

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БРЯНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

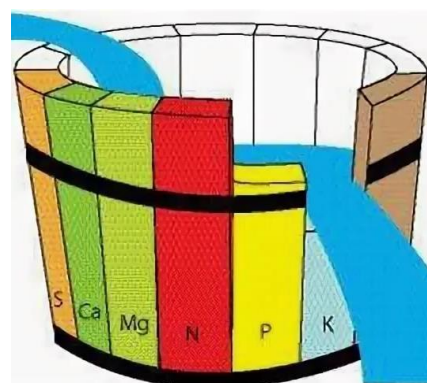
Института экономики и агробизнеса

Кафедра агрохимии, почвоведения и экологии

Мамеев В.В.



АГРОХИМИЯ



Учебно-методическое пособие
для бакалавров очной формы обучения
по направлению подготовки **35.03.03 Агрохимия и агропочвоведение**
профиль Агрэкология

Студент _____

Группа _____

Брянская область, 2022

УДК 63:54 (076)

ББК 40.4

М 22

Мамеев, В. В. Агрохимия: учебно-методическое пособие (рабочая тетрадь по выполнению лабораторных и практических работ с элементами заданий самостоятельной работы), для бакалавров по направлению подготовки 35.03.03 «Агрохимия и агропочвоведение» / В. В. Мамеев. – Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2022. - 70 с.

Учебное пособие основано на требованиях Федерального Государственного образовательного стандарта третьего поколения и подготовлено в соответствии с программой учебного курса «Агрохимия» по направлению подготовки 35.03.03 «Агрохимия и агропочвоведение».

Структура пособия содержит комплекс вопросов, заданий, материалы самостоятельной работы, решение тематических, ситуационных и производственных задач на примере конкретных данных годовых отчетов, почвенных и агрохимических очерков сельскохозяйственных предприятий Брянской области, выполнение которых способствуют пониманию изучаемого материала в системе профессиональной подготовки выпускников в области агрохимии.

Пособие позволит студентам глубже осмыслить теоретический учебный материал и выработать навыки практического и производственного мышления, а преподавателю организовать деятельность обучающихся, контролировать ее результаты, использовать различные средства обучения и интернет-ресурсы.

Настоящее пособие представляет собой взаимосвязанную систему теоретических и практических способов, методов направленных на единую цель - активизировать самостоятельную работу обучающихся в проведении практических и лабораторных занятий по агрохимии.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Никифоров В.М.– доцент кафедры общего агрономии, селекции и семеноводства Брянского ГАУ, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент.

Рекомендовано к изданию методической комиссией института экономики и агробизнеса Брянского ГАУ от «11» февраля 2022 г. протокол № 3.

© Брянский ГАУ, 2022

© Мамеев В.В., 2022

ПРЕДИСЛОВИЕ

Принцип «знать – уметь – владеть», а в дальнейшем предсказать и не допустить является важнейшим убеждением будущего агрохимика, почвоведа, агроэколога и агронома

Учебный курс «Агрохимия» является одним из важнейших в системе дисциплин направления подготовки 35.03.03 «Агрохимия и агропочвоведение». Формирование системного экологического мировоззрения, теоретических знаний, практических умений и навыков и научных основ освоения современных интенсивных агротехнологий, обеспечивающих получение стабильных урожаев сельскохозяйственных культур, повышение плодородия почв, принадлежит применению органических и минеральных удобрений.

Удобрения представляют сильное средство воздействия на свойства почвы и растения (питание, рост и развитие, устойчивость к неблагоприятным условиям, урожай и качество) и в совокупности составляют основу химизации земледелия.

Разнообразие почв, большинство из которых имеют низкий уровень естественного плодородия, предполагает необходимость разработки систем земледелия, в максимальной степени учитывающих почвенно-экологические условия конкретного региона, то есть отвечающих требованиям адаптивного земледелия. Ключевым звеном этой системы является сбалансированное применение удобрений, базирующееся на знании закономерностей действия всего комплекса почвенно-агрохимических, агроэкологических и агротехнических факторов, определяющих уровень корневого питания и продуктивность растений.

В пособии раскрыты основные понятия агрохимии, приведены методики расчета потенциальной урожайности по показателям плодородия почв, расчета доз известковых удобрений, составление плана известкования почвы в севообороте, расчет норм удобрений методом элементарного баланса и нормативным методом, расчет баланса питательных веществ и гумуса, а также потребности в органических и минеральных удобрениях для получения заданного уровня урожайности и планируемого содержания гумуса.

Знания, полученные при освоении дисциплины позволят, увидеть пути решения и способы повышения эффективного плодородия почв, обосновать применение различных видов и доз минеральных и органических удобрений с учетом агроклиматических условий региона. Важное значение приобретают такие проблемы, как определение оптимальных доз удобрений, сроки и способы их внесения в определенных климатических условиях.

Основная задача организации самостоятельной работы обучающихся заключается в создании психолого-дидактических условий развития интеллектуальной инициативы и мышления на занятиях любой формы. Основным принципом организации самостоятельной работы обучающихся должен стать перевод обучающихся на индивидуальную работу с формированием собственного мнения при решении поставленных ситуационно-производственных и проблемных агрономических задач.

Цель самостоятельной работы обучающихся - осмысленно и самостоятельно работать с учебно-научным материалом, производственной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свою квалификацию.

Дисциплина в структуре ОП относится к базовой части блока Б1.О.26, и осваивается в 4 и 5 семестре.

Цель - Формирование представлений, теоретических знаний, практических умений и навыков по оптимизации минерального рационального применения минеральных, органических удобрений и мелиорантов с учетом естественного почвенного плодородия и климатических условий. Знание видов, свойств, форм и способов применения удобрений, трансформации их в почве, агрономической и экономической эффективности, а также технологий хранения, подготовки и внесения органических и минеральных удобрений; проведение почвенной и растительной диагностики питания сельскохозяйственных культур умение определять дозы удобрений и средств химической мелиорации почв

Процесс изучения дисциплины «Агрохимия» поможет студентам сформировать следующие умения общепрофессиональных компетенций:

Компетенция (код и наименование)	Индикаторы компетенций (код и наименование)	Результаты обучения
ОПК-1. Способен решать типовые задачи профессиональной деятельности на основе знаний основных законов математических, естественнонаучных и общепрофессиональных дисциплин с применением информационно-коммуникационных технологий	ОПК-1.1. Демонстрирует знание основных законов математических, естественнонаучных и общепрофессиональных дисциплин, необходимых для решения типовых задач в области агрохимии агропочвоведения и агроэкологии.	<p>Знать: особенности питания сельскохозяйственных культур; круговорот, баланс и пути превращения питательных веществ в системе почва - растение - удобрения – окружающая среда; агрохимические факторы регулирования роста и развития сельскохозяйственных культур; агрохимические методы воспроизводства плодородия почвы и оптимизации условий жизни растений; асортимент и свойства удобрений.</p> <p>Уметь: определять дозы удобрений под сельскохозяйственные культуры с учетом почвенного плодородия; разрабатывать агрохимические мероприятия по сохранению плодородия почв.</p> <p>Владеть: методами определения доз и норм минеральных удобрений, химических мелиорантов, баланса элементов питания и гумуса.</p>
	ОПК-1.3. Применяет информационно - коммуникационные технологии в решении типовых задач в области агрохимии, агропочвоведения и агроэкологии	<p>Знать: основные принципы и технологию применения и внесения мелиорантов, минеральных и органических удобрений под основные сельскохозяйственные культуры в севооборотах</p> <p>Уметь: сравнивать, различать и классифицировать основные виды и формы минеральных, органических удобрений и мелиорантов, составлять и проектировать годовые и календарные планы применения удобрений в севообороте</p> <p>Владеть: современными методами и навыками расчета баланса гумуса и элементов питания, доз органических и минеральных удобрений на планируемый урожай, выбора видов и форм минеральных удобрений с учетом биологических особенностей культур и почвенно-климатических условий, составлять рекомендации по применению удобрений, обосновывать потребность в удобрениях. Экологическими аспектами применения минеральных удобрений в ландшафтном земледелии с учетом охраны окружающей среды</p>

Рабочая тетрадь аккуратно, правильно заполняется студентом на учебных занятиях и в условиях домашней подготовки, согласно полученному индивидуальному заданию преподавателя. Сокращения в тексте не допускаются. На зачет и экзамен студенты приходят с тетрадью. Основные разделы дисциплины проверяются преподавателем, а студенты аттестуются. Электронный вариант рабочей тетради, можно получить у преподавателя.

Правила техники безопасности и основные требования при работе в агрохимических лабораториях

Студентам выполняющие на кафедре агрохимии, почвоведения и экологии лабораторные работы по агрономической химии, приходится работать с электронагревательными и аналитическими приборами, химической посудой, с кислотами, щелочами, горючими, взрывоопасными и сильнодействующими веществами.

Поэтому работа требует соблюдения дисциплины, установленных правил поведения и техники безопасности.

1. Рабочее место, закрепленное за каждым студентом, должно быть чистым и сухим; нельзя загромождать его посторонними предметами, на столе должно находиться только необходимые для проведения текущей операции приборы и реактивы. Расположить на столе все что требуется для выполнения анализа, нужно так, чтобы при случайном повороте самого работающего и его соседа не задеть или опрокинуть что-либо.

2. При подготовке к работе составляют конспект с указанием значения выполняемого анализа, принципа метода, технологии его выполнения (последовательность выполнения отдельных операций) и способа расчета, полученных результатов.

3. Работать в лаборатории надо четко, не торопливо, избегая резких движений. Работа в лаборатории требует тишины. Любой шум отвлекает внимание работающего в лаборатории и может привести к ошибкам или к несчастным случаям.

4. В лаборатории необходимо работать в халате, который предохраняет одежду от порчи и загрязнения.

Особое внимание уделяют бережному расходованию электроэнергии, материалов и химических реактивов. Для работы берут минимальное количество вещества, позволяющее выполнить анализ. Выливать обратно неиспользованные реактивы недопустимо, так как это часто приводит не к их экономии, а к порче большой партии растворов.

В лаборатории запрещается курить, принимать пищу или хранить продукты питания, загромождать рабочие полы посторонними предметами.

При работе с кислотами и щелочами соблюдать следующие правила. Концентрированные кислоты и другие летучие жидкости переливают только в вытяжном шкафу. При использовании концентрированных кислот для приготовления растворов во избежание их разбрызгивания приливают кислоту в воду, а не наоборот.

Гранулированную (твердую) щелочь растворяют в фарфоровой чашке при постоянном перемешивании и охлаждении. Особая предосторожность необходима при работе с горячими кислотами и щелочами. Пролитые кислоты смывают водой и нейтрализуют содой или мелом до прекращения вскипания.

Ядовитые вещества, едкие и летучие жидкости берут с помощью цилиндров или пипеток, снабженных специальным заборным устройством.

Недопустимо использование открытых электронагревательных приборов, спиртовых и газовых горелок или работе с легковоспламеняющимися веществами. Запрещается хранение в лабораториях легковоспламеняющихся жидкостей (бензина, эфира, ацетона и др.) в количестве большем, чем необходимо для выполнения текущей работы. Хранят их в толстостенных склянках с притертыми пробками в вытяжных шкафах, удаленных от огня и обогрева. Категорически запрещается выливать легковоспламеняющиеся жидкости в канализацию. Отработанные жидкости собирают в специальную герметически тару, а в дальнейшем в зависимости от их ценности либо регенерируют, либо сжигают в безопасном месте.

Запрещается оставлять без присмотра работающие приборы с легковоспламеняющимися и взрывоопасными веществами, газовые горелки, сетевые аналитические и электронагревательные приборы.

При проведении занятий в лаборатории могут возникать ситуации, требующие неотложной медицинской помощи. Для оказания первой помощи необходимо сделать следующее:

МЕХАНИЧЕСКИЕ РАНЕНИЯ И ПОРЕЗЫ СТЕКЛОМ. Рану промывают 2-3% раствором марганцовокислого калия или 3 % раствором перекиси водорода, края раны дезинфицируют спиртовым раствором йода, перевязывают стерильным бинтом. При глубоких порезах или ранениях кровотечение останавливают тампоном ваты, смоченным в 2-3% растворе хлорида железа или перекиси водорода, и обращаются в лечебное учреждение. При сильном кровотечении до прихода врача накладывают резиновый жгут.

ТЕРМИЧЕСКИЕ ОЖОГИ. При термических ожогах на обожженное место прикладывают примочки из свежеприготовленных растворов питьевой соды (2%) «марганцовки» или 96 % этилового спирта. Пораженное место нельзя бинтовать. При тяжелых ожогах делают только примочки из «марганцовки», накладывают сухую стерильную повязку и направляют на лечение к врачу.

ХИМИЧЕСКИЕ ОЖОГИ. При ожогах химическими веществами пораженный участок промывают большим количеством воды. После этого на обожженное место накладывают примочку: при ожогах щелочью - из раствора уксусной кислоты, при ожогах кислотой - 2 % содового раствора. Пораженные места смазывают мазью от ожогов или борным вазелином и накладывают повязку.

ПОРАЖЕНИЕ ЭЛЕКТРОТОКОМ. Необходимо немедленно обесточить пострадавшего путем отключения рубильника или устранения контакта с ним с помощью любого изоляционного материала (перчатки, палки) и тотчас же делают искусственное дыхание в течение 1-2 ч до прихода медицинского работника.

ОТРАВЛЕНИЕ ХИМИКАТАМИ. При отравлении химическими реактивами следует немедленно вызвать врача, а до его прибытия оказывать первую помощь: При отравлении кислотами Полоскать рот водой и 5% раствором двууглекислого натрия. Принимать известковую воду и растительное масло или муку с водой (жидкое мучное тесто). При отравлении щелочами Принимать внутрь 5 % уксусную кислоту, лимонную кислоту или сок лимона. При отравлении аммиаком, парами серной и соляной кислот. Свежий воздух, покой. При потере сознания - искусственное дыхание.

При выполнении лабораторных работ следует соблюдать ряд предосторожностей. Реактивы нельзя брать руками. Нельзя пробовать на вкус. После работы с реактивами руки тщательно моют. При определении запаха воздух с парами реактива подгоняют к носу взмахами ладони. Реактив нельзя подносить к носу.

Концентрированные летучие кислоты и аммиак нельзя держать вблизи нагревательных приборов. При нагревании, кипячении кислот и других окислителей необходимо пользоваться включенным вытяжным шкафом. При работе с электроприборами электропроводка должна быть исправной, а руки - сухими.

Обо всех несчастных случаях, произошедших в лаборатории, ставить в известность преподавателя, руководителя группы и заведующего кафедрой.

1. РАЗДЕЛ

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И ДИАГНОСТИКА ПИТАНИЯ РАСТЕНИЙ

После изучения основной и дополнительной по данному разделу студент должен:

знать: химический состав и роль отдельных химических элементов в жизни растений; соотношения элементов питания их поступление в растения, формы соединений; количественные, качественные и временные особенности их питания; влияние внешних условий на поступление питательных веществ; методы регулирования питания растений; виды диагностики; внешние признаки дефицита питательных элементов у растений;

уметь: проводить и использовать результаты экспресс-диагностики в практической работе, связанной с планированием удобрения сельскохозяйственных культур, расчеты выноса питательных веществ урожаем, доз удобрений для получения запланированного урожая, баланса питательных веществ в почве и др.).

Сельскохозяйственные культуры для создания урожая поглощают из почвы разное количество питательных веществ, которое зависит от их биологических особенностей, агротехники возделывания, плодородия почв, уровня применения удобрений, погодных условий и др.

Отбор и подготовка образцов к химическому анализу. Одной из важнейших предпосылок получения достоверных результатов, реально отражающих химический состав почвы, растений и удобрений, является правильный отбор и подготовка проб к анализу. Неправильное или несвоевременное взятие образцов приводит к искажению результатов анализа и неверному заключению о качестве исследуемого материала. При неправильном отборе проб, дальнейший, даже самый тщательный химический или инструментальный анализ не может исправить положение, и полученные результаты будут недостоверны. Основное требование отбору проб получение среднего образца, в котором наиболее полно отражена неоднородность химического состава всей партии анализируемого материала.

