевание начинается с внезапного побеления и засыхания кончиков листьев. Пораженные растения совсем или частично не образуют колосьев или метелок, а образующиеся соцветия бесплодны либо слабо озернены. При недостатке меди резко снижается урожай зерна, а при остром медном голодании наблюдается полное отсутствие плодоношения.

Цинк. Оказывает многостороннее действие на обмен энергии и веществ в растениях, что обусловлено его участием в составе ряда ферментов и в синтезе ростовых веществ — ауксинов. При недостатке цинка резко тормозится рост растений, нарушается фотосинтез, процессы фосфорилирования, синтез углеводов и белков, обмен фенольных соединений.

Специфические признаки цинкового голодания — задержка роста междоузлий, появление хлороза и мелколиственности, развитие розеточности. От недостатка цинка чаще всего страдают плодовые и цитрусовые культуры на нейтральных и слабощелочных карбонатных почвах с высоким содержанием фосфора.

При заболевании «розеточностью» от дефицита цинка на концах молодых побегов образуются мелкие листья, располагающиеся в форме розетки. При сильном поражении ветви отмирают, что приводит к появлению «суховершинности»

Хлор. Необходим растениям в небольшом количестве, он совместно со

щелочными и щелочноземельными ионами положительно влияет на обводненность тканей и набухаемость протоплазмы клеток. Этот элемент активизирует ферменты, осуществляющие реакции фотолиза при фотосинтезе, однако только у отдельных видов растений потребность в этом элементе высока. Различные растения по-разному отзываются на концентрацию хлора в почвенном растворе — на практике больше приходится сталкиваться с избытком хлора, особенно в засушливых условиях. Положительно относятся к хлору такие культуры, как редис, шпинат, мангольд, сельдерей, сахарная свекла. К хлорофобным растениям, отрицательно реагирующим на повышенное содержание хлора в почве, относятся: табак, виноград, тыква, фасоль, картофель, томаты, плодовые и ягодные культуры.

Признаком дефицита хлора, наблюдающегося крайне редко, является хлороз листьев.

Натрий. Относится к элементам, которые условно необходимы растениям. В химическом и физиологическом отношении натрий близок к калию. Калий может практически всегда заменить натрий, однако сам натрием не заменяется. Имеется ряд ферментов, которые активируются натрием, но значительно в меньшей мере, чем калием. Одни растения могут усваивать значительные количества натрия, другие обладают весьма малой способностью к его поглощению. Кроме того, у натриефобных растений поступление натрия из корня в надземные органы ограничено (например, у бобов). Шпинат, томат — относят к натриефилам, они положительно отзываются на натрий, особенно когда недостаточно обеспечены калием. У натриефильных растений натрий улучшает водный баланс.

Кремний. Относится к элементам, которые условно необходимы растениям. Он откладывается в клетках в аморфной форме (в виде опала) и связывается в растительном организме в силикатгалактозный комплекс и таким образом влияет на обмен веществ, укрепляет стенки клеток, нормализует поступление и распределение в растении марганца, устраняя его токсическое действие при избыточном содержании.

У некоторых культур под действием кремния происходит усиленный рост, у других повышается устойчивость к мучнистой росе. В сельском хозяйстве практическое применение кремний находит при выращивании риса, где при недостатке кремния урожайность зерна может снижаться на 50%.

Титан. Входит в состав ферментов, которые активизируют метаболические процессы в растении в период его роста и развития, интенсифицируют фотосинтез и впитывание питательных веществ из почвы.

Главное значение титана в жизни растений – стимуляция процесса опыления, оплодотворения и завязи плодов, ускорение их роста, и как следствие — начала уборки урожая. Укрепляет иммунную систему растений – повышается устойчивость к грибковым и бактериальным заболеваниям.

Кобальт. Микроэлемент, необходимый для биологической фиксации молекулярного азота и являющийся компонентом витамина В₁₂. Недостаток кобальта (внешние признаки сходны с симптомами азотного голодания) может проявляться прежде всего у бобовых культур. При низком содержании кобальта в кормах у животных развивается анемия, резко снижается аппетит и падает продуктивность.

Недостаток или избыток других микроэлементов также приводит к заболеванию людей и животных. Например, низкое содержание йода в почвах, а следовательно, растительной пище и кормах вызывает воспаление щитовидной железы, недостаток марганца — появление бесплодия, меди — малокровия и заболевания рахитом, избыток молибдена — желудочных расстройств и т.д.

Необходимость регулирования питания растений в отношении отдельных элементов в агрономической практике далеко не одинакова. Микроэлементы нужны растениям в ограниченных количествах. Вынос этих элементов с урожаем сельскохозяйственных культур составляет лишь десятки или сотни граммов на 1 га, и потребность во многих из них может полностью удовлетворяться за счет почвы и применяемых органических удобрений, а нередко только за счет запасов в семенах. Однако недостаток отдельных микроэлементов у более требовательных к их наличию культур может проявляться на почвах с низким содержанием доступных для растений форм микроэлементов. Применение микроэлементов в виде соответствующих микроудобрений может в этом случае значительно повысить урожай сельскохозяйственных культур и улучшить качество получаемой продукции. Такие макроэлементы, как кальций, магний и сера, обычно содержатся в большинстве почв в количествах, достаточных для обеспечения растений. Кроме того, они вносятся в почву с мелиорирующими материалами (известью и гипсом), а также в составе применяемых органических и минеральных удобрений. Для улучшения питания сельскохозяйственных культур в полевых условиях чаще всего необходимо внесение азота, фосфора и калия.

3. Вынос питательных веществ с урожаем сельскохозяйственных культур

Общий вынос питательных веществ с урожаем сельскохозяйственных культур и соотношение потребляемых элементов питания сильно различаются. Это обусловлено особенностями химического состава растений, колебаниями в уровне формируемого урожая и изменением его структур.

Относительное содержание элементов минерального питания в основной и побочной продукции разнообразных сельскохозяйственных культур определяется прежде всего их видовыми особенностями, но зависит также от сорта и условий выращивания. Содержание азота и фосфора значительно выше в хозяйственно ценной части урожая — зерне, корне и клубнеплодах, чем в соломе и ботве. Калия же больше содержится в соломе и ботве, чем в товарной части урожая.

Капуста, картофель, сахарная свекла, хлопчатник, подсолнечник, кормовые корнеплоды и силосные культуры для создания высокого урожая потребляют гораздо больше питательных веществ, чем зерновые

Вынос питательных веществ растениями из почвы возрастает с увеличением урожая. Однако прямой пропорциональности между величиной урожая и размером выноса основных элементов питания часто не наблюдается. При большем уровне урожайности затраты питательных веществ на формирование единицы продукции обычно снижаются.

Содержание в растениях и общий вынос элементов питания с урожаем могут сильно изменяться в зависимости от климатических, почвенных и агротехнических условий. В урожае зерновых колосовых культур соотношение $N:P_2O_5:K_2O$ колеблется в относительно небольших пределах и составляет 2,5-3,0:1:1,8-2,6, т.е. в среднем потребление азота в 2,8 раза, а калия в 2,2 раза больше, чем фосфора.

Для сахарной свеклы, кормовых и овощных корнеплодов, картофеля, подсолнечника, капусты и ряда других культур характерно гораздо большее поглощение калия, чем азота, и соотношение $N:P_2O_5:K_2O$ может составлять 2,5-3,5:1:3,5-5,0. При выращивании корне- и клубнеплодов, подсолнечника в зависимости от условий возделывания может сильно изменяться структура урожая и наблюдаются резкие различия в размерах потребления основных элементов питания и соотношении между ними.

Например, в лесостепных районах на каждые 100 ц урожая корнеплодов и соответствующего количества ботвы сахарная свекла потребляет 50 кг N, 15 P_2O_5 и 60 кг K_2O , В Нечерноземной зоне свекла формирует большее количество ботвы и на каждые 100 ц корнеплодов потребляется 80—100 кг N, 35 P_2O_5 и 145 кг K_2O .

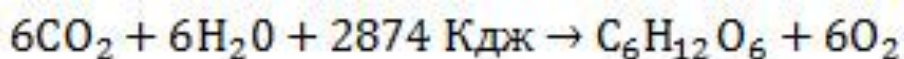
Самое продуктивное использование растениями питательных веществ из почвы и внесенных удобрений обеспечивается при наиболее благоприятных почвенно-климатических условиях, высоком уровне агротехники в сочетании с правильным применением удобрений. Одновременно достигается минимальное потребление элементов питания на единицу урожая товарной сельскохозяйственной продукции.

4. Воздушное питание

Высшие растения являются автотрофными организмами, т. е. они сами синтезируют органические вещества за счет минеральных соединений, в то время как для животных и подавляющего большинства микроорганизмов характерен гетеротрофный тип питания — использование органических веществ, ранее синтезированных другими организмами. Накопление сухого вещества растений происходит благодаря усвоению углекислого газа через листья (так называемое «воздушное питание»), а воды, азота и зольных элементов — из почвы через корни («корневое питание»).