Отбор проб для агрохимических анализов осуществляется с помощью специальных приспособлений (щуп, бур) или вручную. В зависимости от назначения, отобранные от общей партии образцы подразделяются на разовые (точечные), объединенные (общие) и средние. Разовая проба представляет собой небольшую часть общей массы исследуемого материала и используется для составления смешанного образца или же для характеристики пестроты качества материала.

Масса разовой пробы зависит от вида анализируемого вещества и технических средств, используемых для отбора образцов. При анализе почвы, зерна, удобрений и других сыпучих материалов масса разовой пробы обычно колеблется от 50 до 250 г. а при отборе клубней картофеля, початков кукурузы, корнеплодов - 2-5 кг и более.

Общую пробу составляют из примерно равных по массе разовых проб. Масса общей пробы, как правило, значительно превышает количество материала, необходимого для проведения химического и сопутствующих анализов, то из нее после тщательного перемешивания отбирают среднюю пробу, масса которой определяется видом материала и количеством предполагаемых анализов. Каждая средняя проба должна быть однородной и типичной для анализируемой партии материала, реально отражающей ее химический состав.

Отбор образцов на анализ проводят специалисты агрохимической службы, опытных станций и научно-исследовательских учреждений. Время и способ отбора проб регламентируются назначением проводимых анализов и особенностями исследуемого материала.

Отбор проб растений в полевых условиях. Отбор проб в полевых опытах и производственных посевах проводят как для учета качества урожая, так и с целью изучения динамики содержания и потребления элементов питания растениями в отдельные периоды их роста и развития.

При отборе растительных проб в хозяйственных и естественных угодьях необходимо учитывать биологические особенности культур, состояние посевов макро- и микрорельеф местности. Чтобы средняя проба наиболее полно отражала химический состав всей совокупности растений, на каждом поле или опытной делянке для культур сплошного посева выделяют 6-10 типичных делянок площадью 0,5-1 м² каждая, равномерно расположенных на участке.

Растения скашивают в сухую погоду, как правило, серпом или косой на высоте 3-5 см. При отсутствии метровок на выбранных площадках скашивают по 2-3 ряда растений на протяжении 0,5-1,5 м в зависимости от состояния растений. По мере нарастания массы растений число рядков

и их длину можно несколько сократить. Отбор индивидуальных (разовых) проб для химического анализа растений проводят в 5-10 местах каждой скошенной делянки или прокоса и из них составляют объединенную пробу.

После тщательного перемешивания на ровной площадке из объединенной пробы отбирают средний образец массой 1-1,5 кг.

Если наряду с химическим составом изучают динамику нарастания сухого вещества, ботанический состав растений, их биологию, разовой пробой служит, масса всех растений, скошенных с делянки 0,25-0,5 м². В помещении пробу взвешивают и замеряют отдельные органы растений. При уборке урожая учитывают продуктивные и непродуктивные побеги, структуру урожая.

Поступающие на химический анализ растительные образцы должны находиться либо в естественном состоянии, либо хорошо высушенными. Для предупреждения потерь части листьев, особенно у бобовых культур - клевера, люцерны и др., а также осыпания зерна при высушивании растения помещают в марлевые мешочки или заворачивают в бумагу. У высокостебельных культур, например кукурузы и подсолнечника, для составления объединенной пробы в 5-10 местах поля или делянки отбирают по 10-20 растений средней величины, перемешивают и берут средний образец для анализа. Молодые растения подсолнечника и кукурузы сушат целыми, крупные растения измельчают до величины 3-5 см и помещают для высушивания в марлевые мешки или бумажные пакеты.

При отборе разовых проб свеклы (сахарной, кормовой и столовой) выкапывают по 10-20 растений, очищают от почвы и взвешивают отдельно целые растения и корнеплоды; массу ботвы определяют по разнице. Общую пробу корнеплодов составляют из 5-7 разовых, взятых в различных местах поля для делянки. По соотношению ботвы и корнеплодов определяют структуру урожая. При отборе образцов картофеля в 5-10 местах поля выкапывают по 5-10 средних кустов, очищают от почвы и ботвы, взвешивают делают разовую среднюю пробу массой 5-10 кг. При необходимости сортируют по размеру и определяют содержание сухого вещества, крахмала, белка, аскорбиновой кислоты.

Отбор проб зерна и кормов Пробы зерна, муки, гранулированных кормов и других сыпучих материалов, хранящихся в складских помещениях насыпью, отбирают щупом в пяти точках с различных глубин. Если площадь вороха зерна превышает 100 м² то число проб соответственно увеличивают. Разовые пробы из автомашин и тракторных тележек берут в четырех точках кузова с поверхности и дна или по всей глубине насыпи на расстоянии не ближе 0,5 м от бортов. В двухосных вагонах пробы отбирают в 5, а четырехосных в 10 точках по всей глубине на расстоянии 0,75 м от стенок вагона. Пробы затаренного зерна, муки и комбикормов отбирают щупом из вскрытых мешков в трех местах: сверху, в середине и внизу, из зашитых мешков - специальным щупом из одного угла. Из отобранных разовых проб составляют общую пробу и после тщательного перемешивания отбирают средний образец массой 1-2 кг. Если партия материала неоднородна, среднюю пробу берут отдельно из каждой ее части.

При погрузке или разгрузке вагонов и судов пробы отбирают с транспортной ленты вручную или пробоотборником через равные промежутки времени из расчета 0,20-0,25 кг на каждую тонну продукции, но не менее 2-2,5 кг от каждой партии. Пробы кукурузы в початках берут из автомашины в 2-3, а из вагонов - в 10-11 точках на глубине 10-12 см. Разовую пробу составляют из 5 рядов лежащих початков. В складских помещениях одну разовую пробы кукурузы берут на глубине 0,5 м с каждых 10 м².

Образцы непрессованного сена (соломы) отбирают пробоотборником или вручную по 200-250 г с 8-10 мест стога массой 20 т и от каждых последующих 5 т по 2 образца. Пробы прессованного сена (соломы) берут от партии 15 т из 5 тюков, от партии 15-50 т - из 15 тюков.

Взятые индивидуальные образцы прессованного и непрессованного сена (соломы) раскладывают ровным слоем на брезенте или площадке и из 10 мест отбирают средний образец массой около 0,5 кг, который затем помещают в полимерный пакет или заворачивают в бумагу.

Отбор проб силоса (сенажа) для анализа проводят, как правило, спустя 1-2 месяца после его закладки из расчета один средний образец на 400 т корма. Пробы отбирают вручную или пробоотборником после вскрытия верха траншеи на глубину 1 м или торцевых ее сторон на расстоянии 3-4 м от края. Объединенную пробу перемешивают на пленке и отбирают в банки или полимерные мешочки средний образец массой 1-2 кг.

Лабораторная работа
Определение массовой доли сухого вещества и гигроскопической влаги
в воздушно-сухом материале (ГОСТ 27548-87)

Цель работы. Определить содержание абсолютно сухого вещества и влаги в различном растительном материале.

Ход анализа

Тщательно вымытые стеклянные бюксы с приоткрытой крышечкой сушат в сушильном шкафу или термостате при температуре 105°C до постоянной массы (не менее 30-40 мин). Высушенные бюксы охлаждают в эксикаторе и взвешивают на аналитических весах с точностью до 0,0001 г.

Среднюю пробу размолотого и пропущенного через сито с отверстием 1 мм растительного материала распределяют тонким слоем на листе глянцевой или пергаментной бумаги и шпателем берут в бюкс из различных мест распределенного на листе 3 г вещества.

Бюксы закрывают крышками и определяют массу анализируемого вещества на аналитических весах до четвертого знака после запятой. Затем бюксы помещают в сушильный шкаф. Высушивание проводят при 105 в течение 6 часов. После высушивания бюксы закрывают крышками и охлаждают в эксикаторе в течение 0,5-1 ч и взвешивают. Затем еще сушат 2-3 раза по 2 ч в сушильном шкафу при открытой крышке бюксов. После каждого последующего высушивания крышки бюксов закрывают, бюксы помещают в эксикатор, охлаждают и взвешивают. Сушат и взвешивают образцы до тех пор, пока разница между двумя последними массами будет в пределах 0,0002-0.0003 г.

Результаты определения сухого вещества и гигроскопической влаги

№ бюкса	Масса, г						Содержание, %	
	пустого бюкса (а)	бюкса навеской, (в)	навеска, f = в-а	бюкса после высушивания, с	абсолютно сухого вещества, d = с-а	влаги, e = в-с	сухого вещества, х	влаги, у

Вычисление результатов анализа.

Количество сухого вещества рассчитывают по формуле $X = d \times 100/f$

Содержание гигроскопической влаги можно рассчитать по формуле $Y = e \times 100/f$

На основании полученных результатов определить сбор сухого вещества с урожаем анализируемого материала по формуле:

$$Ус = Y \times X/100 \text{ или } Ус = Y \times (100-y)/100$$

где - Ус - урожай (сборы) сухого вещества, т/га

У - урожайность основной продукции исследуемого материала, т/га

X - содержание сухого вещества, %

у - массовая доля влаги в урожае. %

Выполнил _____ Принял _____ Дата _____

Лабораторная работа

Растительная диагностика. Экспресс-анализ нитратов, фосфатов и калия в растениях по В. В. Церлинг

Обеспеченность растений химическими элементами необходимо контролировать по их химическому составу с учетом биологических возможностей и особенностей сорта, темпов роста и продолжительности различных периодов вегетации.

В связи с возможностью накопления в вакуолях клеток корня значительного количества пи-

тательных элементов, находящихся в растении в избытке, диагностику питания растений следует проводить с учетом анализа химического состава не только листьев и черешков, но и корней.

Одновременное исследование элементного состава листьев и корней позволяет сделать более обоснованное заключение об обеспеченности растений элементами питания.

Нормальной обеспеченностью растений элементами питания следует признать состояние определенного внутреннего насыщения, накопления в резервных зонах некоторого запаса химических элементов.

Цель растительной диагностики, входящих в состав комплексной диагностики питания, – обеспечение постоянного контроля условий выращивания и корректировки питания растений в процессе вегетации, что способствует более полному использованию питательных элементов почвы и удобрений.

Растительная химическая диагностика дополняет и уточняет диагноз, поставленный в ходе визуального осмотра растений. Этот метод предполагает проведение анализов по фазам вегетации индикаторных органов растений. Анализируют содержание в растениях элементов питания в отдельности и общее их количество. В соответствии с этим различают тканевую и листовую диагностику. Тканевая диагностика основана на анализе свежих проб растений на содержание в них химических элементов. В ходе листовой диагностики определяют общее содержание химических элементов после озоления листьев или других частей растения.

Диагностику питания студенты проводят во время лабораторно-практических занятий по В.В. Церлинг. Прибор содержит все необходимые реактивы и материалы для определения нитратов, ортофосфатов и калия в срезе растения и позволяет проводить анализ в полевых условиях. Результаты его позволяют дать скорее качественную оценку уровня минерального питания растений, чем количественную.

На основании полученных данных листовой диагностики (визуальная и химическая) студенты дают заключение о режиме питания растений и необходимости проведения подкормок. Результаты листовой диагностики заносятся в тетрадь.

Определение нитратов

Свежеприготовленные срезы (с помощью бритвы), лучше поперечные, тех или иных частей растений кладут на предметное стекло, с промежутком в 1-2 см; на срезы наносят по капле 1 % раствора дифениламина (реактив 1) и следят за появлением синей окраски. Интенсивность окрашивания сравнивают с цветной шкалой или таблицей и дают заключение о потребности растений в азотных удобрениях.

Шкала потребности растений в азотных удобрениях

Баллы	Средний балл поля	Характер окрашивания	Потребность в азотных удобрениях	Доза азота кг/га д.в.
6	2,6 – 3,0	Срез и раствор быстро и интенсивно окрашивается в сине-чёрный цвет. Окраска устойчивая	Не нуждается, избыток нитратов большой	Подкормка не целесообразна
5		Срез и раствор сразу окрашивается в тёмно-синий цвет. Окраска сохраняется некоторое время	Не нуждается, избыток нитратов большой	
4	1,9 – 2,5	Срез и раствор сразу окрашивается в синий цвет. Окраска наступает не сразу	Слабо нуждается	30
3		Срез и раствор сразу окрашивается в светло-синий цвет. Окраска исчезает через 2-3 минуты.	Средне нуждается	
2	1,0 – 1,8	Окрашиваются главным образом проводящие пучки в светло-голубой цвет. Окраска исчезает быстро	Нуждается	60
1		Следы голубой быстро исчезающей окраски	Сильно нуждается	
0		Нет синей окраски	Очень сильно нуждается	

Определение фосфатов

Белую ленту фильтровальной бумаги пропитайте 1-2 каплями молибдата аммония и высушите. Свежий поперечный срез стебля или черешка листа прижимают к фильтру и с помощью стеклянных палочек, выдавливаются сок из среза растений. После этого на пятно сока и отдельно на оставшуюся ткань среза наносят последовательно по 1 капле раствора бензидина и уксуснокислого натрия. При наличии фосфатов в растении появляется синее окрашивание капли сока и ткани растения. Интенсивность окраски сравнивают с показателями таблицы или цветной шкалой для определения фосфатов и дают заключение о потребности растений в фосфорных удобрениях.

Шкала потребности растений в фосфорных удобрениях

Балл	Характер окрашивания	Потребность растений
5	Отпечаток всего среза тёмно-синий, сосудистых пучков – иссинячёрный	Не нуждается
4	Отпечаток всего среза синий, сосудистых пучков – синий	Не нуждается или слабо
3	Отпечаток всего среза светло-синий, сосудистых пучков – синий	Средне нуждается
2	Отпечаток всего среза слабо-голубой, сосудистых пучков – синий	Нуждается
1	Отпечаток всего среза слабо-серо-голубой, сосудистых пучков серо-голубой	Сильно нуждается
0	Нет синей окраски	Очень сильно нуждается

Определение калия

На кружок фильтровальной бумаги, помещенный на стекло, кладут поперечный срез стебля, черешка или другой части растения (толщиной 1 мм), придавливают срез стеклянным пестиком или стеклянной палочкой, выжимают из него сок и затем сдвигают его с пятна. На пятно сока и срез наносят по капле дипикриламидата магния и соляной кислоты. Интенсивность окраски сравнивают с таблицей или цветной шкалой для определения калия, дают заключение о потребности растений в калийных удобрениях.

Шкала потребности растений в калийных удобрениях

Балл	Характер окрашивания	Потребность растений
5	Красно-суриковое	Не нуждается
4	Красно-оранжевое	Слабо нуждается
3	Оранжевое	Средне нуждается
2	Жёлто-оранжевое	Нуждается
1	Соломенно-оранжевое	Сильно нуждается
0	Лимонно-жёлтое	Очень сильно нуждается

Результаты записываю в баллах шкалы.

Проведите тканевую диагностику питания растения _____

Фаза развития _____, Дата определения _____

Элемент	Балл оценки							Средний балл	Потребность в удобрении
	0	1	2	3	4	5	6		
Азот									
Фосфор									
Калий									

Сделайте заключение об уровне питания культуры азотом, фосфором и калием

Средний химический состав сельскохозяйственных культур, %

Культура	Вода	Белки	Жиры	Клетчатка	Углеводы	Зола
Пшеница						
Овёс						
Ячмень						
Кукуруза						
Горох						
Лён						
Картофель						
Свёкла сахарная						
Свёкла кормовая						
Капуста белокочанная						
Томат						
Огурец						

Охарактеризуйте химический состав сельскохозяйственных культур

По хозяйственному выносу судят о размерах отчуждения питательных элементов с поля. В агрохимической практике при определении доз удобрений принято использовать данные выноса (В) питательных элементов единицей массы урожая основной продукции и побочной продукцией (приложение 1), удаляемой с поля. Расчет хозяйственного выноса ($V_{хоз.}$) питательных элементов в зависимости от урожайности (У) проводят по формуле: $V_{хоз.} = В \times У$

Решите задачу:

Определите хозяйственный вынос питательных элементов своего севооборота

Севооборот	Урожайность, т/га	Площадь, га	N		P ₂ O ₅		K ₂ O	
			кг/т	всего	кг/т	всего	кг/т	всего
1.								
2.								
3.								
4.								
5.								
6.								
7.								
Всего		Σ		Σ		Σ		Σ
На 1 гектар								

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Назовите культуры с повышенным хозяйственным выносом питательных элементов

Какие вы знаете органогенные элементы и укажите, какую долю от сухой массы растений они составляют?

Назовите зольные элементы, какую долю от сухой массы растений они составляют?

Дайте определение макроэлементам и напишите их - _____

Дайте определение микроэлементам и напишите их - _____

Биологические особенности растений, а также условия их выращивания определяют вынос элементов минерального питания урожаями различных культур.

Что понимают под биологическим, хозяйственным и остаточным выносами питательных веществ урожаем? _____

В каких формах поглощаются элементы питания растениями (азот, фосфор, калий, сера, хлор, бор, молибден, калий, кальций, магний, железо, цинк, марганец) _____

Каков механизм поступления питательных веществ в растение? _____

Что такое избирательная способность растений? _____

Как влияют условия внешней среды на поступление питательных элементов? _____

РАЗДЕЛ 3. СВОЙСТВА ПОЧВЫ В СВЯЗИ С ПИТАНИЕМ РАСТЕНИЙ И ПРИМЕНЕНИЕМ УДОБРЕНИЙ

После изучения основной и вспомогательной литературы предусмотренной данной темой и выполнения практических заданий, студент должен:

знать: агрохимические свойства почв и способы их оптимизации; методы почвенной диагностики; влияние удобрений на плодородие почв;

уметь: проводить почвенную диагностику питания культур, использовать результаты агрохимических анализов почв; составлять, читать и работать с совмещенными агрохимическими картограммами, решать вопросы, связанные с известкованием, фосфоритованием кислых почв и применением минеральных удобрений,

Что такое плодородие почвы? _____

Опишите основные свойства, определяющие плодородие почвы? _____

Укажите основные факторы, поддерживающие плодородие почвы? _____

Из каких фаз состоит почва, дайте краткую характеристику? _____

Что такое поглощательная способность, каково её значение в практике применения удобрений? _____

Какие виды поглощательной способности вы знаете, краткая характеристика? _____

Какую роль играет обменная поглощательная способность при применении удобрений? _____

Что такое ёмкость поглощения, какими факторами она определяется? _____

АГРОХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОЧВ

Отбор почвенных образцов и подготовка их к анализу

Для агрохимической характеристики сельскохозяйственных угодий почвенные образцы отбирают, как правило, с определенной площади поля. В полевых опытах площадь отбора одного смешанного образца равна площади всей делянки.

Отбор почвенных образцов проводят тростевым буром или лопатой со всей глубины пахотного слоя и только в специальных исследованиях образцы берут из двух или нескольких слоев почвы. Поскольку масса почвы, забираемая при одном уколе тростевого бура, невелика, то среднюю пробу составляют из нескольких разовых проб. Для получения среднего образца желательно отобрать возможно больше (разовых) индивидуальных проб одинаковой массы в разных местах участка.

Отбор смешанных почвенных образцов. Взятие почвенных образцов – ответственная и трудоёмкая работа. Неправильно отобранные смешанные образцы искажают агрохимическую характеристику. Существует несколько способов взятия смешанных почвенных образцов.

Выборочный способ. Смешанный образец составляется из индивидуальных образцов, взятых с небольшой площади 100 – 400 м², типичной в почвенном отношении и по рельефу для всего элементарного участка. Недостаток – полный охват всего элементарного участка.

Равномерный способ. Индивидуальные образцы берут в разных точках равномерно распределённых по площади элементарного участка. Равномерный способ может быть выполнен по оси участка, диагонали, крестом, кольцом и равномерно. При этом способе более полно охватывается вся площадь индивидуального участка, но он наиболее трудоёмкий.

Маршрутный способ. Взятие образцов выполняют через определённые равные расстояния по маршрутной линии в следующем порядке:

1. Короткую сторону элементарного участка делят пополам.
2. Из середины стороны начинают передвигаться вперёд, измеряя при этом шагами пройденный путь.
3. Заранее зная количество индивидуальных проб, которые необходимо взять с элементарного участка, рассчитывают расстояние между пунктами их отбора, деля длину на количество проб.
4. Первый индивидуальный образец отбирают на 5 – 10 м от кромки поля, а затем, двигаясь дальше, берут все остальные.

При отборе смешанных образцов почв рекомендуется метод маршрутного хода, он является самым производительным.

Всю обследуемую территорию разбивают на элементарные участки (. Элементарный участок - это площадь, с которой отбирается один смешанный образец почвы. Смешанный образец состоит из 20 – 40 индивидуальных (единичных) образцов. Площадь элементарного участка и его конфигурация устанавливаются с учетом однородности рельефа, почвенного покрова и вида сельскохозяйственного угодья и посева.

При завершении отбора смешанного образца почву тщательно перемешивают, очищают от растительных остатков. На каждом пакете или мешочке ставят номер образца. В каждый мешочек с отобранными образцами вкладывается этикетка.

Высушивание. Взятые образцы доставляются в лабораторию, где высушивают в хорошо проветриваемом помещении, но не на солнце, на бумаге до воздушно-сухого состояния. Высушивание почвы необходимо для обеспечения возможности последующих операций по размолу и просеиванию. Кроме того, сушка является средством фиксации образцов почвы (прекращается деятельность микроорганизмов). Почву насыпают тонким слоем (1-2 см) на бумагу. Большие комочки размягчают руками или раздробляют пестиком в ступке. Для сушки образцов почвы можно использовать сушильные камеры с температурой воздуха не выше 40 0С.

Размол и просеивание. Размол необходим для усреднения почвенного образца. Большая часть агрохимических анализов требует измельчения почвы до частиц размером не более 1 мм затем высушенные образцы полностью измельчают и одновременно просеивают через сито с отверстиями диаметром 1 мм. Обломки минералов и горная порода, которые остаются на сите (скелет почвы), взвешивают, отделяют и анализируют в дальнейшем, но сохраняются. Комочки, агрегаты почвы, не прошедшие через сито, вновь растираются и просеиваются. Операцию повторяют до тех пор, когда вся почва пройдет через сито.

Затем всю массу смешанного образца тщательно перемешивают, придают форму квадрата

(толщина 2 - 3 см), линейкой делят на четыре части двумя взаимно пересекающимися перпендикулярными линиями. Любые две противоположные части соединяют вместе, что и составит лабораторную пробу – масса почвы (25 – 30 г) необходимая для физико-химического анализа почвы. Две другие - ссыпают в стеклянные склянки или коробки и оставляют в запасе.

В последующем лабораторную пробу хорошо перемешивают, разравнивают на бумаге в виде квадрата (прямоугольника) слоем толщиной в 1 см. который линейкой разделяют на 26 - 30 мелких квадратов (2 x 2 или 3 x 3). После чего шпателем из каждого (или через один) квадрата отбирают небольшое количество почвы со всей глубины слоя почвенной лабораторной пробы, это и будет аналитическая проба – масса почвы, необходимая для выполнения отдельных агрохимических анализов.

Хранение почвенных образцов. Образцы почвы хранятся в чистом специальном помещении без доступа паров аммиака, кислот и других газов. Они легко поглощают пары этих веществ, поэтому меняют свои свойства. Вместе с тем помещение не должно быть далеко (в другом здании) от аналитической лаборатории.

Лучше всего хранить образцы почвы в стеклянных банках с завинчивающейся или притертой пробкой. Можно хранить в картонных коробках, полиэтиленовых мешочках и т. п. Образцы должны быть обязательно пронумерованы, иметь две этикетки: снаружи и внутри вместе с почвой.

Анализ почвенных образцов. В лаборатории каждый почвенный образец проверяют на содержание подвижных форм фосфора, обменного калия, величину обменной кислотности – массовые анализы. По их результатам вычерчивают агрохимические картограммы. Кислотность почвы определяется потенциометрическим методом, который основан на получении суспензии из почвы 1 н. раствором KCl при соотношении 1: 2,5 и измерении рН суспензии потенциометре (рН-метре).

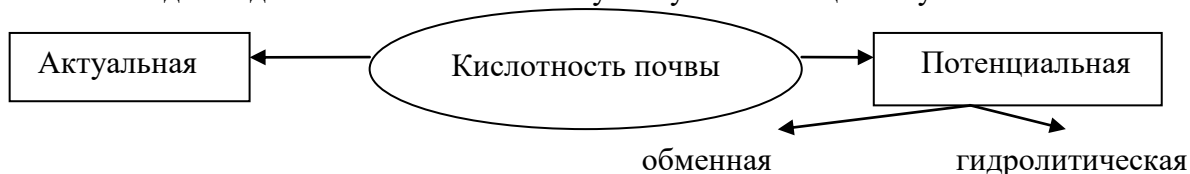
Подвижные формы фосфора и обменного калия определяют методами, рекомендованными для данного типа почв. В почвах лесной и лесостепной зон их определяют в 0,2 н. HCl-вытяжке по Кирсанову (при соотношении почвы к раствору 1:5). Подвижный фосфор определяют на фотоэлектроколориметре, а обменный калий – на пламенном фотометре.

Кроме массовых анализов проводят дополнительные - определяют содержание гумуса, нитратов, аммиачного и общего азота, обменную и гидролитическую кислотность, ёмкость поглощения почвы, сумму поглощенных оснований.

Кислотность почвы обусловлена содержанием в ней катионов водорода и алюминия.

Выделяют три вида кислотности: актуальная, обменная и гидролитическая. При этом две последние часто объединяют в вид потенциальной кислотности.

Различают два вида кислотности почв: актуальную и потенциальную.



Актуальная кислотность – это кислотность, почвенного раствора. Ее определяют, добавив в почву дистиллированную воду.

Обменная кислотность связана с содержанием в почвенно-поглощающем комплексе катионов водорода и способностью обмена их на катионы гидролитически нейтральных солей, например KCl.

Гидролитическая кислотность обусловлена содержанием в ППК не только катионов водорода, но и алюминия. Она включает в себя и актуальную и обменную кислотность. Ее определяют с помощью раствора гидролитически щелочной соли, например уксуснокислого натрия CH_3COONa .

Показания кислотности почвы имеют важное практическое значение, как в сельскохозяйственной практике, так и в культивировании различных видов садовых и парковых насаждений. Дело в том, что значительное количество выращиваемых растений предпочитают либо слабокислую, либо нейтральную реакцию среды и кислая реакция почв, что особенно характерно для дерново-подзолистых и серых лесных почв нашей области приведет к ухудшению условий вегетации.

Реакция почвы это - _____

Концентрация H ⁺ , г/л	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹
pH	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Реакция	кислая			нейтральная			щелочная		
Кислотность почвы это - _____									

Класс	Кислотность почвы	pH _{вод}	pH _{КСЛ}	Значение Нг, мг-экв/100 г почвы	Нуждаемость в известковании
1	Очень сильнокислые	-	< 4,0	> 6,0	очень сильная
2	Сильнокислые	3-4	4,1-4,5	5,1-6	сильная
3	Среднекислые	4-5	4,6-5,0	4,1-5,0	средняя
4	Слабокислые	5-6	5,1-5,5	3,1-4,0	слабая
5	Близкие к нейтральной		5,6-6,0	2,1-3,0	не нуждается
6	Нейтральные	7	>6,0	<2,0	
7	Слабощелочные	7-8			
8	Щелочные	8-9			
9	Сильнощелочные	9-11			

РАСЧЁТ ЁМКОСТИ КАТИОННОГО ОБМЕНА

Поглощённые на поверхности почвенно-поглощающего комплекса катионы Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, NH⁴⁺, Al³⁺, Na⁺, H⁺ и др. оказывают сильное влияние на состав почвенного раствора. Эти обменно-поглощённые катионы не вымываются из почвы и в то же время они вытесняются в почвенный раствор катионами растворимых солей и усваиваются растениями. По величине ёмкости поглощения судят о способности почвенно-поглощающего комплекса почвы удерживать в обменном состоянии определённое количество катионов из почвенного раствора. Почвы различаются не только величиной ЕКО, но и их составом.

Группировка почв по ёмкости катионного обмена

Класс почвы	Значение ЕКО, мг-экв/100 г почв	Уровень
I	< 5,0	очень низкий
II	5,1-15,0	низкий
III	15,1-25,0	умеренно низкий
IV	25,1-35,0	средний
V	35,1-45,0	умеренно высокий
VI	> 45,0	высокий

Используя значения Нг и S методом математического вычисления рассчитать ЕКО для выбранной почвы используя полученные значения, дать заключение о возможности использования фосфоритной муки.

Расчёт результатов:

$$ЕКО, \text{ мг-экв/100 г} = Нг + S \underline{\hspace{10em}}$$

где ЕКО – ёмкость катионного обмена почвы; Нг – значение гидролитической кислотности почвы, мг-экв/100 г почвы; S – значение суммы обменных оснований почвы, мг-экв/100 г почвы

РАСЧЁТ СТЕПЕНИ НАСЫЩЕННОСТИ ПОЧВ ОСНОВАНИЯМИ

Степень насыщенности почвы основаниями – отношение суммы поглощённых оснований к ёмкости поглощения катионов почвой. Этот показатель даёт весьма ценную ориентировку при обосновании необходимости известкования и возможности использования фосфоритной муки. По степени насыщенности почв определяют очерёдность полей в известковании.

Потребность почв в известковании

Степень насыщенности основаниями, %	Нуждаемость в известковании
< 50	
50-70	
70-80	
> 80	

Поглощённый натрий в солонцовых почвах определяют для установления необходимости в гипсовании. Поглощённые водород и алюминий обуславливают кислотность почвы, которую необходимо знать для выяснения потребности в известковании.

С помощью математического вычисления рассчитать степень насыщенности почвы основаниями (V)

$$V = S \times 100 / T, \% \text{ или } V = S \times 100 / S + H_g, \%$$

V - степень насыщенности почв основаниями, % ; S - сумма поглощённых оснований оснований, мг-экв./100 г почвы; H_г – гидролитическая кислотность, мг-экв./100 г почвы; T - емкость поглощения, мг-экв./100 г почвы

Группировка почв по сумме и степени насыщенности их основаниями

Класс	Содержание	Сумма поглощенных оснований (S), мг-экв./100 г почвы	Степень насыщенности основаниями V, %
I	Очень низкое	<5	< 30
II	Низкое	5,1-10	31-50
III	Среднее	10,1-15	51-70
IV	Повышенное	15,1-20	71-90
V	Высокое	20,1-30	>90
VI	Очень высокое	>30	

Дать заключение о нуждаемости почвы в известковании на основании полученных данных и возможности использования фосфоритной муки.

Исследованиями Б.А. Голубева установлено, что действие фосфоритной муки начинает проявляться при значении H_г= 2,5 мг-экв./100 г и выше. При значениях гидролитической кислотности выше указанной величины действие фосфоритной муки сравнивают с действием суперфосфата (нарисовать самостоятельно рисунок).

Рисунок. Зависимость действия фосфоритной муки от величин H_г и T
график Б.А. Голубева

Действие фосфоритной муки зависит не только от величины гидролитической кислотности(г), но и от таких показателей, как сумма обменных оснований (S), ЕКО (Т), и V. Полное действие фосфоритной муки наблюдается тогда, когда $Hг = 3 + 0,1 \times EKO$.

Можно ли вместо суперфосфата использовать фосфоритную муку, если почва бедна подвижными формами фосфора, $Hг = 5$, $S = 8,5$ мг-экв/100 г почвы? Ответ объясните

Решите задачу

Рассчитайте степень насыщенности почв основаниями и определите очередность известкования по следующим данным:

Почва	S, мг-экв/100 г.	Hг, мг-экв/100 г.	V, %	Очередность известкования
1	39	7		
2	10	5		
3	5	3		
4	8	4		
5	20	4		

ПОЧВЕННАЯ ДИАГНОСТИКА АЗОТНОГО, ФОСФОРНОГО И КАЛИЙНОГО ПИТАНИЯ РАСТЕНИЙ

Содержание азота зависит от многих факторов таких, например, как тип почвы, механический состав (в легких почвах содержание азота меньше, чем в почвах тяжелого гранулометрического состава), окультуренность, содержание гумуса и т.д.