Фотосинтез является основным процессом, приводящим к образованию органических веществ в растениях. При фотосинтезе солнечная энергия в зеленых частях растений, содержащих хлорофилл, превращается в химическую энергию, которая используется на синтез углеводов из углекислого газа и воды. На световой стадии процесса фотосинтеза происходит реакция разложения воды с выделением кислорода и образованием богатого энергией соединения (АТФ) и восстановленных продуктов. Эти соединения участвуют на следующей темновой стадии в синтезе углеводов и других органических соединений из CO_2 .

При образовании в качестве продукта простых углеводов (гексоз) суммарное уравнение фотосинтеза выглядит следующим образом:



Путем дальнейших превращений из простых углеводов в растениях образуются более сложные углеводы, а также другие безазотистые органические соединения. Синтез аминокислот, белка и других органических азотсодержащих соединений в растениях осуществляется за счет минеральных соединений азота (а также фосфора и серы) и промежуточных продуктов обмена — синтеза и разложения — углеводов. На образование разнообразных сложных органических веществ, входящих в состав растений, затрачивается энергия, аккумулированная в виде макроэргических

фосфатных связей АТФ (и других макроэргических соединений) при фотосинтезе и выделяемая при окислении — в процессе дыхания — ранее образованных органических соединений.

Интенсивность фотосинтеза и накопление сухого вещества зависят от освещения, содержания углекислого газа в воздухе, обеспеченности растений водой и элементами минерального питания.

При фотосинтезе растения усваивают углекислоту, поступившую через листья из атмосферы. Лишь небольшая часть CO_2 (до 5% общего потребления) может поглощаться растениями через корни. Через листья растения могут усваивать серу в виде SO_2 из атмосферы, а также азот и зольные элементы из водных растворов при некорневых подкормках растений. Однако в естественных условиях через листья осуществляется главным образом углеродное питание, а основным путем поступления в растения воды, азота и зольных элементов является корневое питание.

6. Корневое питание

Азот и зольные элементы поглощаются из почвы деятельной поверхностью корневой системы растений в виде ионов (анионов и катионов). Так, азот может поглощаться в виде аниона NO_3^- и катиона NH_4^+ (только бобовые растения способны в симбиозе с клубеньковыми бактериями усваивать молекулярный азот атмосферы), фосфор и сера — в виде анионов фосфорной и серной кислот — H_2PO_4^- и SO_4^{2-} , калий, кальций, магний, натрий, железо — в виде катионов K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{3+} , а микроэлементы — в виде соответствующих анионов или катионов.

Растения усваивают ионы не только из почвенного раствора, но и ионы, поглощенные коллоидами. Более того, растения активно (благодаря растворяющей способности корневых выделений, включающих угольную кислоту, органические кислоты и аминокислоты) воздействуют на твердую фазу почвы, переводя необходимые питательные вещества в доступную форму.

Корневая система растений и ее поглотительная способность. Мощность корневой системы, ее строение и характер распределения в почве у разных видов растений резко различаются. Для примера достаточно сравнить известные всем слаборазвитые корешки салата с корневой системой капусты, картофеля или томатов, сопоставить объемы почвы, которые охватывают корни таких корнеплодов, как редис и сахарная свекла. Активная часть корней, благодаря которой происходит поглощение элементов

минерального питания из почвы, представлена молодыми растущими корешками. По мере нарастания каждого отдельного корешка верхняя его часть утолщается, покрывается снаружи опробковевшей тканью и теряет способность к поглощению питательных веществ.

Рост корня происходит у самого его кончика, защищенного корневым чехликом. В непосредственной близости к окончанию корешков располагается зона делящихся меристематических клеток. Выше ее находится зона растяжения, в которой наряду с увеличением объема клеток и образованием в них центральной вакуоли начинается дифференциация тканей с формированием флоэмы — нисходящей части сосудисто-проводящей системы растений, по которой происходит передвижение органических веществ из надземных органов в корень. На расстоянии 1-3 мм от кончика растущего корня находится зона образования корневых волосков, в этой зоне завершается формирование и восходящей части проводящей системы — ксилемы, по которой осуществляется передвижение воды (а также части поглощенных ионов и синтезированных в корнях органических соединений) от корня в надземную часть растений.

Корневые волоски представляют собой топкие выросты наружных клеток с диаметром 5-72 мкм и длиной от 80 до 1500 мкм. Число корневых волосков достигает несколько сотен на каждый миллиметр поверхности корня в этой зоне. За счет образования корневых волосков резко, в десятки раз, возрастает деятельная, способная к поглощению питательных веществ поверхность корневой системы, находящаяся в контакте с почвой.

Влияние корневой системы распространяется на большой объем почвы благодаря постоянному росту корней и возобновлению корневых волосков. Старые корневые волоски (продолжительность жизни каждого корневого волоска составляет несколько суток) отмирают, а новые непрерывно образуются уже на других участках растущего корешка. На том участке корня, где корневые волоски отмерли, кожица пробковевает, поступление воды и поглощение питательных веществ из почвы через нее ограничивается. Скорость роста корней у однолетних полевых культур может достигать 1 см в сутки. Растущие молодые корешки извлекают необходимые ионы из почвенного раствора на расстоянии от себя до 20 мм, а поглощенные почвой ионы — до 2-8 мм.

По мере нарастания корня происходит, следовательно, непрерывное пространственное перемещение зоны активного поглощения в почве. При этом наблюдается явление хемотропизма, сущность которого заключается в том, что корневая система растений усиленно растет в направлении расположения доступных питательных веществ (положительный

хемотропизм) либо ее рост тормозится в зоне высокой, неблагоприятной для растений концентрации солей (отрицательный хемотропизм). Недостаток элементов питания растений в доступной форме вызывает, как правило, образование относительно большей массы корней, чем при высоком уровне минерального питания.

Наиболее интенсивно поглощение ионов осуществляется в зоне образования корневых волосков, и поступившие ионы передвигаются отсюда в надземные органы растений. Необходимо отметить, что корень является не только органом поглощения, но и синтеза отдельных органических соединений, в том числе аминокислот и белков. Последние используются для обеспечения жизнедеятельности и процессов роста самой корневой системы, а также частично транспортируются в надземные органы.

Поглощение питательных веществ растениями через корни. За счет сосущей силы, возникающей при испарении влаги через устьица листьев, и нагнетающего действия корней находящиеся в почвенном растворе ионы минеральных солей вместе стоком воды могут поступать сначала в полые межклетники и поры клеточных оболочек молодых корешков, а затем транспортироваться в надземную часть растений по ксилеме — восходящей части сосудисто-проводящей системы, состоящей из омертвевших клеток без перегородок, лишенных живого содержимого. Однако внутрь живых клеток корня (как и надземных органов), имеющих наружную полупроницаемую цитоплазматическую мембрану, поглощенные и транспортируемые с водой ионы могут проникать «пассивно» — без дополнительной затраты энергии — только по градиенту концентрации — от большей к меньшей за счет процесса диффузии либо при наличии соответствующего электрического потенциала (для катионов — отрицательного, а анионов — положительного) на внутренней поверхности мембраны по отношению к наружному раствору.

В то же время хорошо известно, что концентрация отдельных ионов в клеточном соке, как и в пасоке растений (транспортируемой по ксилеме из корней в надземные органы) чаще всего значительно выше, чем в почвенном растворе. В этом случае поглощение питательных веществ растениями должно происходить против градиента концентрации и невозможно за счет диффузии.

Растения одновременно поглощают как катионы, так и анионы. При этом отдельные ионы поступают в растение совсем в другом соотношении, чем они содержатся в почвенном растворе. Одни ионы поглощаются корнями в большем, другие — в меньшем количестве и с разной скоростью даже при одинаковой их концентрации в окружающем растворе. Совершенно очевидно, что пассивное поглощение, основанное на явлениях диффузии и

осмоса, не может иметь существенного значения в питании растений, носящем ярко выраженный избирательный характер.

Исследования с применением меченых атомов убедительно показали также, что поглощение питательных веществ и дальнейшее их передвижение в растении происходит со скоростью, которая в сотни раз превышает возможную за счет диффузии и пассивного транспорта по сосудисто-проводящей системе с током воды.

Кроме того, не существует прямой зависимости поглощения питательных веществ корнями растений от интенсивности транспирации, от количества поглощенной и испарившейся влаги.

Все это подтверждает положение, что поглощение питательных веществ растениями осуществляется не просто путем пассивного всасывания корнями почвенного раствора вместе с содержащимися в нем солями, а является активным физиологическим процессом, который неразрывно связан с жизнедеятельностью корней и надземных органов растений, с процессами фотосинтеза, дыхания и обмена веществ и обязательно требует затраты энергии.

Схематически процесс поступления элементов питания в корневую систему растений выглядит следующим образом.

К внешней поверхности цитоплазматической мембраны корневых волосков и наружных клеток молодых корешков ионы минеральных солей передвигаются из почвенного раствора с током воды и за счет процесса диффузии.

Клеточные оболочки имеют довольно крупные поры или каналы и легкопроницаемы для ионов. Более того, целлюлозно-пектиновые стенки обладают высокой сорбирующей способностью. Поэтому в пространстве каналов клеточных оболочек и межклетников не только свободно передвигаются, но и концентрируются ионы из почвенного раствора. Здесь создается как бы своеобразный фонд ионов минеральных солей для последующего поступления внутрь клетки.

Первым этапом поступления является поглощение (адсорбция) ионов на наружной поверхности цитоплазматической мембраны. Она состоит из двух слоев фосфолипидов, между которыми встроены молекулы белков. Благодаря мозаичной структуре отдельные участки цитоплазматической мембраны имеют отрицательные и положительные заряды, за счет которых может происходить одновременно адсорбция необходимых растению катионов и анионов из наружной среды в обмен на другие ионы.

Обменным фондом катионов и анионов у растений могут являться ионы H^+ и OH^- , а также H^+ и HCO_3^- , образующиеся при диссоциации

угольной кислоты, выделяемой при дыхании.

Адсорбция ионов на поверхности цитоплазматической мембраны носит обменный характер и не требует затраты энергии. В обмене принимают участие не только ионы почвенного раствора, но и ионы, поглощенные почвенными коллоидами. Вследствие активного поглощения растениями ионов, содержащих необходимые элементы питания, их концентрация в зоне непосредственного контакта с корневыми волосками снижается. Это облегчает вытеснение аналогичных ионов из поглощенного почвой состояния в почвенный раствор (в обмен на другие ионы).

Транспорт адсорбированных ионов с наружной стороны цитоплазматической мембраны на внутреннюю против градиента концентрации и против электрического потенциала требует обязательной затраты энергии. Механизм такой «активной» перекачки весьма сложен. Она осуществляется с участием специальных «переносчиков» и так называемых ионных насосов, в функционировании которых важная роль принадлежит белкам, обладающим АТФ-азной активностью. Активный транспорт внутрь клетки через мембрану одних ионов, содержащих необходимые растениям элементы питания, сопряжен с встречным транспортом наружу других ионов, находящихся в клетке в функционально избыточном количестве.

Первоначальный этап поглощения питательных веществ растениями из почвенного раствора — адсорбция ионов на поглощающей поверхности корня — постоянно возобновляется, поскольку адсорбированные ионы непрерывно перемещаются внутрь клеток корня.

Поступившие в клетку ионы в неизменном виде либо уже в форме транспортных органических соединений, синтезируемых в корнях, передвигаются в надземные органы — стебли и листья, в места наиболее интенсивной их ассимиляции. Активный транспорт питательных веществ из клетки в клетку осуществляется по плазмодесмам, соединяющим цитоплазму клеток растений в единую систему — так называемый симпласт. При передвижении по симпласту часть ионов и метаболитов может выделяться в межклеточное пространство и передвигаться к местам усвоения пассивно с восходящим током воды по ксилеме.

Поглощение корнями и транспорт питательных веществ тесно связаны с процессами обмена веществ и энергии в растительных организмах, с жизнедеятельностью и ростом как надземных органов, так и корней.

Процесс дыхания является источником энергии, необходимой для активного поглощения элементов минерального питания. Этим обуславливается тесная связь между интенсивностью поглощения растениями элементов питания и интенсивностью дыхания корней. При

ухудшении роста корней и торможении дыхания (при недостатке кислорода в условиях плохой аэрации или избыточном увлажнении почвы) поглощение питательных веществ резко ограничивается.

Для нормального роста и дыхания корней необходим постоянный приток к ним энергетического, материала — продуктов фотосинтеза (углеводов и других органических соединений) из надземных органов. При ослаблении фотосинтеза уменьшается образование и передвижение ассимилятов в корни, вследствие чего ухудшается жизнедеятельность и снижается поглощение питательных веществ из почвы.

6. Избирательное поглощение ионов растениями. Физиологическая реакция солей

Различные элементы питания в неодинаковой степени используются в процессах внутриклеточного обмена в растении для синтеза органических веществ и построения новых органов и тканей. Этим определяется неравномерность поступления отдельных ионов в корни, избирательное поглощение их растениями. Больше поступает в растение из почвы тех ионов, которые более необходимы для синтеза органических веществ, для построения новых клеток, тканей и органов.

Если в растворе присутствует NH_4Cl , то растения будут интенсивнее и в больших количествах поглощать (в обмен на ионы водорода) катионы NH_4^+ поскольку они используются для синтеза аминокислот, а затем и белков. В то же время ионы Cl^- необходимы растению в небольшом количестве, и поэтому поглощение их будет ограниченным. В почвенном растворе в этом случае будут накапливаться ионы H^+ и Cl^- (соляная кислота), произойдет его подкисление. Если в растворе содержится NaNO_3 , то растение будет в больших количествах и быстрее поглощать анионы NO_3^- , в обмен на анионы HCO_3^- . В растворе будут накапливаться ионы Na^+ и HCO_3^- (NaHCO_3), произойдет его подщелачивание.

Избирательное поглощение растениями катионов и анионов из состава соли обуславливает ее физиологическую кислотность или физиологическую щелочность.

Соли, из состава которых в больших количествах поглощается анион, чем катион, — NaNO_3 , KNO_3 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ — и в результате происходит подщелачивание раствора, являются физиологически щелочными.

Соли, из которых катион поглощается растениями в больших

количествах, чем анион, — NH_4Cl , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$, KCl , K_2SO_4 , — и в результате происходит подкисление раствора, являются физиологически кислыми.

Физиологическая реакция солей, используемых в качестве минеральных удобрений, обязательно должна учитываться во избежание ухудшения условий роста и развития сельскохозяйственных культур.

7. Влияние условий внешней среды и микроорганизмов на поглощение питательных веществ растениями

Поглощение растениями питательных веществ в большой степени зависит от свойств почвы — реакции и концентрации почвенного раствора, температуры, аэрации, влажности, содержания в почве доступных форм питательных веществ, продолжительности и интенсивности освещения и других условий внешней среды. Поступление питательных веществ в растение заметно снижается при плохой аэрации почвы, низкой температуре, избытке или резком недостатке влаги в почве. Особенно сильное влияние на поступление питательных веществ оказывают реакция почвенного раствора, концентрация и соотношение солей в нем. При избыточной концентрации солей в почвенном растворе (например, в засоленных почвах) поглощение растениями воды и питательных веществ резко замедляется.

Корни растений имеют очень высокую усваивающую способность и могут поглощать питательные вещества из сильно разбавленных растворов.

Важное значение для нормального развития корней имеет также соотношение солей в растворе, его физиологическая уравновешенность. Физиологически уравновешенным называется раствор, в котором отдельные питательные вещества находятся в таких соотношениях, при которых происходит наиболее эффективное использование их растением. Раствор, представленный какой-либо одной солью, физиологически неуравновешен.

Одностороннее преобладание (высокая концентрация) в растворе одной соли, особенно избыток какого-либо одновалентного катиона, оказывает вредное действие на растение. Развитие корней происходит лучше в многосолевом растворе. В нем проявляется антагонизм ионов, каждый ион взаимно препятствует избыточному поступлению другого иона в клетки корня. Например, Ca^{2+} в высоких концентрациях тормозит избыточное поступление K^+ , Na^+ или Mg^{2+} и наоборот. Такие же антагонистические отношения существуют и для ионов K^+ и Na^+ , K^+ и NH_4^+ , K^+ и Mg^{2+} , NO_3^- и H_2PO_4^- , Cl^- и H_2PO_4^- и др.

Физиологическая уравновешенность легче всего восстанавливается при введении в раствор солей кальция. При наличии кальция в растворе создаются нормальные условия для развития корневой системы, поэтому в искусственных питательных смесях Ca^{2+} должен преобладать над другими ионами.

Особенно сильно ухудшается развитие корней и поступление в них питательных веществ при высокой концентрации ионов водорода, т.е. при повышенной кислотности раствора. Высокая концентрация в растворе ионов водорода оказывает отрицательное влияние на физико-химическое состояние цитоплазмы клеток корня. Наружные клетки корня ослизняются, нарушается их нормальная проницаемость, ухудшается рост корней и поглощение ими питательных веществ. Отрицательное действие кислой реакции сильнее проявляется при отсутствии или недостатке других катионов, особенно кальция, в растворе Кальций тормозит поступление ионов H^+ , поэтому при повышенном количестве кальция растения способны переносить более кислую реакцию, чем без кальция.

Реакция раствора оказывает влияние на интенсивность поступления отдельных ионов в растение и обмен веществ. При кислой реакции повышается поступление анионов (вместе с ионами H^+), но затрудняется поступление катионов, нарушается питание растений кальцием и магнием и тормозится синтез белка, подавляется образование сахаров в растении. При щелочной реакции усиливается поступление катионов и затрудняется поступление анионов.