Весь азот в почве подразделяется на органический и минеральный. Основное количество почвенного азота сосредоточено в органическом веществе почвы. Азот органического вещества почвы непосредственно недоступен для растений, поэтому об обеспеченности растений почвенным азотом судят по содержанию в почве минерального азота, на долю которого приходится 1-5 % от общего содержания азота. Он представлен в основном солями азотной (нитраты) и азотистой (нитриты) кислотами, а также солями аммония (например, сульфаты, хлориды аммония др.), фиксированным аммонием (находится в решетках минералов), нитраты и обменный аммоний являются основными источниками азота, обеспечивающими питание растения

Содержание фосфора зависит от гранулометрического состава, кислотности почвы, концентрации кальция и магния в почве, количества гумуса в ней. Практически во всех почвах преобладают минеральные фосфаты. Чем тяжелее гранулометрический состав почвы, тем выше содержание в ней фосфора в органической форме.

Минеральные соединения фосфора в почве представлены:

растворимыми солями – одно и двух замещенными фосфатами кальция, магния, калия, аммония, натрия и др. ($Ca(H_2PO_4)_2$, $Mg(H_2PO_4)_2$, $CaHPO_4$, $MgHPO_4$, K_3PO_4 , K_2HPO_4 , KH_2PO_4 , $(NH_4)_3PO_4$, $(NH_4)_2HPO_4$, $NH_4H_2PO_4$, Na_3PO_4 , Na_2HPO_4 , NaH_2PO_4).

труднорастворимыми солями – фосфатами алюминия, железа, кальция, магния ($AlPO_4$, $FePO_4$, $Ca_3(PO_4)_2$, $Mg_3(PO_4)_2$);

Вторая группа фосфатов не доступна для растений, так как они не растворимы в воде и слабых кислотах. Первая группа фосфатов доступна для растений. Количество фосфатов той или иной группы зависит от кислотности почвы и концентрации кальция и магния. например, в кислых почвах с $pH < 5$ преобладают ионы алюминия и железа, фосфор представлен $AlPO_4$, $FePO_4$; в почвах с $pH 6-8$ – преобладают $Ca(H_2PO_4)_2$, $Mg(H_2PO_4)_2$, а в почвах, где pH выше 8 – преобладает $Ca_3(PO_4)_2$, $Mg_3(PO_4)_2$.

Доступный фосфор – это минеральный фосфор и часть органического, которая в ближайшее время перейдет в минеральную форму и может быть использована растениями. Использование

фосфора растениями из почвы определяется её кислотностью: чем кислее почва, тем менее доступным становится фосфор

Для разработки рациональной системы удобрения в хозяйствах необходимо знать количество в почве как общего (валового) так и подвижного фосфора. Выбор формы фосфорного удобрения для каждой почвы, сроки и способы, дозы внесения их зависят от общего уровня плодородия почвы и количества подвижных фосфатов.

Для определения подвижных форм фосфора в почвах существуют различные методы, которые различаются прежде всего выбором реактива для получения соответствующей вытяжки. Для определения подвижных фосфатов на кислых и слабокислых почвах, как правило, применяют кислотные вытяжки и различные буферные смеси с исходным рН в пределах 1-5, а на карбонатных почвах — буферные смеси с рН 3,2-5,0 и щелочные вытяжки с рН 8,5-11,0.

Калий в почвах находится главным образом в нерастворимой, недоступной для растений форме. Содержание калия в почвах колеблется от 0,03 до 3 %. Содержание калия зависит от типа почв, минералогического и гранулометрического состава почв. Мало калия в песчаных, супесчаных почвах и торфяниках, богаты калием мощные черноземы и солонцы. Больше калия в почвах тяжёлого гранулометрического состава.

Практически весь калий в почвах содержится в минеральной форме. По доступности калия для растений выделяют пять групп:

калий органического вещества, – калий, входящий в состав растительных остатков. Эта форма калия недоступна, но после минерализации переходит в почвенный раствор и становится доступной.

калий труднорастворимых алюмосиликатов (полевые шпаты, слюды, гидрослюды). В эту группу входит основное количество калия (98-99 %). Растениями данные соединения не усваиваются.

необменный калий – фиксированный в межпакетных пространствах глинистых минералов. Для растений он недоступен.

обменный калий – находится на поверхности почвенно-поглощающего комплекса и способен обмениваться с другими катионами.

водорастворимый калий основной источник питания растений, представлен легкорастворимыми солями калия, находящимися в почвенном растворе. Доступен для растений, однако, содержание его очень низкое (от 1 до 7 мг/кг почвы).

Оптимальное значение подвижного фосфора и калия для произрастания сельскохозяйственных культур в севооборотах: зернотравяной 100-150 мг/кг почвы, зернопропашной 150-200, овощной 250-300 мг/кг почвы

По обобщенным результатам агрохимического картирования в системе агрохимической службы приняты следующие группировки почв

Группировка почв по содержанию питательных веществ (по Кирсанову)

Классы почв	Содержание подвижных форм P_2O_5 и K_2O	P_2O_5 мг/100г	K_2O мг/100г	Отзывчивость на удобрения
I	Очень низкое	< 2,5	< 4,0	Очень сильное
II	Низкое	2,6 - 5,0	4,1 - 8,0	Сильное
III	Среднее	5,1 – 10,0	8,1 - 12,0	Средняя
IV	Повышенное	10,1 – 15,0	12,1 - 17,0	Слабая
V	Высокое	15,1 - 25,0	17,1 – 20,0	Очень слабая
VI	Очень высокое	> 25,0	> 20,0	Отсутствует

Самостоятельная работа

Знакомьтесь с агрохимическими картограммами, составленными для хозяйств областным ФГУ «Центр химизации и сельскохозяйственной радиологии «Брянский», провести индивидуальную самостоятельную работу по оформлению совмещенной агрохимической картограммы кислотности, содержания подвижных форм фосфора, обменного калия и гумуса. В пояснительной записке к картограмме дать подробную агрохимическую характеристику почвы, оценить уровень ее

продуктивности, дать рекомендации по известкованию, фосфоритованию почв, применению минеральных и органических удобрений под культуры ваших севооборотов.

Используя агрохимические картограммы кислотности почв, содержания гумуса, подвижного фосфора и обменного калия заполните таблицу и напишите пояснительную записку.

Хозяйство _____, _____ района.

Почва _____

Экспликация почв по содержанию гумуса

Класс почвы	Условная окраска	Гумус, %	Степень обеспеченности	Площадь	
				га	%
I					
II					
III					
IV					
V					

Экспликация почв по кислотности

Класс почвы	Условная окраска	рН _{КС1}	Степень кислотности	Площадь	
				га	%
I					
II					
III					
IV					
V					
VI					

Экспликация почв по содержанию подвижного фосфора

Класс почвы	Условная окраска	P ₂ O ₅ , мг/100г	Степень обеспеченности	Площадь	
				га	%
I					
II					
III					
IV					
V					
VI					

Экспликация почв по содержанию обменного калия

Класс почвы	Условная окраска	K ₂ O, мг/100г	Степень обеспеченности	Площадь	
				га	%
I					
II					
III					
IV					
V					
VI					

Дать общее заключение о плодородии обследованных почв указать площади почв, нуждающихся в известковании, с низким содержанием гумуса и питательных элементов, почв, нуждающихся в комплексном агрохимическом окультуривании.

Объективно оценить уровень плодородия почвы по значению отдельных агрохимических показателей не представляется возможным. В агрохимической и агрономической практике принят комплексный показатель - индекс окультуренности (I_{OK}), среднеарифметическая величина относительных индексов используемых показателей, позволяющий дать оценку уровня плодородия почв. Индекса окультуренности почв рассчитывают следующим образом:

1. Рассчитывают относительный индекс ($I_{отн}$) по каждому используемому для оценки плодородия показателю формула:

$$I_{отн} = \frac{X_{фак} - X_{мин}}{X_{опт} - X_{мин}}$$

где $X_{фак}$ - фактическое значение показателя,
 $X_{мин}$ и $X_{опт}$ - минимальное и оптимальное значения показателя для данной почвы.

В качестве минимальных значений агрохимических показателей рекомендованы: рНКС1 – 3,5, содержание P_2O_5 и K_2O - по 2 мг/100 г почвы, гумуса – 0,5 %. Для торфяно-болотных почв минимальное значение показателей P_2O_5 и K_2O - 10 мг/100 г почвы. Если величина фактического показателя более оптимального, относительный индекс принимают за единицу. Определив относительный индекс каждого агрохимического показателя, рассчитываем индекс окультуренности, с точностью до 0,01, формула:

$$I_{ок} = \frac{I_{рН} + I_{P_2O_5} + I_{K_2O} + I_{гум}}{4}$$

По индексу окультуренности выделяют 4 степени окультуренности: **очень низкая** (индекс менее 0.4), **низкая** (0.41-0.60), **средняя** (0.61-0.80) и **высокая** (0.81-1.00). Связь урожайности с индексом окультуренности нелинейная.

Рассчитать относительный индекс и окультуренности почв вашего хозяйства?

$I_{рН} =$ _____

$I_{P_2O_5} =$ _____

$I_{K_2O} =$ _____

$I_{гум} =$ _____

$I_{OK} =$ _____

Заключение _____

Определение урожайности сельскохозяйственных культур, лимитируемой плодородием почвы

Используя приложения 1-4, провести расчет действительно возможного урожая, получаемого за счет эффективного плодородия почвы культур вашего севооборота без применения удобрений.

Действительно возможный урожай (ДВУ) характеризует продуктивность агробиоценоза, которая теоретически достижима при соблюдении агротехнологии, и лимитируется факторами плодородия. Действительно возможный урожай, получаемый за счет почвенного плодородия (ДВУ_{эф.}), рассчитывается из уровней урожая, обеспечиваемого основными элементами питания - азотом, фосфором и калием. Величина ДВУ определяется питательным элементом, находящимся в минимуме. Расчет ведут отдельно по каждому питательному элементу по формуле

$$ДВУ_{эф} = \frac{Д}{В}, \text{ ц/га товарной продукции, где}$$

Д - количество элемента питания, которое используется растением из почвы, кг(ц)/га;

В - вынос питательного элемента единицей продукции, кг/ц (прил. 1).

Возможное потребление питательных элементов растениями рассчитывают, исходя из запаса элементов питания в почве с учетом коэффициентов их использования (прил. 2). Расчет величины ДВУ, определяемого содержанием азота в почве, проводят по количеству гумуса в почве. Результаты всех расчетов занести в итоговую таблицу.

Пример расчета. Определить действительно возможный урожай озимой пшеницы, которая, может быть получена за счет эффективного плодородия почвы, почва серая лесная тяжелосуглинистая с содержанием гумуса 3,5%, подвижного P₂O₅ 100 мг/кг, обменного K₂O 95 мг/кг; глубина пахотного слоя 22 см, плотность 1,2 г/см³ (т/м³).

Для расчетов запаса элементов питания в пахотном слое необходимо, рассчитать массу пахотного слоя.

$$M_{\text{пах. слоя}} = V \times \rho, \text{ где}$$

V - объем пахотного слоя, м³; ρ - плотность пахотного слоя, т/м³.

$$V = S \times h, \text{ где}$$

S - площадь, м²; h - глубина пахотного слоя, м.

$$\text{Тогда } V = 10000 \times 0,22 = 2200 \text{ м}^3, m_{\text{пах. слоя}} = 2200 \times 1,2 = 2640 \text{ т}$$

Определение ДВУ по содержанию азота

Определяем содержание гумуса в почве.

В каждых 100 кг почвы содержится - 3,5 кг гумуса,

тогда в 2640000 кг почвы - X кг гумуса

$$X = (3,5 \times 2640000) / 100 = 92400 \text{ кг - запас гумуса в массе пахотного слоя на 1 га.}$$

Определяем содержание азота по запасам гумуса.

Принято считать, что содержание азота в гумусе равно 5 %. В каждых 100 кг гумуса содержится 5 кг азота, тогда

в 92400 кг гумуса - X кг азота

$$X = (5 \times 92400) / 100 = 4620 \text{ кг - общий запас азота на 1 га.}$$

Из этого количества азота минерализуется 1,5 %.

Из 100 кг азота гумуса образуется 1,5 кг минерального азота,

тогда из 4620 кг азота гумуса - X кг минерального азота.

$$X = (1,5 \times 4620) / 100 = 69,3 \text{ кг - запас минерального азота на 1 га.}$$

Найдем количество азота, которое может быть усвоено культурой.

Из этого запаса минерального азота озимая пшеница может усвоить 40 % (прил. 2).

Из каждых 100 кг азота усваивается 40 кг, тогда из

69,3 кг азота - X кг

$X = (40 \times 69,3) / 100 = 27,7$ кг - количество азота, которое может быть усвоено из почвы озимой пшеницей на формирование урожая.

Рассчитаем уровень урожая культуры, обеспечиваемый запасами почвенного азота.

На формирование 1 ц зерна озимой пшеницы с учетом соответствующего количества побочной продукции требуется 3 кг азота (прил. 1). $D = 27,7$ кг, $B = 3$ кг/ц

Тогда $DВУ_N = 27,7 / 3 = 9,2$ ц/га.

Действительно возможная урожайность сельскохозяйственных культур по плодородию почвы

Культура	Элемент питания		Действительно возможная урожайность			
	вид	запас, г/га	% использования	D, кг/га	B, кг/ц	по элементу, ц/га
Озимая пшеница	N	69,3	40	27,7	3	9,2
	P₂O₅	264,0	5	13,2	1,1	12,0
	K₂O	250,0	10	25,1	2,5	10,0
	N					
	P ₂ O ₅					
	K ₂ O					
	N					
	P ₂ O ₅					
	K ₂ O					
	N					
	P ₂ O ₅					
	K ₂ O					
	N					
	P ₂ O ₅					
	K ₂ O					
	N					
	P ₂ O ₅					
	K ₂ O					
	N					
	P ₂ O ₅					
	K ₂ O					

Определение ДВУ фосфору

Определяем запас фосфора в пахотном слое по содержанию его подвижных форм.

В каждом 1 кг почвы содержится 100 мг P_2O_5 , тогда
в 2640000 кг почвы - X мг P_2O_5

$$X = (100 \times 2640000) / 1 = 264000000 \text{ мг} = 264 \text{ кг} - \text{запас подвижных форм фосфора, га}$$

Найдем количество подвижных фосфора, которое используется растениями.

Из данного количества фосфора озимая пшеница сможет усвоить 5 % (прил. 2).

Из каждых 100 кг в почве усвоится 5 кг, тогда
из 264 кг - X кг.

$$X = (5 \times 264) / 100 = 13,2 \text{ кг} - \text{количество фосфора с 1 га, которое может быть усвоено из почвы озимой пшеницей на формирование урожая.}$$

Рассчитаем уровень урожая, обеспечиваемый запасами почвенных фосфатов.

На формирование 1 ц зерна озимой пшеницы с учетом соответствующего количества побочной продукции требуется 1,1 кг фосфора (прил. 1), $D = 13,2 \text{ кг/га}$, $B = 1,1 \text{ кг/ц}$

$$\text{Тогда ДВУ } P_2O_5 = 13,2 / 1,1 = 12,0 \text{ ц/га}$$

Определение ДВУ по калию

Определяем запас калия в пахотном слое по содержанию его подвижных соединений.

В каждом 1 кг почвы содержится 95 мг K_2O , тогда
в 2640000 кг почвы - X мг K_2O

$$X = (95 \times 2640000) / 1 = 250800000 \text{ мг} = 250,8 \text{ кг} - \text{запас обменных калия на 1 га.}$$

Из данного количества калия озимая пшеница сможет усвоить 10 % (прил. 2).

Из каждых 100 кг K_2O в почве усвоится 10 кг, тогда
из 250,8 кг - X кг.

$$X = (250,8 \times 10) / 100 = 25,1 \text{ кг}$$

Почвенные запасы калия могут обеспечить получение следующего уровня урожая.

На формирование 1 ц зерна озимой пшеницы с учетом соответствующего количества побочной продукции требуется 2,5 кг калия (прил. 1), $D = 25,1 \text{ кг/га}$, $B = 2,5 \text{ кг/ц}$

$$\text{Тогда ДВУ } K_2O = 25,1 / 2,5 = 10,0 \text{ ц/га}$$

По результатам расчёта сделать общее заключение о действительно возможной урожайности сельскохозяйственных культур за счёт эффективного плодородия.

РАЗДЕЛ 4.
ХИМИЧЕСКАЯ МЕЛИОРАЦИЯ. ИЗВЕСТКОВАНИЕ ПОЧВ
ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВА ИЗВЕСТКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Студент должен:

знать: отношение различных сельскохозяйственных культур к реакции среды и известкованию; взаимодействие извести с почвой, экологическое значение известкования; виды известковых удобрений; агротехнические требования при проведении известкования и экологические ограничения; требования к качеству известковых удобрений

уметь: определять дозы и место внесения извести в зависимости от гранулометрического состава, содержания гумуса, кислотности почвы, вида и чередования культур в агроценозах; оценить качество известкования;

Химическая мелиорация - _____

Экологическая роль кальция и магния в питании растений. _____

Для каждого вида растений существует наиболее благоприятная для условий его вегетации реакция среды. Кислая реакция среды почвы влияет негативно на растения по следующим причинам. В кислых почвах из-за повышенного содержания катионов водорода идет активное разрушение почвенных коллоидов, что снижает емкость поглощения, ухудшает ее структуру. Реакция среды неблагоприятна для жизнедеятельности микроорганизмов минерализаторов, что уменьшает минерализацию гумуса и соответственно количество доступных для растений форм элементов питания. Кроме этого катионы водорода и алюминия являются антагонистами катионов других элементов, что снижает их поступление в растения.

Для каждого вида растений существует определённый, наиболее благоприятный интервал реакции среды, отклонение от которого в сторону кислотности или щёлочности ухудшает их рост и развитие. По отношению к кислотности и известкованию растения разделяются на группы. Заполните таблицу.

Основные группы культур по отношению к кислотности и известкованию

Группа	Название группы	Интервал pH	Культуры
I			
II			
III			
IV			
V			

В известковании почв возникает необходимость тогда, когда создаётся несоответствие между реакцией почвы и требованиями возделываемых культур на ней. Поэтому при повышенной кислотности требуется проводить мероприятия по снижению кислотности. Необходимость известкования устанавливается по следующим признакам: _____

Оценка потребности почвы в известковании (по Корнилову)

Почвы	Потребность в известковании							
	сильная		средняя		слабая		отсутствует	
	pH _{KCl}	V, %	pH _{KCl}	V, %	pH _{KCl}	V, %	pH _{KCl}	V, %
Тяжело - и средне суглинистые	< 5,0	< 45	5,0-5,5	54-60	5,5-6,0	60-70	> 6,0	> 70
	< 4,5	< 50	4,5-5,0	50-65	5,0-5,5	65-75	> 5,5	> 75
	< 4,0	< 55	4,0-5,5	55-70	4,5-5,0	70-80	> 5,0	> 80
Легкосуглинистые	< 5,0	< 35	5,0-5,5	35-55	5,5-6,0	55-65	> 6,0	> 65
	< 4,5	< 40	4,5-5,0	40-60	5,0-5,5	60-70	> 5,5	> 70
	< 4,0	< 45	4,0-5,5	45-55	4,5-5,0	65-75	> 5,0	> 75
Супесчаные и песчаные	< 5,0	< 30	5,0-5,5	30-45	5,5-6,0	45-55	> 6,0	> 55
	< 4,5	< 35	4,5-5,0	35-50	5,0-5,5	50-60	> 5,5	> 60
	< 4,0	< 40	4,0-5,5	40-55	4,5-5,0	55-65	> 5,0	> 65

Определение доз известковых удобрений на основании показателей обменной и гидролитической кислотности

При повышенной кислотности требуется проводить мероприятия по ее снижению за счет внесения в почву известковых удобрений. При этом следует учитывать отношение к реакции среды отдельных видов растений. Например, если реакция почвы слабокислая и на данном участке будут возделываться культуры третьей группы, то необходимости известковать данную почву отсутствует, так-так показатели кислотности для данных видов растений благоприятны. Если же при данных условиях мы собираемся возделывать культуры первой и второй группы такие, то возникает необходимость провести мероприятия по нейтрализации почвы.

Расчет доз вносимых известковых удобрений проводят двумя методами:

1. Расчет известкования на основании обменной кислотности

В большинстве случаев известкование проводят на основании показателей обменной кислотности. Для улучшения условий вегетации растений этого бывает достаточно. При расчете доз известки учитывают следующие показатели:

- 1) Показатель pH_{KCl}
- 2) Тип почвы
- 3) Гранулометрический состав почвы
- 4) Показатели качества известковых материалов (влажность %, содержание CaCO₃ и MgCO₃ %, содержание неактивных частиц %)

Рекомендуемые дозы известки, для почв Центрального района Нечернозёмной зоны, т/га

Механический состав почвы	pH _{KCl}								
	3,8-3,9	4,0-4,1	4,2-4,3	4,4-4,5	4,6-4,7	4,8-4,9	5,0-5,1	5,2-5,3	5,4-5,5
Песчаные	5,4	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0	-
Супесчаные	7,0	5,5	4,5	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5	-
Легкосуглинистые	8,0	6,5	5,5	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,5
Среднесуглинистые	9,0	8,0	6,5	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0
Тяжелосуглинистые	10,5	9,5	7,5	6,5	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0
Глинистые	14,5	10,5	9,0	7,0	6,5	6,0	5,5	5,0	4,5

2. Расчет известкования на основании гидролитической кислотности проводят в тех случаях, когда надо полностью нейтрализовать катионы водорода и алюминия, находящиеся в почве. Расчет дозы CaCO_3 на 1 га производится по формуле 6 исходя из массы пахотного слоя.

$$D = \frac{H_2 \times 500 \times 3000000}{1000000000} = H_2 \times 1,5, \text{ где}$$

Д - доза CaCO_3 , т/га;

Н – гидролитическая кислотность, мг-экв. на 100 г почвы;

500 - количество CaCO_3 , для нейтрализации 1 мг-экв кислотности в 1 кг почвы, мг;

3000000 - масса почвы пахотного слоя на 1 га, кг;

1000000000 - коэффициент для перевода мг CaCO_3 в т.

Следующим этапом в разработке плана известкования является определение доз известковых удобрений. Дозу известкового удобрения в физическом весе с учётом влажности, примесей и содержания крупных частиц определяют по формуле

$$D = \frac{H \times 1000000}{(100 - B) \times (100 - K) \times \Pi}, \text{ где}$$

Д - количество известкового удобрения, т/га;

Н - норма чистого и сухого CaCO_3 , которую определяют по гидролитической кислотности или по таблицам, откорректированная в зависимости от севооборота, т/га;

В - влажность удобрения, %;

К - количество примесей и частиц крупнее 1 мм, %;

Π - нейтрализующая способность известкового удобрения в пересчете на CaCO_3 или содержание $\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$, %.

Пример расчета:

Рассчитать норму внесения доломитовой муки в физической массе необходимой для нейтрализации почвы по следующим показателям: почва дерново-подзолистая среднесуглинистая; кислотность $\text{pH}_{\text{КСI}}$ - 4,8; показатели качества известкового материала: влажность – 7%, содержание CaCO_3 и MgCO_3 – 82 %, содержание неактивных частиц (примесей) – 8 %; площадь поля 40 га.

Определяем норму внесения доломитовой муки в физической массе т/га на основании вносимого действующего вещества CaCO_3 т/га (находим по справочной таблице учитывая показатели кислотности $\text{pH}_{\text{КСI}}$, гранулометрический состав почвы - в нашем случае это 4,5 т/га).

$$D = \frac{H \times 1000000}{(100 - B) \times (100 - K) \times \Pi}$$

Находим норму внесения известкового удобрения на общую площадь т/поле (участок)

Пример расчета

Рассчитать норму внесения доломитовой муки необходимой для нейтрализации почвы по следующим показателям: Нг – 3,8 мг-экв/100 гр почвы; показатели качества известкового материала: влажность – 10 %, содержание CaCO_3 и MgCO_3 -92%, содержание неактивных частиц – 8%; площадь поля 50 га.

При проведении известкования кислых почв следует учитывать уровень загрязнения их радионуклидами. При загрязнении от 1 до 5 Ки/км² норму известкового материала увеличивают в 1,3 раза, от 5 до 15 Ки/км² – 1,5 раза, от 15 до 40 Ки/км² – 2 раза.

В зависимости от типа севооборота дозы извести (CaCO_3) корректируют

Севооборот	Доза извести в долях от полной
Полевой с многолетними травами	1 - при малых площадях картофеля (10 – 15 %); 3/4 - при больших площадях
Кормовой с корнеплодами	1,2 - при внесении борных удобрений
Льняной	1 - на связных, буферных, средне- и тяжелосуглинистых почвах; 1/2 - на песчаных и супесчаных
Картофельный	1/2 - на легких; 3/4 - на тяжелых окультуренных
Овощной	1 или 1,25 - 1,30

Например, для льняного севооборота для одного из полей найдена доза CaCO_3 5 т/га. На песчаных и супесчаных почвах, доза CaCO_3 будет равна 2,5 т/га и т. д.

В соответствии с агрохимической характеристикой почвы, рассчитать дозы извести, общую потребность в известковых материалах, составить многолетний план известкования своего севооборота с обоснование норм внесения, выбора форм известковых удобрений, сроков внесения, способов заделки в почву и технику, а также экологическую роль известкования и особенности известкования почв, загрязнённых радионуклидами. Назвать наиболее устойчивые к кислотности почв сельскохозяйственные культуры.

Расчет норм извести в севообороте

Тип почвы: _____, Механический состав: _____, севооборот _____

Культуры севооборота	Мех. состав	рН _{KCl}	Рассчитанная норма, т/га		Нг	Рассчитанная норма, т/га		С учетом загрязнения Cs137, т/га
			CaCO_3 по рН _{KCl}	Известков. материала		CaCO_3 по Нг	Известков. материала	

План известкования почв _____ севооборота

Культуры севооборота	ГОД		ГОД		ГОД		ГОД		ГОД		ГОД		ГОД	
	Кул-ра	Норма CaCO_3	Кул-ра	Норма CaCO_3	Кул-ра	Норма CaCO_3	Кул-ра	Норма CaCO_3	Кул-ра	Норма CaCO_3	Кул-ра	Норма CaCO_3	Кул-ра	Норма CaCO_3

Заключение: _____

Основные свойства известковых удобрений

Удобрения	Способ получения	Общее содержание $\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$ в пересчёте на CaCO_3 ? %	Форма извести	Влажность	Характер действия и особенности применения

Основные свойства известковых удобрений

Удобрения	Способ получения	Общее содержание $\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$ в пересчёте на CaCO_3 ? %	Форма извести	Влажность	Характер действия и особенности применения

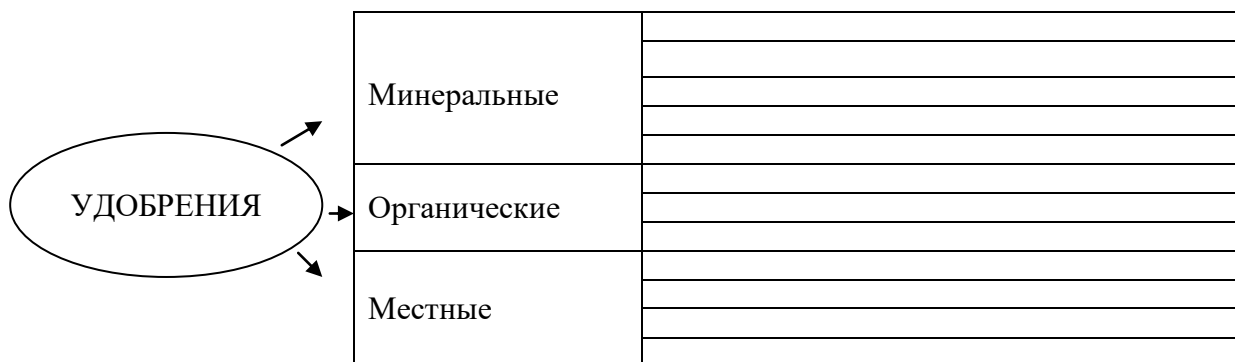
РАЗДЕЛ 5

УДОБРЕНИЯ, ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И СВОЙСТВА

При выполнении практических заданий и лабораторных работ по данной теме, студент должен:
знать: классификацию удобрений, ассортимент минеральных удобрений; химический состав, ГОСТ на основные показатели, свойства удобрений; характер взаимодействия их с почвой; влияние на качество урожая и окружающую среду, условия хранения удобрений; наиболее эффективные способы их использования.

уметь: быстро и безошибочно отличать удобрения по внешнему виду и одной или двум характерным качественным реакциям; выбрать наиболее подходящие удобрения и технологию их применения в конкретных условиях;

приобрести практические навыки: распознавания неизвестных ранее удобрений; решения задач, возникающих в производственных ситуациях, определения действительно возможной урожайности за счёт вносимых удобрений, оценки эффективности удобрений.



Что такое удобрение? _____

Что такое вид, форма и доза удобрений? _____

Основные приёмы и способы внесения удобрений: _____

Расчет доз удобрений в физической массе на основе действующего вещества

Минеральные удобрения имеют неодинаковое питательных веществ. В связи, с чем расчет доз и норм удобрений ведется в двух формах – в физической массе и в действующем веществе.

В обоих случаях расчет может производиться в килограммах, центнерах и тоннах.

Выбор формы расчета и единицы измерения зависит от объемов применения удобрений.

Рассмотрим порядок проведения расчетов на конкретном примере.

Пример 1. Под кормовые корнеплоды на площади 1,5 га в расчете на 1 га внесли 150 кг аммиачной селитры (34,5% д.в.), 200 кг суперфосфата (20% д.в.) и 120 кг хлорида калия (60% д.в.). Необходимо определить количество действующего вещества внесенного на 1 га и на всю площадь.

Находим количество питательных веществ внесенных под корнеплоды.

100 кг аммиачной селитры - 34,5 кг азота

150 кг аммиачной селитры – х кг азота

$$X = (150 \times 34,5) / 100 = 51,8 \text{ кг азота}$$

100 кг суперфосфата - 20 кг фосфора

200 кг суперфосфата – х кг фосфора

$$X = (200 \times 20) / 100 = 40 \text{ кг фосфора}$$

100 кг хлорида калия - 60 кг калия

120 кг хлорида калия – х кг калия

$$X = (120 \times 60) / 100 = 72 \text{ кг калия}$$

Определяем количество азота, фосфора и калия внесенного на всю площадь (1,5 га).

Азота $51,8 \times 1,5 = 77,7$ кг

Фосфора $40 \times 1,5 = 60$ кг

Калия $130 \times 1,5 = 195$ кг

Дозы могут быть указаны не в удобрении, а в действующем веществе. Зная процентное содержание действующего вещества можно провести расчет внесения удобрений в физической массе по следующей схеме - доза, выраженная в действующем веществе, умножается на 100 и делится на процентный состав.

Пример 2. Под кормовые корнеплоды на площади 1,5 га в расчете на 1 га внесли 150 кг д.в./га аммиачной селитры (34,5% д.в.), 200 кг д.в./га суперфосфата (20% д.в.) и 120 кг д.в./га хлорида калия (60% д.в.). Необходимо определить количество удобрений в физической массе на 1 га

100 кг аммиачной селитры - 34,5 кг азота

Х кг азота - 150 кг аммиачной селитры

$$X = (100 \times 150) / 34,5 = 434,8 \text{ кг/га аммиачной селитры}$$

100 кг суперфосфата - 20 кг фосфора

Х кг фосфора - 200 кг суперфосфата

$$X = (100 \times 200) / 20 = 1000 \text{ кг/га фосфоритной муки}$$

100 кг хлорида калия - 60 кг калия

Х кг калия - 120 кг хлорида калия

$$X = (100 \times 120) / 60 = 200 \text{ кг/га хлористого калия}$$

Лабораторная работа

Распознавание минеральных удобрений по качественным реакциям

В связи с тем, что удобрения бывает трудно отличить друг от друга, необходимо уметь их определить, чтобы избежать ошибок при использовании. Это можно сделать с помощью *качественного* и *количественного* анализа удобрений.