Основной запас питательных веществ находится в почве в форме различных труднорастворимых соединений, для усвоения которых необходимо активное воздействие корней на твердую фазу почвы и тесный контакт между корнями и частицами почвы. В процессе жизнедеятельности растений корни выделяют в окружающую среду углекислоту и некоторые органические кислоты, а также ферменты и другие органические вещества. Под влиянием этих выделений, концентрация которых бывает особенно высокой в зоне непосредственного контакта корней с частицами почвы, происходит растворение содержащихся в ней минеральных соединений фосфора, калия и кальция, вытеснение в раствор катионов из поглощенного почвой состояния, высвобождение фосфора из его органических соединений.

Питательные вещества наиболее активно усваиваются растениями из той части почвы, которая находится в непосредственном контакте с корнями. Поэтому все мероприятия, способствующие лучшему развитию корней (хорошая обработка почвы, известкование кислых почв и т.д.), обеспечивают и лучшее использование растениями питательных веществ из почвы.

Питание растений осуществляется при тесном взаимодействии с окружающей средой, в том числе с огромным количеством разнообразных микроорганизмов, населяющих почву. Количество микроорганизмов особенно велико в ризосфере, т.е. в той части почвы, которая непосредственно соприкасается с поверхностью корней. Используя в качестве источника пищи и энергетического материала корневые выделения, микроорганизмы активно развиваются на корнях и вблизи них и способствуют мобилизации питательных веществ почвы.

Ризосферные и почвенные микроорганизмы играют важную роль в превращении питательных веществ и вносимых в почву удобрений. Микроорганизмы разлагают находящиеся в почве органические вещества и вносимые органические удобрения, в результате чего содержащиеся в них элементы питания переходят в усвояемую для растений минеральную форму. Некоторые микроорганизмы способны разлагать труднорастворимые минеральные соединения фосфора и калия и переводить их в доступную для растений форму. Ряд бактерий, усваивая молекулярный азот воздуха, обогащает почву азотом. С жизнедеятельностью микроорганизмов связано также образование в почве гумуса.

При определенных условиях в результате деятельности микроорганизмов питание и рост растений могут ухудшаться. Микроорганизмы, как и растения, потребляют для питания и построения своих тел азот и зольные элементы, т.е. являются конкурентами растений в использовании минеральных веществ. Не все микроорганизмы полезны для растений. Некоторые из них выделяют ядовитые для растений вещества или являются возбудителями различных заболеваний. В почве имеются также микробы, восстанавливающие нитраты до молекулярного азота (денитрификаторы), в результате их деятельности происходят потери азота из почвы в газообразной форме.

В связи с этим одна из важных задач земледелия — создание соответствующими приемами агротехники благоприятных условий для развития полезных микроорганизмов и ухудшение условий для развития вредных.

8. Отношение растений к условиям питания в разные периоды роста

В разные периоды роста растения предъявляют неодинаковые требования к условиям внешней среды, в том числе и к питанию. Поглощение растениями азота, фосфора и калия в течение вегетации

происходит неравномерно.

Следует различать критический период питания (когда размеры потребления могут быть ограниченными, но недостаток элементов питания в это время резко ухудшает рост и развитие растений) и период максимального поглощения, который характеризуется наиболее интенсивным потреблением питательных веществ.

Рассмотрим общие закономерности в потреблении питательных веществ растениями в течение вегетации. В начальный период развития растения потребляют относительно небольшие абсолютные количества всех питательных веществ, но весьма чувствительны как к недостатку, так и к избытку их в растворе.

Начальный период роста — критический в отношении фосфорного питания. Недостаток фосфора в раннем возрасте настолько сильно угнетает растения, что урожай резко снижается даже при обильном питании фосфором в последующие периоды.

Вследствие высокой напряженности синтетических процессов при слаборазвитой еще корневой системе молодые растения особенно требовательны к условиям питания. Следовательно, в прикорневой зоне в этот период питательные вещества должны находиться в легкорастворимой форме, но концентрация их не должна быть высокой, с преобладанием фосфора над азотом и калием. Обеспечение достаточного уровня снабжения всеми элементами с начала вегетации имеет важное значение для формирования урожая. Так, у злаковых зерновых культур уже в период разворачивания первых трех-четырех листочков начинается закладка и дифференциация репродуктивных органов — колоса или метелки. Недостаток азота в этот период даже при усиленном питании в последующем приводит к уменьшению числа колосков в метелке или колосе и снижению урожая.

Размеры потребления всех элементов питания растениями значительно возрастают в период интенсивного роста надземных органов — стеблей и листьев. Темпы накопления сухого вещества могут опережать поступление питательных веществ, а относительное их содержание в растениях снижается по сравнению с предшествующим периодом. Ведущая роль в ростовых процессах принадлежит азоту. Повышенное азотное питание способствует усиленному росту вегетативных органов, формированию мощного ассимиляционного аппарата. Недостаток же азота в этот период приводит к угнетению роста, а в последующем — к снижению урожая и его качества.

Ко времени цветения и начала плодообразования потребность в азоте у большинства растений уменьшается, но возрастает роль фосфора и калия.

Это обусловлено физиологической ролью последних — их участием в синтезе и передвижении органических соединений, обмене энергии, особенно интенсивно происходящих при формировании репродуктивных органов и образовании запасных веществ в товарной части урожая.

В период плодообразования, когда нарастание вегетативной массы заканчивается, потребление всех питательных веществ постепенно снижается, а затем их поступление приостанавливается. Дальнейшее образование органического вещества и другие процессы жизнедеятельности обеспечиваются в основном за счет повторного использования (реутилизации) питательных веществ, ранее накопленных в растении.

Различные сельскохозяйственные культуры отличаются по размерам и интенсивности поглощения питательных элементов в течение вегетационного периода. Все зерновые злаковые (за исключением кукурузы), лен, конопля, ранний картофель, некоторые овощные культуры отличаются коротким периодом интенсивного питания — основное количество питательных веществ потребляют в сжатые сроки. Например, озимая рожь уже за осенний период поглощает 25-30% всего количества питательных веществ, тогда как сухая масса растений за этот период достигает всего лишь 10% конечного урожая.

Яровая пшеница за сравнительно короткий промежуток — от выхода в трубку до конца колошения (около месяца) — потребляет $2/3$ - $3/4$ всего количества питательных веществ.

Средне- и позднеспелые сорта картофеля наибольшее количество питательных веществ потребляют в июле: за этот месяц поглощается почти 40% азота, более 50 — фосфора и 60% калия от конечного содержания их в урожае. Ранние сорта картофеля отличаются еще более сжатым сроком интенсивного потребления питательных веществ.

Лен имеет ярко выраженный период максимального потребления элементов минерального питания — от фазы бутонизации до цветения, а хлопчатником основное количество питательных веществ потребляется с начала бутонизации до массового образования волокна в коробочках.

Некоторые растения, например подсолнечник и сахарная свекла, характеризуются более плавным и растянутым потреблением питательных веществ, поглощение которых продолжается почти до конца вегетации.

Отдельные элементы питания поглощаются растениями с различной интенсивностью: у кукурузы, например, наиболее быстрыми темпами идет потребление калия, затем азота и значительно медленнее поглощается фосфор.

Поглощение калия полностью заканчивается к периоду образования

метелок, а азота — к периоду формирования зерна. Поступление фосфора более растянуто и продолжается почти до конца вегетации.

Конопля в первый месяц очень интенсивно поглощает азот и калий. Поступление азота полностью завершается через 3, а калия — через 5 недель после появления всходов, тогда как интенсивное поглощение фосфора продолжается почти до конца вегетации.

Потребление основных элементов питания сахарной свеклой также происходит неравномерно. В первую декаду после всходов отношение P : N : K в растениях равно 1,0 : 1,5 : 1,4. Затем в период интенсивного нарастания листьев это соотношение изменяется в сторону увеличения поглощения азота и калия, составляя в мае 1,0 ; 2,5 : 3,0, в июне — 1,0 : 3,0 : 3,5, в июле 1,0 : 4,0 : 4,0. В августе, когда происходит образование корней и накопление в них сахара, соотношение между этими элементами становится 1,0 : 3,6 : 5,5, т.е. особенно сильно увеличивается поглощение калия. Слишком обильное азотное питание в период образования корня и накопления в нем сахара нежелательно, так как стимулирует рост ботвы в ущерб росту корня и сахаронакоплению. В этот период очень большое значение имеет достаточный уровень обеспеченности растений калием и фосфором.

Неодинаковая количественная потребность и интенсивность поглощения растениями отдельных элементов питания должна учитываться при разработке системы применения удобрений. Особенно важно обеспечить благоприятные условия питания растений с начала вегетации и в периоды максимального поглощения. Это достигается сочетанием различных способов внесения удобрений: в основное удобрение до посева, при посеве и в подкормки.