Качественный анализ позволяет идентифицировать удобрения при использовании небольшого набора реактивов (растворы BaCl_2 , NaOH , AgNO_3 , HCl или CH_3COOH , дифениламина) древесного угля и лакмусовой бумаги. При загрязнении удобрений, потере документации, а также при сходстве удобрений по внешнему виду для эффективного их использования очень важно выяснить вид и форму применяемого удобрения.

Количественный анализ позволяет определить содержание действующего вещества (д. в.) в удобрении, которое необходимо знать для контроля за качеством удобрений и точного расчета его массы в соответствии с рекомендуемой дозой внесения.

Для качественного и количественного анализа необходимо правильно отобрать пробы.

Удобрения по внешнему виду часто очень сходны между собой. Они представляют собой кристаллический или аморфный порошок, сыпучий или слежавшийся, в зависимости от степени гигроскопичности. При перевозке и хранении удобрения загрязняются различными примесями, что может привести к изменению не только их внешнего вида, но и состава. В связи с этим возникает необходимость уметь распознавать удобрения, их принадлежность к той или иной группе (азотные, фосфорные, калийные и т.д.) с помощью простых качественных реакций с небольшим количеством доступных реактивов.

По внешнему виду все минеральные удобрения делят на две группы – кристаллические и аморфные (порошковидные).

Кристаллические удобрения хорошо растворимы в воде.

Аморфные – слабо растворимы или нерастворимы.

Кристаллическое строение характерно для азотных удобрений (кроме цианамид кальция – CaCN_2), калийных удобрений (кроме калимага $\text{K}_2\text{SO}_4 \times 2\text{MgSO}_4$ и печной золы) и сложных азотно-фосфорно-калийных удобрений – аммофоса ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$), диаммофоса ($(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$), нитрофоски.

Аморфное состояние характерно для фосфорных и известковых удобрений.

Цвет. Устанавливают визуально, принимая во внимание возможность его изменения при транспортировке и хранении.

Влажность. При хранении в закрытом помещении одни удобрения остаются сухими и сыпучими, другие впитывают влагу вследствие высокой гигроскопичности (поглощения паров воды из воздуха).

Растворимость в воде. Минеральные удобрения делят на две группы - хорошо и трудно растворимые в воде.

Все кристаллические удобрения (азотные, калийные и аммофос) хорошо растворимы в воде, все аморфные (фосфорные, известковые, а также калимаг и цианамид кальция) слабо растворимы или нерастворимы в ней.

Для определения растворимости в пробирку помещают 1 г удобрения, приливают 10 мл дистиллированной воды, встряхивают и наблюдают.

Основные качественные реакции при определении свойств удобрений

Реакция со щелочью. Необходима для выявления аммиака в удобрении. К 2 мл водного раствора удобрения в пробирке добавляют 1 мл щелочи и смесь осторожно подогревают на газовой горелке или на спиртовке. Присутствие аммиака устанавливают по посинению введенной в отверстие пробирки красной лакмусовой бумажки или (при отсутствии ее) по запаху.

Реакция с хлоридом бария. Показывает присутствие в удобрении сульфат-иона (SO_4^{2-}). К 2 мл раствора удобрения добавляют 2-3 капли раствора BaCl_2 . Если в растворе находится сульфат-ион, то выпадает осадок BaSO_4 . Если это действительно сульфат бария, то при добавлении в ту же пробирку 1 мл слабой соляной или уксусной кислоты осадок не растворяется.

Реакция с нитратом серебра. К 2 мл раствора удобрения прибавляют 2-3 капли раствора AgNO_3 и содержимое пробирки встряхивают. Появление белого створаживающегося осадка хло-

рида серебра указывает на присутствие хлора в удобрении. Если выпадает желтый осадок, удобрение содержит фосфор (в желтый цвет окрашен фосфат серебра, возникающий в процессе реакции). Нитрат серебра дает белый осадок также с сульфат-ионом, однако в этом случае осадка образуется гораздо меньше, чем при реакции сульфат-иона с хлоридом бария.

Поведение на раскаленном угле. На раскаленный в ложечке или на шпатель уголь насыпают 0,2-0,3 г удобрения (с кончика ножа) и отмечают быстроту его сгорания, цвет пламени, запах.

Поведение на раскаленном угле дает возможность отличить калийные удобрения от азотных. Калийные удобрения в этом случае не дают характерных реакций. Они не сгорают, не имеют определенного запаха, остаются без изменений, иногда лишь потрескивают на угле. Селитры, наоборот, сгорают, а цвет пламени позволяет различить их. Натриевая селитра вспыхивает и быстро сгорает, образуя желто-оранжевое пламя, калийная селитра также вспыхивает и быстро сгорает, но в отличие от натриевой, дает фиолетовое пламя, аммиачная селитра сгорает, образуя белое пламя, иногда только плавится, чадит и выделяет белый дым с запахом аммиака.

Реакция с дифениламином. На смоченную раствором удобрения поверхность белой фарфоровой чашки наносят 1-2 капли дифениламина. Появление синего окрашивания указывает на присутствие нитрат-ионов.

Реакция с кислотой. Обнаруживает карбонат-ион. В пробирку помещают 1 г (1 чайную ложку) сухого удобрения и осторожно приливают из капельницы несколько капель соляной кислоты (реактив ба). Вскипание содержимого пробирки (выделение пузырьков углекислого газа) указывает на присутствие карбонатов в удобрении.

Реакция хлорида бария или нитрата серебра с трудно растворимым удобрением. К прозрачной жидкости над не растворившимся удобрением прибавляют 2-3 капли указанных реактивов.

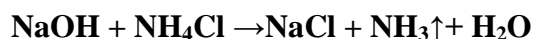
Ход анализа кристаллических и аморфных удобрений различен

1. Диагностика кристаллических удобрений:

Испытывают поведение растертых кристаллов удобрения на раскаленном древесном угле: амидные и аммиачные удобрения плавятся с выделением аммиака; нитратные - вспыхивают и быстро сгорают: натриевая селитра – желтым пламенем, калийная селитра – фиолетовым, аммиачная селитра – вспыхивает и быстро сгорает с выделением белого дымка (аммиака).

Растворяют примерно 1 г удобрения в 15-20 мл дистиллированной воды. Раствор разливают в три пробирки и добавлением 10 % - NaOH или KOH, 5 % BaCl₂ и 1 % AgNO₃ устанавливают содержание конкретного катиона или аниона.

Так, при действии щелочи на раствор удобрения, содержащего ион аммония (NH₄Cl, NH₄NO₃, (NH₄)₂SO₄), выделяется аммиак, который определяется по запаху:



Мочевина при реакции со щелочью характерных продуктов не дает.

Реакция с хлористым барием позволяет определить наличие в составе удобрения иона SO₄. К раствору удобрения в пробирке прибавляют 2-3 капли BaCl₂. Появление белого осадка (BaSO₄), нерастворимого в слабой уксусной или соляной кислоте, подтверждает присутствие в составе удобрения иона SO₄.

Реакция с азотнокислым серебром служит для определения иона хлора: к раствору удобрения добавляют 2-3 капли AgNO₃. Появление белого творожистого осадка указывает на присутствие в составе удобрения иона Cl⁻.

Калийные удобрения, в отличие от азотных, не сгорают и не плавятся на раскаленном древесном угле, а лишь потрескивают или остаются без изменения. При добавлении щелочи к раствору калийных удобрений характерных продуктов реакции не обнаруживается.

Диагностика калийных удобрений основывается как на внешних особенностях, так и на их химических реакциях (AgNO₃, BaCl₂).

Хлористый калий (KCl) обычно имеет вид белых мелких кристаллов; 40 %-ная калийная соль (смесь KCl с сильвинитом) – состоит из смеси белых, розовых, красных мелких кристаллов; сильвинит (mKCl × nNaCl) – представлен крупными кристаллами розового, белого, синего цвета; сернокис-

лый калий (K_2SO_4) – состоит из мелких белых или кремовых кристаллов. Каинит ($KCl \times MgSO_4 \times 3H_2O$) и калимагнезия ($K_2SO_4 \times MgSO_4$) дают хорошо выраженную реакцию на ион SO_4

Но в отличие от сернокислого калия последние обнаруживают заметную реакцию и на хлор-ион (муть в растворе калимагнезии и белый творожистый осадок в растворе каинита).

II. Распознавание аморфных удобрений начинают с разделения их на две группы:

Первая группа имеющие белый или серый цвет: известковые, суперфосфат ($Ca(H_2PO_4)_2 \times H_2O$), преципитат ($CaHPO_4 \times 2H_2O$), гипс ($CaSO_4$).

Вторая группа имеющие черный и землисто-серый цвет: фосфоритная мука ($Ca_3(PO_4)_2$), томасшлак ($4CaO \times P_2O_5$), цианамид кальция ($CaCN_2$) и калимаг ($K_2SO_4 \times 2MgSO_4$).

Качественный анализ удобрений первой группы начинают с реакции 10%-ным раствором HCl . Если при действии кислоты на удобрение наблюдается вскипание – это известковый материал. Суперфосфат, преципитат и гипс - не вскипают. Суперфосфат обычно представлен в виде порошка или гранул диаметром 1 - 4 мм. Водная суспензия суперфосфата имеет кислую реакцию, что определяется по изменению цвета синей лакмусовой бумажки в розовый. Преципитат и гипс отличают друг от друга реакцией с $AgNO_3$. При добавлении в водный раствор преципитата 2-3 капель $AgNO_3$ выпадает желтый осадок.

Плохо растворимые в воде удобрения второй группы различают по внешнему виду и реакции раствора (проба на лакмус).

Фосфоритная мука - это тонкий порошок землистого-серого цвета, имеющий нейтральную реакцию.

Томасшлак – имеет темно-серую окраску, щелочную реакцию среды. При действии на сухое удобрение кислоты бурно “вскипает”.

Цианамид кальция – иссиня-черный порошок с запахом керосина, имеющий щелочную реакцию среды. При добавлении соляной кислоты к сухому удобрению наблюдается бурное вскипание с образованием на стенках пробирки черных колец при оседании пены.

Калимаг состоит из гранул темно-серого цвета. Суспензия калимага дает хорошо выраженную реакцию на ион SO_4 .

Идентификация неизвестного удобрения

Используя общую схему распознавания минеральных удобрений, определите предложенные Вам удобрения и дать их описание и заполните таблицу.

Описание распознанного удобрения

Название удобрения _____, химическая формула _____,
содержание д. в., % _____, форма питательного элемента, _____, взаимодействие
удобрения с почвой _____,
на каких почвах удобрение наиболее эффективно _____,
для каких культур наиболее пригодно _____,
наилучший способ использования _____.

Название удобрения _____, химическая формула _____,
содержание д. в., % _____, форма питательного элемента, _____, взаимодействие
удобрения с почвой _____,
на каких почвах удобрение наиболее эффективно _____,
для каких культур наиболее пригодно _____,
наилучший способ использования _____.

Название удобрения _____, химическая формула _____,
содержание д. в., % _____, форма питательного элемента, _____, взаимодействие
удобрения с почвой _____,
на каких почвах удобрение наиболее эффективно _____,
для каких культур наиболее пригодно _____,
наилучший способ использования _____.

Название удобрения _____, химическая формула _____,
 содержание д. в., % _____, форма питательного элемента, _____, взаимодействие
 удобрения с почвой _____,
 на каких почвах удобрение наиболее эффективно _____,
 для каких культур наиболее пригодно _____,
 наилучший способ использования _____.

Название удобрения _____, химическая формула _____,
 содержание д. в., % _____, форма питательного элемента, _____, взаимодействие
 удобрения с почвой _____,
 на каких почвах удобрение наиболее эффективно _____,
 для каких культур наиболее пригодно _____,
 наилучший способ использования _____.

Результаты качественного анализа удобрений

№ удоб- рения	Строение	Цвет, запах	Растворимость в воде	Проба на угле	Реакции						Состав, формула	Название удобрения
					кислотой	щёлочью	дифениламином	BaCl ₂	AgNO ₃	лакмус		

АЗОТ И АЗОТНЫЕ УДОБРЕНИЯ

1. Роль азота в жизни растений. _____

2. Основные источники питания растений азотом _____

Основные химические и физические свойства азотных удобрений

Удобрение	Химический состав	Содержание азота, %	Растворимость в воде	Рассеиваемость при хранении	Слѣживаемость при хранении	Гигроскопичность по 10 бал. шкале	Условия смешивания с другими удобрениями

Таблица 18

Основные агрономические свойства азотных удобрений

Удобрение	Форма азота	Действие почвы на удобрение	Действие удобрения на почву	Для каких почв наиболее пригодно	Для каких культур имеет особое значение	Какой способ внесения агрономически ценен

Самостоятельная работа

Для культур своего севооборота рассчитайте дозы азотных удобрений, на запланированный урожай, используя формулу, определите формы удобрений с учётом биологических особенностей, сроки и способы внесения с учётом почвенно-климатических условий и марок сельхозмашин.

$$D = \frac{Y \times B - Z \times K_{II}}{K_V}$$

где D – доза удобрений кг, д.в

Y – урожайность ц/га;

B – вынос элементов питания урожаем, кг/ц (приложение 1);

K_{II} – коэффициент использования элементов питания из почвы (приложение 2);

K_V – коэффициент использования элементов питания из удобрений (приложение 3,4).

Культура	Урожайность, ц/га	Доза удобрений, кг д.в./га	Форма удобрения	Срок и способ внесения

Решите задачи:

1. Определите вынос азота кукурузой при урожайности 520 ц/га. _____
2. Какую площадь можно удобрить 10 т аммиачной селитры при дозе азота 60 кг/га?

3. Определите содержание азота в почве при содержании гумуса 1,8; 2,0; 3,5; 4,2 %.

4. Определите дозу (физической массе) натриевой селитры под сахарную свёклу при урожайности 40 т/га? _____

5. Какое количество азота может использовать озимая пшеница из дерново-подзолистой почвы при содержании азота 5 мг/100 г. _____

6. Определите сколько необходимо внести удобрений при дозе N_{75} в физической массе
 $NaNO_3$ _____, $Ca(NO_3)_2$ _____, $(NH_4)_2SO_4$ _____, NH_4Cl _____
 NH_4NO_3 _____, NH_3 _____, $CO(NH_2)_2$ _____
7. Сколько необходимо внести извести для нейтрализации 1 ц кислых азотных удобрений?
 $(NH_4)_2SO_4$ _____, NH_4NO_3 _____, NH_4Cl _____, $NH_3 + H_2O$ _____

Основные химические и физические свойства фосфорных удобрений

Удобрение	Химический состав	Содержание фосфора, %	Форма	Рассеиваемость при хранении	Условия смешивания с другими удобрениями

Основные агрономические свойства фосфорных удобрений

Удобрение	Действие почвы на удобрение	Действие удобрения на почву	Для каких почв наиболее пригодно	Для каких культур имеет особое значение	Какой способ внесения агрономически ценен

Решите задачи:

1. Определите вынос фосфора картофелем при урожайности 250 ц/га. _____
2. Какую площадь можно удобрить 6 т суперфосфата простого при дозе P_2O_5 120 кг/га?

4. Определите дозу (физической массе) суперфосфата двойного под кукурузу при урожайности 420 ц/га? _____

5. Какое количество фосфора может использовать озимая пшеница из дерново-подзолистой почвы при содержании фосфора 15 мг/100 г. _____

6. Определите сколько необходимо внести удобрений при дозе P_{80} в физической массе
суперфосфата простого _____
суперфосфата двойного _____
преципитата _____
фосфоритной муки _____
7. Какое количество фосфора необходимо внести в дерново-подзолистую почву, чтобы увеличить содержание подвижного фосфора на 1 мг/кг почвы? _____

Самостоятельная работа

Для культур своего севооборота рассчитайте дозы фосфорных удобрений, на запланированный урожай определите формы удобрений с учётом биологических особенностей, сроки и способы внесения с учётом почвенно-климатических условий и марок сельхозмашин.