Задача основного удобрения — обеспечение питания растений на протяжении всей вегетации, поэтому до посева в большинстве случаев применяют полную норму органических удобрений и подавляющую часть минеральных. Припосевное удобрение (в рядки, при посадке в лунки, гнезда) в относительно небольших дозах вносят для снабжения растений в начальный период развития легкодоступными формами питательных веществ, прежде всего фосфора. Для снабжения растений элементами питания в наиболее ответственные периоды вегетации применяются подкормки в дополнение к основному и припосевному удобрению (в отдельных случаях в подкормки может вноситься значительная доля общей нормы удобрений, например азота под озимые, хлопчатник и т. д.). Выбор срока, способа внесения удобрений и заделки их в почву зависит не только от особенностей биологии, питания и агротехники культур, но и от почвенно-климатических условий, вида и формы удобрений

Регулируя условия питания растений по периодам роста в соответствии с их потребностью путем внесения удобрений, можно направленно воздействовать на величину урожая и его качество.

9. Требования к оформлению контрольной работы

9.1 Требования к структуре контрольной работы

Структура контрольной работы должна содержать:

1. Титульный лист (согласно прилагаемого образца).
2. Содержание (содержание включает: введение; наименования всех разделов, подразделов, список использованной литературы).
3. Основная часть (состоит из нескольких разделов, в которых излагается ответ на каждый вопрос контрольной работы).
4. Список используемых литературных источников (содержит перечень источников, которые были использованы при подготовке контрольной работы).

9.2 Требования к оформлению контрольной работы

1. Контрольная работа должна быть набрана студентом самостоятельно с использованием текстового редактора *Word*.
2. При наборе контрольной работы на ПК рекомендуется соблюдать следующие параметры:
 - шрифт – Times New Roman;
 - размер шрифта – 14;
 - межстрочный интервал – полуторный;
 - размеры полей: левое 3 см, правое 1,5 см, нижнее, верхнее – 2 см;
 - параметры абзаца: выравнивание текста – по ширине страницы;
 - точка в конце заголовка не ставится.
3. Каждую структурную часть необходимо начинать с нового раздела со следующей страницы;
4. Нумерация страниц начинается с титульного листа, но на титульном листе номер страницы не указывается.
5. Пример оформления титульного листа контрольной работы:

*Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение*

высшего образования

**Иркутский государственный аграрный университет
имени А.А.Ежевского**

Агрономический факультет

Кафедра агроэкологии и химии

Контрольная работа

по *Питание растений и качество урожая*

Направление подготовки

Курс _____

Шифр _____

Студент _____

Ф.И.О. (полностью)

Молодежный 20__ г.

10. Номера заданий согласно шифру

Вариант контрольной работы определяется по таблице 1. Студент выполняет номера контрольных вопросов, указанные в клетке, соответствующей его шифру (номеру зачетной книжки), причем по горизонтали берется последняя цифра, а по вертикали – предпоследняя. Для каждой работы указаны вопросы, помещенные после вариантов контрольных работ.

Вопросы контрольного задания следует переписывать внимательно. Каждый вопрос должен быть пронумерован и четко отделен от ответа, причем сначала ставится номер вопроса, а затем номер, взятый из таблицы. **Например, 1(15), 2(60), 3(42) и др.** Нельзя переписывать сразу все вопросы. После каждого вопроса должен быть четкий, достаточно полный ответ, изложенный своими словами, а не переписанный дословно с учебника или с интернет сайтов. В конце работы указывается список использованной литературы в алфавитном порядке. Номера страниц должны быть пронумерованы.

Работа должна быть написана последовательно и грамотно. После проверки работа может быть возвращена студенту для доработки с учетом замечаний и требований рецензента.

Таблица 1 – Определение индивидуального задания согласно номеру зачетной книжки (шифру)

		Последняя цифра номера зачетной книжки									
		<i>0</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>
Предпоследняя цифра номера зачетной книжки	<i>0</i>	1,15,14	2,16,13	3,17,12	4,18,11	5,19,10	6,20,9	7,15,4	8,16,3	9,17,3	10,18,2
	<i>1</i>	11,19,1	12,20,8	13,15,7	14,16,6	1,17,5	2,18,6	3,19,7	4,20,8	5,15,9	6,16,10
	<i>2</i>	7,17,14	8,18,1	9,19,4	10,20,2	11,15,6	12,16,7	13,17,8	14,18,9	1,19,10	2,20,11
	<i>3</i>	3,15,13	4,16,8	5,17,8	6,18,13	7,19,12	8,20,13	9,15,1	10,16,2	11,17,3	12,18,4
	<i>4</i>	13,19,1	14,20,2	1,15,9	2,16,14	3,17,14	4,18,10	5,19,9	6,20,8	7,15,1	8,16,2
	<i>5</i>	9,17,12	10,18,2	11,19,10	12,20,3	13,15,1	14,16,3	1,17,7	2,18,9	3,19,10	4,20,12
	<i>6</i>	5,15,11	6,16,3	7,17,11	8,18,4	9,19,2	10,20,4	11,15,6	12,16,5	13,17	14,18,8
	<i>7</i>	1,19,10	2,20,5	3,15,12	4,16,10	5,17,10	6,18,13	7,19,13	8,20,4	9,15,7	10,16,6
	<i>8</i>	11,17,9	12,18,6	13,19,1	14,20,5	1,15,8	2,16,5	3,17,8	4,18,7	5,19,8	6,20,9
	<i>9</i>	7,15,8	8,16,7	9,17,6	10,18,5	11,19,4	12,20,3	13,15,2	14,16,1	1,17,13	2,18,14

11. Теоретические задания (вопросы) контрольной работы

1. Воздушное или углеродное питание растений и его значение.
2. Минеральное питание сельскохозяйственных растений и его значение.
3. Содержание и соотношение питательных веществ в растениях.
4. Вынос элементов питания сельскохозяйственными культурами.
5. Поступление питательных веществ в растения и их усвоение.
6. Значение отдельных химических элементов в питании растений.
7. Влияние внешней среды на поступление и усвоение питательных веществ в растениях.
8. Состав почвы. Роль фаз в питании растений.
9. Содержание питательных веществ в почве. Актуальное и потенциальное плодородие почвы.
10. Минеральная и органическая части почвы как источники элементов питания сельскохозяйственных растений.
11. Гумус и его значение для питания растений.
12. Особенности минерального питания сельскохозяйственных культур и его влияние на качество урожая.
13. Влияние экологических условий произрастания возделываемой культуры на формирование корневой системы, рост и развитие растений и их урожайность (водный и температурный режимы).
14. Действие удобрений на устойчивость сельскохозяйственных культур к неблагоприятным условиям окружающей среды.
15. Закономерности роста, развития и плодоношения сельскохозяйственных растений.
16. Инновационные технологии регулирования величины и качества урожая.
17. Уход за урожаем. Уборка и товарная обработка продукции растениеводства.
18. Альтернативные системы ведения отрасли растениеводства и их экологическое значение.
19. Основные системы современного садоводства.
20. Значение факторов внешней среды для сельскохозяйственных растений

12. Тестовые задания

Тестовое задание выполняется каждым студентом. Номер тестового задания бакалавр находит по последней цифре шифра своей зачетной книжки.

Правильные ответы выделяются цветом, другим шрифтом или

отмечаются кружочком.

1 вариант

1. Источником энергии и пищевых веществ является
 1. вода
 2. пищевые жиры и масла
 3. пища
2. Пищевая ценность белка зависит от содержания
 1. в нём заменимых аминокислот
 2. в нём незаменимых аминокислот
 3. и сбалансированности в нём незаменимых аминокислот
 4. и сбалансированности в нём заменимых аминокислот
3. Наибольшее содержание фитонцидов в
 1. лимонах
 2. хурме
 3. томатах
4. Найдите ошибку. С целью сохранения витамина С при кулинарной обработке овощи и плоды
 1. следует варить в небольшом количестве воды или бульона
 2. варить нужно при закрытой крышке, равномерном кипении, не допуская переваривания
 3. следует чаще варить на пару
5. К десертным овощам относят
 1. ревень, спаржу, артишоки
 2. салат, шпинат, щавель
 3. лук-порей, лук-шалот
6. Обмен веществ и энергии – это
 1. процесс ассимиляции
 2. процесс диссимиляции
 3. процессы ассимиляции и диссимиляции, протекающие одновременно
7. Режим питания – это
 1. распределение пищи по калорийности и объёму
 2. распределение пищи по времени, калорийности и объёму
 3. распределение пищи по времени и объёму
8. Найдите ошибку Витамины
 1. являются источниками энергии
 2. поддерживают защитные свойства организма в борьбе с инфекциями
 3. являются биологическими регуляторами всех жизненных процессов в организме человека
9. Ассимиляция – это
 1. процесс накопления питательных веществ и энергии в организме
 2. процесс расхода питательных веществ организмом
 3. процесс накопления и расхода питательных веществ организмом
10. Фитонциды
 1. придают плодам вяжущий вкус
 2. придают овощам и плодам острый горький вкус
 3. обладают бактерицидными свойствами, губительно действующими на микроорганизмы
11. Для лучшего сохранения витаминов свежие овощи хранят в хорошо вентилируемых складских помещениях
 1. без естественного освещения, при относительной влажности воздуха 85-90%, температуре от +1 до +3°С
 2. с естественным освещением, при относительной влажности воздуха 85-90%,

температуре от +10 до +13°C

3. без естественного освещения, при относительной влажности воздуха 60-70%,
температуре от +1 до +3°C

12. Наибольшее количество фосфора содержится в

1. хлебе
2. сыре
3. икре

13. Диссимиляция – это

1. процесс накопления питательных веществ и энергии
2. процесс расхода питательных веществ
3. процесс накопления и расхода питательных веществ

Вариант 2

1. Установите соответствие содержания сухого вещества в урожае сельскохозяйственных культур:

Культура	Содержание сухого вещества, %
1) Пшеница (зерно)	а) 91
2) Картофель	б) 86
3) Сахарная свекла (корнеплоды)	в) 22
4) Подсолнечник (ядро)	г) 25

2. Установите соответствие содержания углеводов в урожае сельскохозяйственных культур:

Культура	Содержание углеводов, %
1) Пшеница (зерно)	а) 17 2)
2) Картофель	б) 65
3) Сахарная свекла (корнеплоды)	в) 7 4)
4) Подсолнечник (ядро)	г) 20

3. Установите соответствие содержания жиров в урожае сельскохозяйственных культур:

Культура	Содержание жиров, %
1) Пшеница (зерно)	а) 50
2) Картофель	б) 2
3) Кукуруза (зерно)	в) 0,1
4) Подсолнечник (ядро)	г) 4,5

4. Установите соответствие содержания сырого протеина в урожае сельскохозяйственных культур:

Культура	Содержание сырого протеина, %
1) Пшеница (зерно)	а) 34
2) Соя (зерно)	б) 10
3) Кукуруза (зерно)	в) 25
4) Подсолнечник (ядро)	г) 15

5. Установите соответствие содержания белка в урожае сельскохозяйственных культур:

Культура	Содержание белка, %
1) Горох (зерно)	а) 0,7
2) Морковь (корнеплоды)	б) 29
3) Соя (зерно)	в) 9
4) Гречиха (зерно)	г) 20

6. Органогенные элементы в растениях...

- а) Mg, Ca, K, Na
- б) C, O, H, N
- в) S, Cl, F, B
- г) Fe, Al, Mn, Co

7. Химические элементы, содержащиеся в растениях в значительных количествах (от сотых долей до целых процентов), называют ...
8. Химические элементы, содержание которых в растениях выражается от тысячных долей до стотысячных процентов, называют ...
9. Макроэлементы в растениях...
 - а) Mg, Ca, K, Fe, S, Na
 - б) B, Mn, Cu, Mo, Zn, Co
 - в) W, Ti, Ag, Ni, V
10. Микроэлементы в растениях...
 - а) Mg, Ca, K, Fe, S, Na
 - б) B, Mn, Cu, Mo, Zn, Co
 - в) W, Ti, Ag, Ni, V
11. Вынос питательных веществ с урожаем убираемой с поля основной и побочной продукции называют ...
12. Вынос питательных веществ из почвы всеми частями растениями, называют ...
13. Элемент питания, при дефиците которого в растениях замедляется рост растений, ускоряется весь цикл вегетации и созревания...
 - а) азот
 - б) фосфор
 - в) калий
 - г) кальций

Вариант 3

1. Элемент питания, при недостатке у картофеля в мякоти образуются бурые пятна, у льна снижается качество волокна ...
 - а) азот
 - б) фосфор
 - в) калий
 - г) кальций
2. Элемент питания, при дефиците которого у зерновых культур отмечается сильное кушение, у растений не формируются генеративные органы ...
 - а) азот
 - б) фосфор
 - в) калий
 - г) медь
3. При избытке азота развитие растений ...
 - а) ускоряется;
 - б) затягивается;
 - в) не изменяется.
4. При листовой диагностике определяют формы элементов ...
 - а) минеральные;
 - б) органические;
 - в) минеральные и органические
5. Наиболее раннее распознавание нарушения питания растений можно установить с помощью диагностики ...
 - а) визуальной;
 - б) химической;
 - в) почвенной.
6. При недостатке азота, фосфора, калия и магния в процессе питания растения, прежде всего, обедняются ...
 - а) старые и молодые части растений;
 - б) старые части растений;
 - в) молодые части растений.

7. Диагностику минерального питания зерновых культур проводят в фазы ...

- а) трех листьев;
- б) кущение;
- в) выход в трубку;
- г) созревание.

8. Установите соответствие поглощения растениями макроэлементов и микроэлементов в виде катионов и анионов:

Ион	Элемент
1) катион	а) калий
2) анион	б) кальций
в) фосфор	
г) бор	

9. Установите соответствие поглощения растениями макроэлементов и микроэлементов в виде катионов и анионов:

Ион	Элемент
1) катион	а) азот
2) анион	б) молибден
в) медь	
г) магний	

10. Степень обеспеченности растения в данный момент периода вегетации питательными веществами устанавливают, используя метод ...

11. Установите соответствие поступления питательных веществ в виде ионов и молекул в корни растений:

Поступление	Процесс
А) активное	1) не избирательный;
Б) пассивное	2) избирательный;
	3) идет по электрохимическому градиенту;
	4) протекает против электрохимического градиента;
	5) протекает с затратой энергии;
	6) идет до выравнивания концентрации;

12. Поступление питательных веществ в виде ионов и молекул в корни растений происходит в основном...

- а) активно
- б) пассивно
- в) независимо

13. Физиологическая реакция солей кислая у соединений...

- а) $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$
- б) NH_4NO_3
- в) KCl
- г) $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

Вариант 4

1. Физиологическая реакция солей щелочная у соединений...

- а) NaNO_3 ;
- б) NH_4Cl ;
- в) KNO_3 ;
- г) K_2SO_4 .

2. Передвижение ионов определяется зарядом ионов и разностью концентраций, электрохимических потенциалов оно пассивно, против него – активно

3. «Свободное пространство» делится на «.....», из которого ионы могут переходить путем диффузии в воду, и «доннановское пространство», из которого ионы путем обмена выделяются только в солевой раствор.

4. Поглощение питательных веществ растениями зависит от следующих факторов:, свойств почвы, температуры, влажности, аэрации, реакции и концентрации почвенного раствора, освещенности
5. Фракции механических частиц принимающих наибольшее участие в питании растений ...
- песок, крупная пыль;
 - средняя и мелкая пыль;
 - илистые и коллоидные частицы.
6. Органические вещества, преобладающие в составе гумуса дерново-подзолистых почв ...
- фульвокислоты;
 - гуминовые кислоты;
 - неспецифические органические вещества.
7. Органические вещества, преобладающие в составе гумуса черноземных почв ...
- фульвокислоты;
 - гуминовые кислоты;
 - неспецифические органические вещества.
8. Количество кальция, калия и магния в почве зависит в основном от ...
- содержания гумуса в почве;
 - гранулометрического состава почвы;
 - состава почвенного раствора;
 - минеральной и органической части почвы.
9. Почвы, на которых растения испытывают недостаток магния...
- глинистые;
 - суглинистые;
 - песчаные и супесчаные.
10. Питательные вещества в виде ионов непосредственно поглощаются корнями растений из...
- почвенного раствора;
 - твёрдой фазы почвы;
 - органического вещества
11. Питательные вещества, участвующие в питании растений, переходят в почвенный раствор из соединений...
- входящих в состав гумуса;
 - нерастворимых в воде и слабых кислот;
 - растворимых в воде и слабых кислот и находящихся в обменно-поглощенном состоянии;
 - входящих в состав негумифицированных органических веществ.
12. Дерново-подзолистые почвы имеют следующий состав поглощенных катионов...
- Ca^{2+} , Mg^{2+} ;
 - Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ ;
 - Ca^{2+} , Mg^{2+} , H^+ ; Al^{+3} ;
 - H^+ , Al^{+3} .
13. Обеспеченность почвы азотом зависит от...
- содержания первичных минералов;
 - гранулометрического состава почвы и количества гумуса;
 - наличия вторичных минералов;
 - содержания гумуса.

Вариант 5

1. Показатель, наиболее сильно изменяющийся в почве...

- а) гумус;
- б) гранулометрический состав;
- в) кислотность;
- г) подвижный азот;
- д) степень насыщенности почвы основаниями.

2. С повышением емкости поглощения почвы вымывание питательных веществ (внесенных с удобрениями) ...