Культура	Урожайность, ц/га	Доза удобрений, кг д.в./га	Форма удобрения	Срок и способ внесения

КАЛИЙ И КАЛИЙНЫЕ УДОБРЕНИЯ

Основные функции калия в жизни растений. _____

Основные источники питания растений калием _____

В каких формах содержится калий в почве их трансформация и характеристика?

Экологические аспекты применения калийных удобрений _____

Что является сырьём для производства калийных удобрений? _____

Назовите культуры высоко требовательные к уровню калийного питания? _____

Натрий содержащие калийные удобрения имеют значения: _____

Какова реакция сельскохозяйственных культур на хлор? _____

Как влияет известкование на эффективность калийных удобрений? _____

Коэффициент использования растениями калия из почвы и удобрений _____

Особенности применения калийных удобрений в условиях радиоактивного загрязнения. _____

Решите задачи:

1. Определите вынос калия картофелем при урожайности 300 ц/га. _____
2. Какую площадь можно удобрить 3 т сульфата калия при дозе K_2O_5 100 кг/га? _____
4. Определите дозу (физической массе) хлористого калия под пшеницу при урожайности 25 ц/га? _____
5. Какое количество калия может использовать озимая пшеница из дерново-подзолистой почвы при содержании калия 12 мг/100 г. _____
6. Определите сколько необходимо внести удобрений при дозе K_{100} в физической массе
сильвинит _____
калий хлористый _____
смешанная соль _____
калимагнезия _____

Основные физико-химические и агрономические свойства комплексных удобрений

Удобрение	Способ получения	Химическая формула	Соотношение N:P:K	Для каких почв наиболее пригодно	Для каких культур имеет особое значение	Какой способ внесения агрономически ценен

Определение действительно возможного урожая, получаемого за счет применения удобрений культур

Пример. Определите действительно возможный урожай (ДВУ) озимой пшеница, обеспеченный элементами минерального питания если под её внесли $N_{60}P_{60}K_{60}$, под предшествующую культуру внесли $N_{30}P_{40}K_{40}$, и 2 года назад $N_{30}P_{10}$

Для расчета каждой из этих величин, учитывая в расчетах величины возможного использования растениями веществ из минеральных удобрений в прямом действии и последствии.

Урожай, обеспеченный элементами питания минеральных удобрений

Культура	Элемент питания		Действительно возможная урожайность			
	вид	доза, кг/га 1-3 год	% использования 1-3 год	D_2 , кг/га	B , кг/ц	по элементу, ц/га
Озимая пшеница	N	60/30/30	60/10/5	40,5	3,0	13,5
	P_2O_5	60/40/10	20/15/10	19,0	1,1	17,3
	K_2O	60/40/0	50/10/5	34,0	2,5	13,6
	N					
	P_2O_5					
	K_2O					
	N					
	P_2O_5					
	K_2O					
	N					
	P_2O_5					
	K_2O					
	N					
	P_2O_5					
	K_2O					
	N					
	P_2O_5					
	K_2O					
	N					
	P_2O_5					
	K_2O					

Определение ДВУ азоту

Из азотных удобрений озимая пшеница усваивает в 1^й год 60 %, 2^{ой} - 10 % и в 3^й - 5 %.

Из каждых 100 кг вносимого азота усвоится 60 кг,
тогда из 60 кг-----X кг

$X = (60 \times 60) / 100 = 36$ кг азота может быть использовано озимой пшеницей из минеральных удобрений, внесённых непосредственно под культуру. Таким образом, определяем количество используемого азота культурой во 2^й и 3^й годы.

Общее количество усвоенного азота составит

$$D = 36 + 3 + 1,5 = 40,5 \text{ кг } B = 3,0, \text{ тогда } ДВУ_N = 40,5 / 3,0 = 13,5 \text{ ц/га.}$$

Определение ДВУ фосфору

Из фосфорных удобрений озимая пшеница усваивает в 1^й год 20 %, во 2-ой -15 % и в 3-й -10 %.

Из каждых 100 кг внесенного P_2O_5 усвоится 20 кг,
тогда из 60 кг - X кг

$X = (60 \times 20) / 100 = 12$ кг фосфора может быть использовано озимой пшеницей из минеральных удобрений в год их внесения. Таким образом, определяем количество используемого фосфора культурой во 2^й и 3^й годы.

$$D = 12 + 6 + 1 = 19 \text{ кг } B = 1,1, \text{ тогда } ДВУ_P = 19 / 1,1 = 17,3 \text{ ц/га.}$$

Определение ДВУ калию

Из калийных удобрений озимая пшеница усваивает в 1^й год 50 %, во 2^{ой} -10 %.

Из каждых 100 кг внесенного калия усвоится 50 кг,

тогда из 60 кг - X кг

$X = (50 \times 60) / 100 = 30$ кг калия может быть использовано озимой пшеницей из минеральных удобрений в год их внесения. Таким образом, определяем количество используемого калия культурой во 2^й год.

$$D = 30 + 4 = 34 \text{ кг } B = 2,5, \text{ тогда } ДВУ_K = 34 / 2,5 = 13,6 \text{ ц/га.}$$

Результат занести в нижеприведенную таблицу

МИКРОУДОБРЕНИЯ

Влияние различных факторов на подвижность микроэлементов и доступность растениям

Микро-элемент	Содержание, формы и запасы микроэлементов в почве	Факторы, увеличивающие подвижность микроэлементов и их доступность	Факторы, уменьшающие подвижность микроэлементов и их доступность
B			
Cu			
Mo			
Zn			

Mg			
S			
Fe			
Mn			
Co			

Физиологическое значение основных микроэлементов

Микроэлемент	Функции в растениях	Поведение в почве при различных условиях	Симптомы дефицита и его последствия	Культуры, предрасположенные к дефициту
B				
Cu				
Mo				
Zn				
Mg				
S				
Fe				
Mn				
Co				

180 - продолжительность стойлового периода (суток).

Перевод поголовья в условные головы КРС по выходу жижи: к одной условной голове КРС приравниваются 3 лошади, 3 головы молодняка КРС от 1 до 2-х лет, 5 свиней. Выход жижи на овцеводных фермах не рассчитывается.

Выход жижи от одной условной головы КРС за 120 дней стойлового периода составляет 1 м³. Расчет жижи от одной условной головы КРС за стойловый период проводится по формуле:

$$X \cdot 120 = 180 \cdot 1 \text{ где}$$

X - искомый выход жижи от одной условной головы (м³);

120 - число суток за которое накапливается 1 м³ навозной жижи;

180 - продолжительность стойлового периода (суток).

Выход птичьего помета от одной курицы в течение года 5-6 кг, от утки 8-9 кг, от гуся 10-11 кг. Расчетные данные сводятся в таблицу.

Выход навоза, навозной жижи и птичьего помета

Виды животных	Стойловый период, дней	Количество голов, шт. (физических)	Количество условных голов, шт. (по выходу навоза)	Выход навоза, т (за стойловый период)	Количество условных голов, шт. (по выходу навозной жижи)	Выход навозной жижи, м ³ (за стойловый период)	Выход птичьего помета, т
КРС взрослые							
КРС молодняк							
Свиньи							
Овцы							
Лошади: взрослые молодняк							
Всего							
Птица							

Пути увеличения накопления навоза и предложения по вовлечению в круговорот нетрадиционных органических удобрений

Наметить мероприятия по увеличению количества органических удобрений. Рассчитать вовлечение в круговорот нетрадиционных органических удобрений (солома, сидераты, компосты). Исходя из реальных возможностей хозяйства, с тем, чтобы обеспечить вместе с навозом насыщенность севооборота органическими удобрениями не менее 5 т/га.

Для увеличения накопления органического удобрения и повышения насыщенности севооборота органическими удобрениями необходимо приготовление компостов. Для приготовления торфонавозного компоста обычно применяют соотношение торфа и подстильного навоза зимой 1:1, летом 2:1. Подсчета выхода компоста заносят в таблицу.

Приготовление компостов

Вид компоста	Соотношение компостных материалов	Требуется для приготовления компоста, т			Всего компостов, т
		навоза	торфа	фосфоритной муки	
					Σ =

Солома является важным источником органических удобрений. Её использование должно неуклонно увеличиваться. Солома может использоваться самостоятельно: измельчённую солому разбрасывают по полю, а затем запахивают, и в составе компостов. При самостоятельном использовании добавляют азотсодержащие минеральные удобрения для устранения иммобилизации азота из расчёта 15 кг азота на 1 тонну соломы.

При использовании соломы на удобрение необходимо учитывать количество соломы, используемое для подстилки животных, на корм скоту, на укрытие буртов. Расчет расхода соломы для подстилки производят по формуле.

$$\Sigma П = \frac{П \times С \times Дс}{1000}, \text{ т}$$

где П – расход подстилки на 1 голову, кг;

С – количество голов;

Дс – стойловый период, дней.

На корм скоту в рационе питания солома яровых зерновых культур на одну голову составляет: КРС – 6,6 ц, молодняка КРС – 3,3 ц, лошади – 13 ц, овцы – 4,1 ц в год.

Для средней полосы НЗ расход соломы на укрытие составляет для буртов с картофелем и корнеплодами – 100 кг/т, для буртов с капустой – 70 кг/т.

Результаты расчёта накопления соломы записывают в таблицу.

Накопление соломы в хозяйстве

Показатели	Культуры севооборота			
Урожайность зерна, т				
Площадь посева, га				
Соотношение основной и побочной продукции				
Сбор соломы, т				
Использование соломы:				
на корм скоту, т				
на подстилку, т				
на укрытие буртов, т				
Выделяется для севооборота, т				
Необходимо азота для иммобилизации, кг д. в-в.				

Зелёное удобрение применяется для обогащения почвы органическим веществом, при разложении которого накапливаются питательные вещества, главным образом азот. Для этой цели выращивают растения – сидераты, обычно из семейства бобовых (люпин, донник, сераделла, чина, бобы), которые накапливают азот за счёт фиксации или из семейства крестоцветных (горчица, рапс, редька масличная, горчица белая).

Количество гумуса, получаемого от 1 т различного вида органического материала, определяют по формуле:

$$Г = \frac{Кг \times ОВ}{100},$$

где Г – количество гумуса, получаемого 1 т органического материала, кг;

Кг – коэффициент гумификации, для Центрального района Нечерноземья – 20 %;

ОВ – содержание органического вещества, % (прил. 9).

Пример расчёта.

Навоз, содержит органического вещества 21 % или 210 кг на 1 т, коэффициент гумификации 20 %.

$$G = \frac{20 \times 210}{100} = 42 \text{ кг гумуса от 1 т навоза.}$$

Источники гумуса в хозяйстве

Органические удобрения	Масса, т	Содержание органического вещества, %	Выход гумуса, т
			Σ =

Расчёт баланса гумуса. Количество и качество гумуса оказывает существенное влияние на основные свойства почвы, запас и доступность питательных веществ, санитарное состояние. Поэтому система удобрений в севообороте должна предусматривать не только бездефицитный баланс гумуса (воспроизводство), но и положительный (воспроизводство).

Главная задача гумусового баланса – определение его прогноза и расчет потребности пахотных почв в органических удобрениях с целью получения планируемой урожайности и обеспечения воспроизводства почвенного плодородия. Баланса гумуса рассчитывается по двум севооборотам, как разность между статьями поступления (за счёт гумификации пожнивно-корневых остатков и расхода (минерализации при возделывании сельскохозяйственных культур).

Статья расхода: Минерализация – это совокупность процессов превращения (разложения) органических веществ в минеральные соли, воду и углекислоту, которые используются растениями микрофлорой почвы. Вынос азота с урожаем определяется по приложению 1.

Расчёт минерализации гумуса проводится на основе выноса растениями почвенного азота. В связи с тем, что минерализация гумуса зависит от культуры, механического состава почвы, степени рыхления почвы, вводятся поправочные коэффициенты. При выносе урожаем 60 кг азота, в почве минерализуется в среднем 10 центнеров гумуса. Поправочные коэффициенты для гумуса на гранулометрический состав почвы: тяжёлый суглинок – 0,8, средний – 1,0, лёгкий – 1,2, супесь – 1,4, песок – 1,6; для многолетних трав – 1, зерновые и другие культуры сплошного сева – 1,2, пропашные – 1,6.

При выращивании бобовых культур надо учитывать поступление азота в почву из атмосферы. Определение выноса почвенного азота бобовыми культурами проводится с учётом азотфиксирующей деятельности микроорганизмов. Установлено, что обеспеченность многолетних бобовых растений в азоте за счёт атмосферного азота составляет 70-89 %, зернобобовых (горох, вика, кормовые бобы) 50-60 %, вика-овсяной смеси – 10-20 %.

В связи с тем, что размеры азотфиксации могут изменяться в зависимости от вида бобовых культур, почвенных и погодных условий, удобрений, активности клубеньковых бактерий и других факторов, существует метод ускоренного определения выноса азота бобовыми культурами с учётом коэффициентов азотфиксации по формуле:

$$\text{Вынос} N = N_{\text{общ}} - (N_{\text{общ}} \times K_{\text{ф}}),$$

где $N_{\text{общ}}$ - общий азот в урожае бобовых культур, кг/га;

$K_{\text{ф}}$ – коэффициент азотфиксации (прил. 11).

Статьи пополнения гумуса в почве: В современном земледелии поступление в почву органического вещества корневых и пожнивных остатков полевых культур является существенной приходной статьёй гумусового баланса. Установлены уравнения линейной регрессии (прил. 12), которые позволяют быстро определить количество растительных остатков, поступающих в почву.

Принимая во внимание, что из общего количества поступивших в почву растительных остатков

лишь некоторая часть их может превращаться в гумусовые вещества, предложены коэффициенты гумификации:

- для зерновых культур, зернобобовых, однолетних трав и льна – 0,1;
- многолетние травы, люпин – 0,18;
- картофель, овощи, корнеплоды – 0,08.

В настоящее время принято считать, что из одной тонны органических удобрений влажностью 70-80 % образуется: на связанных почвах – 50, на легких – 35-40 кг гумуса. Расчет занести в таблицу 12 курсовой работы.

Пример расчёта баланса гумуса.

Планируемая урожайность позднего картофеля – 280 ц/га. По приложению 1 находим, что 1 ц основной и соответствующее количество побочной продукции вынося 0,54 кг азота.

При планируемой урожайности с 1 га вынос азота составит:

$$280 \times 0,54 = 151,2 \text{ кг}(N)$$

При выносе 60 кг азота в почве минерализуется в среднем 10 ц гумуса, а при выносе 151,2 кг соответственно выносятся – 25,2 ц/га.

Почва дерново-подзолистая легкосуглинистая, следовательно, расход гумуса составляет: $25,2 \times 1,2 \times 1,6 = 48,28 \text{ ц/га}$.

Накопление корневых и пожнивных остатков рассчитывают используя уравнения линейной регрессии (прил. 12).

В нашем случае $Y = 0.014 \times 280 + 7 = 10,92$ ц/га. Количество гумуса образующее из корневых и пожнивных остатков составляет: $10,92 \times 0,08 = 0,87$ ц/га. Соответственно баланс гумуса без применения органических удобрений равен: $0,87 - 48,28 = -47,41$ ц/га, т.е. отрицательный.

На связанных почвах из 1 т органических удобрений образуется 0,5 ц гумуса. Соответственно для бездефицитного баланса гумуса при урожайности картофеля 280 ц/га нам необходимо внести 96,5 т/га органических удобрений.

После расчета баланса гумуса для воспроизводства плодородия почвы необходимо определить общую потребность в органических удобрениях для севооборотов в целом и для каждого поля, а так же установить основные источники и пути накопления органических удобрений в хозяйстве.