- а) снижается;
- б) усиливается;
- в) не изменяется.

3. Связывание фосфатов в почве происходит в результате..... поглощительной способности почвы

4. Степень насыщенности почвы основаниями – это...

- а) способность почвы противостоять подкислению;
- б) сумма всех поглощенных почвой катионов;
- в) способность почвы поглощать катионы из почвенного раствора и удерживать их;
- г) отношение суммы поглощенных оснований к емкости поглощения.

5. При увеличении концентрации ионов Ca^{2+} в почвенном растворе поступление ионов водорода и алюминия в корни растений ...

- а) снижается;
- б) усиливается;
- в) не изменяется.

6. С увеличением емкости поглощения почвы ее буферная способность ...

- а) снижается;
- б) повышается;
- в) не изменяется.

7. Наибольшую буферность имеют почвы ...

- а) глинистые;
- б) суглинистые;
- в) песчаные;
- г) супесчаные.

8. Буферные свойства почвы с высокой степенью насыщенности основаниями возрастают против ...

9. Установите соответствие между типом почвы и ее буферным действием

Буферное действие	Тип почвы
1) подкисления	а) черноземы
2) подщелачивания	б) дерново–подзолистые
	в) серые лесные

10. Почвы с высокой степенью насыщенности основаниями ...

- а) слабо противостоят подкислению;
- б) имеют высокую буферную способность против подкисления;
- в) в одинаковой степени противодействуют подкислению и подщелачиванию.
- г) одинаково слабо противостоят подкислению и подщелачиванию.

11. Калий задерживается почвой при виде поглощения ...

- а) механическом;
- б) химическом;
- в) обменном;
- г) биологическом.

12. Процесс разложения органических веществ почвы до аммиака называется

.....

13. Назовите почвы, противостоящие подщелачиванию:

- а) дерново-подзолистые;

- б) карбонатные черноземы;
- в) выщелоченные черноземы;
- г) красноземы;
- д) серые лесные почвы.

Вариант 6

1. Процесс разложения органических веществ почвы до аммиака называется ...
 - а) иммобилизация;
 - б) нитрификация;
 - в) аммонификация;
 - г) инфильтрация.
2. Установите соответствие между интенсивностью процесса иммобилизации и условиями, усиливающим этот процесс

Интенсивность процесса иммобилизации	Условия
а) внесение солоमистого	слаборазложившегося навоза
б) внесение азотных минеральных удобрений	
в) заплата соломы после уборки зерновых	
г) внесение фосфорных минеральных удобрений	
3. Процесс поглощения минерального азота микроорганизмами почвы называется ...
 - а) иммобилизация,
 - б) нитрификация,
 - в) аммонификация,
 - г) инфильтрация.
4. Необменное поглощение азота почвой происходит в форме ...
 - а) нитрата,
 - б) нитрита,
 - в) аммония,
 - г) газообразного азота.
5. Фосфор в почве находится в форме ...
 - а) в основном органической,
 - б) в основном минеральной,
 - в) в равных соотношениях
6. Культуры, обладающие способностью усваивать труднодоступные соединения фосфора...
 - а) пшеница, овес;
 - б) люпин, горох, люцерна;
 - в) картофель, сахарная свекла
7. Наиболее доступная сельскохозяйственным культурам форма калия
8. Установите соответствие между формой калия и доступностью его растениям

Форма калия	Доступность растениям
1) обменный	а) легкодоступный
2) водорастворимый	б) труднодоступный
3) необменный гидролизуемый	
в) хорошо доступный	
9. Культура, относительно устойчивая к кислотности почвы, но очень чувствительную к содержанию в ней подвижного алюминия ...
 - а) лен;
 - б) капуста;
 - в) картофель;
 - г) столовая свекла.

10. Оптимальная реакция почв для большинства возделываемых культур ...

- а) слабокислая и нейтральная;
- б) средне и слабокислая;
- в) слабощелочная и нейтральная

11. Растения наиболее чувствительны к кислотности почвы в период...

- а) начала роста и развития;
- б) максимального поглощения питательных веществ;
- в) созревания.

12. Кислотность почвенного раствора называют

13. Установите соответствие между кислотностью почвы и свойствами

Виды кислотности Наличие ионов

- 1) в поглощенном состоянии ионов водорода и алюминия
- 2) в почвенном растворе ионов водорода
- 3) в свободном и поглощенном состоянии ионов водорода и алюминия

Вариант 7

1. Величина показателя рН_{KCl} почвы ...

- а) больше, чем рН водной вытяжки;
- б) меньше, чем рН водной вытяжки;
- в) равна рН водной вытяжки.

2. В кислых почвах усвояемые (водорастворимые) фосфаты переходят в состав ...

- а) фосфатов железа и алюминия;
- б) фосфатов и гидрофосфатов кальция;
- в) фосфатов калия и натрия

3. Почвы, обладающие высокой кислотностью:

- а) южные черноземы, каштановые почвы;
- б) сероземы, солонцовые почвы;
- в) дерново-подзолистые, торфяные;
- г) серые лесные;
- д) выщелоченные и оподзоленные черноземы.

4. Сельскохозяйственные культуры, способные расти на более кислых почвах:

- а) столовая свекла, клевер, люцерна;
- б) картофель, морковь;
- в) чайный куст, люпин;
- г) рожь, гречиха, просо.

5. Сорты южного происхождения чувствительны к кислотности, чем сорта северного происхождения

7. Почва с рН_{KCl} 5.75 имеет степень кислотности ...

- а) сильнокислая;
- б) среднекислая;
- в) слабокислая;
- г) близкая к нейтральной;
- д) нейтральная.

8. Признаки, по которым можно наиболее точно определить нуждаемость почвы в известковании, по ...

- а) развитию специфических сорняков: щевелька, пикульника, белоуса, щучки, люпина ползучего и др.;
- б) состоянию клевера и озимой пшеницы после перезимовки;
- в) величине рН_{KCl} и степени насыщенности почвы основаниями;
- г) оттенку почвы и выраженности подзолистого горизонта.

9. Основной показатель для определения степени кислотности почвы и необходимости

известкования...

- а) гидролитическая кислотность;
- б) обменная кислотность;
- в) сумма поглощенных оснований;
- г) емкости поглощения;
- д) степень насыщенности основаниями.

10. Место внесения извести в севообороте выбирают с учетом...

- а) разной отзывчивости культур на мелиорацию;
- б) возможностей качественного внесения мелиоранта;
- в) действия и последствия мелиоранта;
- г) совокупности всех показателей.

11. Дозу внесения извести определяют по следующим показателям: по $pH_{КС}$,, содержанию органического вещества.

12. Известковый материал природного происхождения рыхлый, не нуждающийся в размоле ...

- а) известняк, доломит;
- б) сланцевая зола, дефекал;
- в) доломитизированный известняк;
- г) гаж, мергель, торфотуфы.

13. Отходами промышленности являются известковые удобрения...

- а) известковые туфы, мергель;
- б) гаж, торфотуфы;
- в) сланцевая зола, дефекал;
- г) известковая мука, доломитовая мука.

Вариант 8

1. Известкование кислых почв оказывает влияние на деятельность азотфиксирующих и денитрифицирующих микроорганизмов

2. Установите соответствие действия известкования на развитие некоторых групп микроорганизмов

Действие известкования

- 1) усиление
- 2) ослабление

Группы микроорганизмов

- а) возбудители парши картофеля
- б) нитрифицирующие микробы
- в) азотфиксирующие бактерии
- г) возбудители бактериоза льна

3. При известковании кислых почв увеличивается эффективность физиологически удобрений.

4. Установите соответствие солонцовых почв в зависимости от содержания поглощенного натрия

Солонцовые почвы

- а) слабосолонцеватые
- б) солонцеватые
- в) солонцы

Содержание поглощенного натрия, %

- 1) более 20
- 2) 5–10
- 3) 10–20

5. Установите соответствие солонцовых почв в зависимости от залегания солонцового горизонта

Солонцовые почвы

- а) средне-столбчатые
- б) мелкие, или корковые
- в) глубокостолбчатые

Глубина, см

- 1) более 15
- 2) 7–15
- 3) не более 7

6. Солонцовые почвы состоянии становятся вязкой и мажущейся массой

7. Растворение гипса, замещение кальцием поглощенного натрия и удаление последнего из верхнего слоя не происходят или совершаются очень медленно при

..... влаги в почве.

8. Допустимое количество обменного натрия, которое не оказывает отрицательного влияния на свойства почвы, равняется..... общей емкости поглощения.

9. Установите соответствие между глубиной залегания солонцового горизонта и приемами обработки почвы

Прием обработки почвы для заделки гипса в почву

- | | |
|-------------------------|---------------------|
| 1) средне-столбчатые | а) зяблевая вспашка |
| 2) мелкие, или корковые | б) культивация |

в) половину под вспашку, половину под культивацию

10. Солонцовые почвы, встречающиеся небольшими пятнами в массивах черноземов можно улучшить ...

- 1) землеванием;
- 2) известкованием;
- 3) гипсованием;
- 4) орошением.

11. У солонцов в состоянии солонцовый горизонт становится плотным твердым пластом, не поддающимся механической обработке.

12. Эффективность гипсования возрастает при применении форм минеральных удобрений...

- 1) физиологически щелочных
- 2) физиологически кислых
- 3) нейтральных

13. Прием, повышающий эффективность гипсования ...

- 1) орошение,
- 2) боронование,
- 3) мульчирование,
- 4) парование.

Вариант 9

1. Доступна форма азота почвы ...

- а) азот гумуса;
- б) необменно-фиксированный аммоний;
- в) обменно-поглощенный аммоний и азот почвенного раствора.

2. Накопление аммиака в тканях растений ...

- а) не причиняет им вреда;
- б) активизирует их рост;
- в) вызывает их отравление.

3. Обильное питание овощных культур азотом в поздние периоды роста ...

- а) снижает опасность накопления нитритов в товарной продукции;
- б) увеличивает опасность накопления нитритов в товарной продукции;
- в) не оказывает влияния на их накопление

4. Обильное питание растений азотом ...

- а) усиливает опасность поражения растений болезнями;
- б) предохраняет растения от поражения болезнями;
- в) не оказывает влияния на фитосанитарное состояние посевов

5. Азотные удобрения, в которых азот содержит только в аммонийной форме ...

- а) кальциевая селитра, натриевая селитра;
- б) безводный аммиак, натриевая селитра;
- в) аммиачная селитра, хлористый аммоний, мочевины;
- г) хлористый аммоний, сульфат аммония

6. Азотные удобрения, в которых азот содержит только в нитратной форме ...

- а) кальциевая селитра, натриевая селитра;
 б) безводный аммиак, натриевая селитра;
 в) аммиачная селитра, хлористый аммоний, мочеви́на;
 г) хлористый аммоний, сульфат аммония
7. Основное количество азота в почве находится в составе ...
 а) органического вещества,
 б) минеральной части почвы;
 в) почвенного раствора
8. Минеральный азот ($N - NO_3$, и $N - NH_4$) в почве находится в составе ...
 а) труднорастворимых соединений;
 б) ионов поглощенных ППК;
 в) почвенного раствора;
 г) ионов ППК и почвенного раствора;
 д) органического вещества почвы.
9. Общее содержание азота в почве зависит от ...
 а) гранулометрического состава почвы;
 б) содержания гумуса;
 в) состава ППК;
 г) концентрации почвенного раствора
10. Установите соответствие процессов трансформации и баланса азота в земледелии
- | | |
|----------------|-------------------|
| Статьи баланса | Процессы |
| 1) расхода | а) инфильтрация |
| 2) прихода | б) нитрификации |
| | в) денитрификации |
| | г) азотфиксации |
| | д) иммобилизация |
11. Установите соответствие направления влияния фосфора на свойства растений
- | | |
|--------------|---|
| Влияние | Свойства |
| 1) усиливает | а) морозоустойчивость |
| | б) устойчивость растений к низким температурам |
| | в) расходование растениями воды |
| | г) засухоустойчивость |
| | д) устойчивость растений к поражению растений болезнями |
12. Растения, способные усваивать фосфор из труднорастворимых соединений ...
 а) кукуруза, свекла, подсолнечник;
 б) морковь, салат, редис;
 в) пшеница, ячмень;
 г) люпин, горчица, гречиха;
 д) горох, конопля, донник, эспарцет
13. Обеспеченность почвы подвижным фосфором зависит от ...
 а) буферной способности почвы ...
 б) емкости поглощения;
 в) кислотности почвы;
 г) содержания гумуса;
 д) гранулометрического состава.

Вариант 0

1. Форма почвенного фосфора, которая легко доступна растениям ...
 а) фосфор органического вещества;
 б) обменно-поглощенный фосфор и фосфаты почвенного раствора;

- в) фосфаты железа, алюминия и трехзамещенные фосфаты кальция
2. Суперфосфат получают путем ...
- а) обработки фосфорного сырья фосфорной кислоты;
 - б) нейтрализации фосфорной кислоты известковым молоком;
 - в) обработки фосфорного сырья серной кислотой;
 - г) размола фосфоритов;
 - д) обработки фосфатного сырья азотной кислотой.
3. Фосфорное удобрение, применяемое для припосевного внесения ...
- а) суперфосфат;
 - б) фосфатшлак;
 - в) фосфоритная мука;
 - г) преципитат;
 - д) обесфторенный фосфат.
4. Сырьем для производства фосфорных удобрений служат природные руды:.....
5. Фосфорные удобрения, которые применяют только в качестве основного ...
- а) суперфосфат;
 - б) фосфоритная мука;
 - в) преципитат;
 - г) борный суперфосфат;
 - д) аммофос
6. Фосфоритную муку применяют только как удобрение
7. Условие, при котором фосфоритная мука действует как эффективное удобрение ...
- а) низкое содержание подвижного фосфора в почве;
 - б) высокая степень насыщенности основаниями;
 - в) повышенная кислотность;
 - г) низкое содержание гумуса
8. Физиологическая реакция калийных удобрений обусловлена...
- а) обменом ионами между удобрениями и ППК;
 - б) неодинаковым поглощением растениями катионов или анионов из удобрений;
 - в) гидролитической кислотностью или гидролитической щелочностью удобрений.
9. Растениям легко доступен калий, находящийся в почве в форме ...
- а) органического вещества;
 - б) водорастворимый и обменно-поглощенный;
 - в) фиксированный;
 - г) алюмосиликатных минералов.
10. В месторождениях калийных руд в СНГ преобладают..... минералы
11. Установите соответствие потребности растений в калийных удобрениях при определенных условиях
- | Потребность в калийных удобрениях | Условия |
|--|---------|
| а) при фосфоритовании и известковании кислых почв | |
| б) на песчаных и супесчаных почвах | |
| в) на суглинистых почвах | |
| г) при высоких дозах азотных и фосфорных удобрений | |
| д) на черноземных и каштановых почвах | |
12. Хлористый калий получают из сырья ...
- а) фосфориты; б) лангбейнит; в) цементная пыль; г) сильвинит; д) шеит.
13. Сырые калийные соли на удобрения получают ...
- а) размолом калийных руд;
 - б) методом флотации;
 - в) как отход промышленности.

Список рекомендуемой литературы

Основная литература:

1. Власова. Система удобрений сельскохозяйственных культур / Власова Татьяна Алексеевна. - Пенза: РИО ПГАУ, 2017. - 232 с. Режим доступа: <https://lib.rucont.ru/efd/579576>
2. Куликова. Физиология растений / Куликова Евгения Геннадьевна. - Пенза: РИО ПГАУ, 2017. - 154 с. Режим доступа: <https://lib.rucont.ru/efd/632156>
3. Ягодин Б. А. Агрохимия [Электронный ресурс] / Ягодин Б. А., Жуков Ю. П., Кобзаренко В. И. - : Лань, 2016. - 584 с. Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=87600

Дополнительная литература:

1. Лобков В. Т. Интенсификация биологических факторов воспроизводства плодородия почвы в земледелии : монография / В. Т. Лобков, Н. И. Абакумов, Ю. А. Бобкова, В. В. Наполов. - : ОрелГАУ, 2016. - 160 с. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/106920>
2. Наумкин В. Н. Адаптивное растениеводство [Электронный ресурс] / Наумкин В. Н., Ступин А. С., Лопачев Н. А., Лысенко Н. Н., Стебаков В. А., - : Лань, 2018. - 356 с. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/102232>
3. Дерюгин, И. П. Питание и удобрение овощных и плодовых культур [Текст] : учеб. пособие для вузов / И. П. Дерюгин, А. Н. Кулюкин. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : МСХА, 1998. - 326 с.

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины:

1. Портал Сибирского регионального отделения РАСХН <http://www.sorashn.ru>
2. Портал Российской академии сельскохозяйственных наук <http://www.agroacadem.ru/>
3. Официальный интернет портал МСХ РФ <http://www.mcx.ru/>
4. Центральная научная сельскохозяйственная библиотека Российской академии сельскохозяйственных наук (ГНУ ЦНСХБ Россельхозакадемии) <http://www.cnshb.ru>
5. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Государственная публичная научно-техническая библиотека Сибирского отделения Российской академии наук <http://www.spsl.nsc.ru/>
6. Российский центр сельскохозяйственного консультирования(база данных информационных ресурсов) <http://mcx-consult.ru/>
7. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU <http://elibrary.ru/defaultx.asp>
8. Агроэкологический атлас России и сопредельных стран: 51 кономиические значимые растения, их болезни, вредители и сорные растения <http://www.agroatlas.ru/>
9. Официальный сайт Центра агрохимической службы «Иркутский» <http://fgbusas-irkutsk.ru>