Расчет баланса гумуса в севообороте

Культура	Урожайность ц/га	Вынос азота кг/га	Расход гумуса ц/га	Накопление корневых и пожнивных остатков ц/га	Образование гумуса ц/га	Баланс гумуса без применения органических удобрений ц/га
СУММА						
СРЕДНЕЕ						

Вынос азота, фосфора, калия, кальция, магния, и серы с 1 ц основной и соответствующим количеством побочной продукции на минеральных почвах, кг

Культуры	Вид продукции	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	S
Оз. пшеница	зерно	2,82	1,08	1,92	0,47	0,31	0,50
Оз. Рожь	→»-	2,80	1,21	2,33	0,41	0,31	0,60
Ячмень	→»-	2,90	1,19	2,74	0,48	0,30	0,9
Овес	→»-	2,59	1,24	2,86	0,42	0,33	1,2
Гречиха	→»-	3,75	1,98	4,82	0,81	0,34	0,8
Люпин	→»-	8,43	1,99	4,40	1,88	0,85	1,42
Горох	→»-	5,89	1,40	2,90	2,40	0,48	1,05
Лен-долгунец	волокно	5,81	2,29	7,30	1,50	0,78	1,60
Сахарная свекла		0,4	0,16	0,65	0,16	0,12	0,16
Кормовая свекла		0,35	0,1	0,78	0,09	0,08	0,10
Картофель		0,54	0,16	1,07	0,22	0,11	0,08
Кукуруза на силос	з. м.	0,33	0,12	0,42	0,06	0,05	0,09
Однолетние б/з травы	з. м	0,45	0,13	0,43	0,09	0,06	0,10
Однолетние б/з травы	сено	1,74	0,54	2,59	0,46	0,29	0,40
Многолетние б/з травы	сено	1,73	0,54	2,57	1,30	0,48	0,40
Многолетние б/з травы	з. м.	0,35	0,11	0,51	0,24	0,09	0,07
Сенокосы	сено	1,61	0,49	2,20	0,95	0,41	0,20
Пастбища	з. м.	0,53	0,08	0,49	0,25	0,12	0,05
Рапс яровой	→»-	0,50	0,10	0,49	0,30	0,12	0,06
Кукуруза	зерно	3,00	1,20	3,30	0,50	0,31	0,08
Капуста	кочаны	0,40	0,10	0,45	0,58	0,20	0,20
Овощи (в среднем)		0,25	0,08	0,35	0,32	0,15	0,05

Коэффициент использования питательных веществ из почвы

Культура	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Пшеница озимая	0,20 - 0,35	0,05 - 0,10	0,08 - 0,15
Пшеница яровая	0,20 - 0,30	0,05 - 0,08	0,06 - 0,12
Рожь озимая	0,20 - 0,35	0,05 - 0,12	0,07 - 0,14
Ячмень	0,15 - 0,35	0,05 - 0,09	0,06 - 0,10
Овес	0,20 - 0,35	0,05 - 0,11	0,08 - 0,14
Кукуруза (зерно)	0,25 - 0,40	0,06 - 0,18	0,08 - 0,28
Просо	0,15 - 0,35	0,05 - 0,09	0,06 - 0,09
Гречиха	0,15 - 0,35	0,05 - 0,09	0,06 - 0,09
Горох	0,30 - 0,55	0,09 - 0,16	0,06 - 0,17
Люпин	0,30 - 0,65	0,08 - 0,16	0,07 - 0,36
Соя	0,30 - 0,45	0,09 - 0,14	0,06 - 0,12
Вика (зерно)	0,25 - 0,40	0,06 - 0,10	0,05 - 0,11
Вика (сено)	0,20 - 0,35	0,06 - 0,09	0,05 - 0,10
Лен-долгунец: - семена	0,25 - 0,35	0,03 - 0,14	0,07 - 0,20
Конопля	0,20 - 0,35	0,08 - 0,15	0,06 - 0,13
Подсолнечник	0,30 - 0,45	0,07 - 0,17	0,08 - 0,24
Сахарная свекла	0,25 - 0,50	0,06 - 0,15	0,07 - 0,40
Кормовая свекла	0,20 - 0,45	0,05 - 0,12	0,06 - 0,25
Картофель	0,20 - 0,35	0,07 - 0,12	0,09 - 0,40
Кукуруза (зеленая масса)	0,20 - 0,40	0,06 - 0,18	0,08 - 0,28

Приложение 3

Коэффициенты использования растениями питательных веществ из удобрений

Культура	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Пшеница озимая	0,55 - 0,85	0,15-0,45	0,55 - 0,95
Пшеница яровая	0,45 - 0,75	0,15 - 0,35	0,55 - 0,85
Рожь озимая	0,55 - 0,80	0,25 - 0,40	0,60 - 0,80
Ячмень	0,60 - 0,75	0,20 - 0,40	0,60 - 0,70
Овес	0,60 - 0,80	0,25 - 0,35	0,65 - 0,85
Гречиха	0,50 - 0,70	0,30 - 0,45	0,70 - 0,90
Лен-долгунец - семена	0,55 - 0,70	0,15 - 0,35	0,65 - 0,85
- соломка	0,55 - 0,65	0,15 - 0,30	0,65 - 0,80
Подсолнечник	0,55 - 0,75	0,25 - 0,35	0,65 - 0,95
Свекла сахарная	0,60 - 0,85	0,25 - 0,45	0,70 - 0,95
Свекла кормовая	0,65 - 0,90	0,30 - 0,45	0,80 - 0,95
Картофель	0,50 - 0,80	0,25 - 0,35	0,85 - 0,95
Кукуруза (зеленая масса)	0,60 - 0,85	0,25 - 0,40	0,75 - 0,95

Приложение 4

Коэффициенты использования растениями питательных веществ из органических удобрений

Культура	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Пшеница озимая	0,20 - 0,35	0,30 - 0,50	0,50 - 0,70
Рожь озимая	0,20 - 0,35	0,30 - 0,50	0,50 - 0,70
Овес	0,20 - 0,25	0,25 - 0,40	0,50 - 0,60
Ячмень	0,20 - 0,25	0,25 - 0,40	0,50 - 0,55
Картофель	0,20 - 0,30	0,30 - 0,40	0,50 - 0,70
Свекла сахарная	0,15 - 0,40	0,20 - 0,50	0,60 - 0,70
Свекла кормовая	0,30 - 0,40	0,45 - 0,50	0,60 - 0,70
Кукуруза- зерно	0,35 - 0,40	0,45 - 0,50	0,65 - 0,75
- зеленая масса	0,30 - 0,35	0,40 - 0,45	0,60 - 0,65

Приложение 5

Примерное количество свежего навоза, накапливаемого за 1 сутки от одного животного, кг

Вид скота	Норма подстилки, кг					
	1	2	3	4	5	6
КРС	28,0	32,0	37,0	39,0	42,0	44,0
Лошади	21,0	24,0	25,0	26,0	27,0	28,0
Свиньи	4,7	8,0	9,0	-	-	-
Овцы, козы	4,0	5,0	-	-	-	-

Приложение 6

Примерное количество навоза, получаемого в год от одного животного, т

Вид скота	Продолжительность стойлового периода, дней			
	240 – 220	220 – 200	200 – 180	менее 180
КРС	9,0 – 10,0	8,0 – 9,0	6,0 – 8,0	4,0 – 5,0
Лошади	7,0 – 8,0	5,0 - 6,0	4,0 - 4,5	2,5 – 3,0
Свиньи	2,25	1,75	1,5	1,0
Овцы	1,0	0,9	0,6 – 0,8	0,4 – 0,5

Приложение 7

Количество твёрдых и жидких выделений, получаемых в сутки от одного животного

Вид скота	Выделения	
	твёрдые, кг	жидкие, кг
КРС	20,0 – 30,0	10,0 – 15,0
Лошади	15,0 – 20,0	4,0 – 6,0
Свиньи	1,5 – 2,2	2,5 – 4,5
Овцы	1,5 – 2,5	0,6 – 1,0

Приложение 8

Соотношение торфа и бесподстильного навоза для приготовления компоста

Влажность приготавливаемого компоста, %	Влажность торфа, %	Влажность навоза, %				
		80	85	88	90	92
70	50	0,5:1,0	0,75:1,0	0,9:1,0	1,0:1,0	1,1:1,0
	55	0,7:1,0	1,0:1,0	1,2:1,0	1,3:1,0	1,5:1,0
	60	1,0:1,0	1,5:1,0	1,8:1,0	2,0:1,0	2,2:1,0
75	50	0,2:1,0	0,4:1,0	0,5:1,0	0,6:1,0	0,7:1,0
	55	0,25:1,0	0,5:1,0	0,65:1,0	0,75:1,0	0,85:1,0
	60	0,3:1,0	0,7:1,0	0,9:1,0	1,0:1,0	1,1:1,0

Приложение 9

Содержание органического вещества в различных видах органических удобрений

Органические материалы	Органическое вещество, %
Навоз подстилочный:	
крупного рогатого скота	21,0
свиной	22,0
конский	23,0
овечий	28,0
Навоз бесподстилочный:	
крупного рогатого скота	8 - 10
свиной	8,0
Солома: зерновых	82,0
бобовых	81,0
Зелёное удобрение	20,0
Торф низинный	10 - 15

Приложение 10

Поступление питательных элементов с органическими удобрениями

Вид органических удобрений	Содержание, кг/т					
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	S
Навоз КРС	5,2	2,6	6,2	4,0	2,0	5,2
Компост навозно-торфяной 1:1	5,7	2,3	5,2	4,0	2,0	4,0
Компост навозно-торфяной 1:2	3,3	1,8	3,2	4,0	2,0	3,5
Компосты (в среднем)	5,1	2,1	5,0	4,0	2,0	4,4

Приложение 11

Коэффициенты азотфиксации различных бобовых культур

Культура	Коэффициенты азотфиксации		
	минимум	максимум	среднее
Клевер 2-го года жизни (сено)	0,65	0,85	0,75
Люцерна 2-3-го годов жизни (сено)	0,60	0,85	0,72
Однолетние бобовые (сено / зел. Корм)	0,50	0,70	0,60
Зернобобовые на зерно (кроме люпина)	0,40	0,65	0,55
Люпин	0,70	0,87	0,80

Урожай основной продукции и количество сухого вещества
растительных остатков, поступающих в почву, ц

Культура	Вид основной продукции	Интервалы урожаев	Уравнения линейной регрессии
Оз. рожь	зерно	15 - 35	$Y=0,52X + 13,64$
Оз. пшеница	-//-	20 - 40	$Y=0,36X + 17,0$
Ячмень	-//-	20 - 45	$Y=0,33X + 16,34$
Овес	-//-	20 - 35	$Y=0,54X + 12,19$
Гречиха	-//-	5 - 11	$Y=0,90X + 11,4$
Горох	-//-	12 - 25	$Y=0,62X + 6,5$
Лен	волокно	40 - 60	$Y=0,125X + 8,88$
Картофель	клубни	100 - 280	$Y=0,014X + 7,0$
Кормовая свекла	корнеплоды	350 - 500	$Y=0,003X + 3,3$
Сахарная свекла	-//-	250 - 300	$Y=0,038X + 4,11$
Люпин	Зел. масса	280 - 450	$Y=0,06X + 3,66$
Кукуруза	-//-	120 - 450	$Y=0,057X + 9,06$
Подсолнечник	-//-	70 - 500	$Y=0,033X + 2,94$
Вика-овсяная смесь	сено	15 - 65	$Y=0,25X + 14,74$
Клевер красный	-//-	20 - 70	$Y=0,35X + 31,3$
Злаковая травосмесь	-//-	20 - 40	$Y=0,18X + 30,6$
Накопление растительных остатков в промежуточных культурах			
Оз. рожь	Зел. масса	30 - 150	$Y=0,07X + 19,04$
Люпин кормовой	-//-	80 - 200	$Y=0,06X + 8,15$
Горчица белая	-//-	90 - 260	$Y=0,008X + 7,30$

Примечание Y – количество растительных остатков (абсолютно сухое вещество), оставшее культурой на поле, ц/га;

X – урожайность культуры (основная продукция), ц/га.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во МГУ, 1961. 492 с.
2. ГОСТ 17.4.3.01-83. Почвы. Общие требования к отбору проб. М.: Изд-во стандартов, 1988. 3 с.
3. ГОСТ 26207-91. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО. М.: Изд-во стандартов, 1991.
4. ГОСТ 26212-91. Почвы. Определение гидролитической кислотности по методу Каппена в модификации ЦИНАО. М.: Изд-во стандартов, 1993. 8 с.
5. ГОСТ 26483-85. Почвы. Определение рН солевой вытяжки, обменной кислотности, обменных катионов, содержания нитратов и обменного аммония и подвижной серы методами ЦИНАО. М.: Изд-во стандартов, 1994. С. 1-4.
6. ГОСТ 26951-86. Почвы. Определение нитратов ионометрическим методом. М.: Изд-во стандартов, 1988. 11 с.
7. Ефимов В.Н., Донских И.Н., Сеницын Г.Н. Система применения удобрений. М., 1984.
8. Известкование почв. Л., 1983.
9. Кидин В.В. Особенности питания и удобрения сельскохозяйственных культур: учеб. пособие. М.: Изд-во РГАУ–МСХА, 2009. 412 с.
10. Кидин В.В. Система удобрения: учебник. М.: Изд-во РГАУ–МСХА, 2012. 534 с.
11. Круговорот и баланс питательных веществ. Пушкино, 1979
12. Кулаковская Т.Н. Оптимизация агрохимической системы почвенного питания растений. М.: Агропромиздат, 1990. 219 с.
13. Методические указания по разработке программ расчетов по системе удобрения сельскохозяйственных культур на РС / В.В. Лапа и др. Мн.: БелНИИ ПА, 2003. 47 с.
14. Методика определения агрономической и экономической эффективности минеральных и органических удобрений / И.М. Богдевич и др. Мн., 2010. 24 с.
15. Методика расчета баланса элементов питания в земледелии Республики Беларусь / В.В. Лапа и др.; Мн., 2007. 26 с.
16. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения. М.: Росинформагротех, 2003. 240 с.
17. Минеев В.Г. Агрохимия. М.: Изд-во МГУ, 2004.
18. Муравин Э.А. Агрохимия: учебник для вузов. М.: Колос, 2009. 462 с.
19. Практикум по агрохимии / Б.А. Ягодин, И.П. Дерюгин, Ю.П. Жуков и др.; под ред. Б.А. Ягодина. М.: Агропромиздат, 1987. 511 с.
20. Практикум по агрохимии / И.В. Пустовой, В.И. Филин, А.В. Кольский и др.; под ред. И.В. Пустового. 5-е изд., перераб. и доп. М.: Колос, 1995. 336 с.
21. Практикум по агрохимии: учеб. пособие для вузов / В.Г. Минеев, В.Г. Сычев, Т.Н. Большеева и др. 2-е изд., перераб. и доп. М.: МГУ, 2001. 689 с.
22. Практикум по агрохимии: учеб. для вузов / В.В. Кидин, А.Ф. Слипчик, И.П. Дерюгин и др. М.: КолосС, 2008. 599 с.
23. Практикум по агрохимии: учеб. пособие. 2-е изд., перераб. и доп. / под ред. академика РАСХН В.Г. Минеева. М.: изд-во МГУ, 2001. 689 с.
24. Практикум по агрохимии: учебное пособие для вузов / под ред. В.В. Кидина. М.: КолосС, 2008. 598 с.
25. Справочник агрохимика / В.В. Лапа и др. Мн.: Беларус. навука, 2007. 390 с.
26. Справочник агрохимика / В.В. Лапа и др. Мн.: Белорусская наука, 2007. 389 с.
27. Справочник по органическим удобрениям / под ред. В.А. Васильева, Н.В. Филиппова. М., 1984.
28. Справочное пособие по агрохимии и экологии: учеб.-методич. пособие / В.И. Титова, О.Д. Шафранов, В.Г. Бусоргин и др. Н. Новгород: Изд-во НГСХА, 2008. 79 с.
29. Шильников И.А., Лебедева Л.А. Известкование почв. М., 1984.
30. Ягодин Б.А. Агрохимия: учебник для вузов. М.: Колос, 1989. 635 с.

Учебное издание

Мамеев Василий Васильевич

АГРОХИМИЯ

Учебно-методическое пособие
для бакалавров очной формы обучения
по направлению подготовки **35.03.03** **Агрохимия и агропочвоведение**
профиль Агроэкология

Редактор Осипова Е.Н.

Подписано к печати 25.02.2022 г. Формат 60x84 ¹/₁₆.

Бумага офсетная. Усл. п. л. 4,06. Тираж 65 экз. Изд. № 7224.

Издательство Брянского государственного аграрного университета
243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