

УДК 631.82 (027)

Методические указания «Ассортимент и анализ минеральных удобрений» составлены согласно ГОС ВПО для студентов направления подготовки 110100.62 «Агрохимия и агропочвоведение», направления подготовки 110400.62 «Агрономия» очной, заочной и заочно - сокращенной форм обучения. Подготовлены В.А. Радикорской профессором кафедры земледелия, почвоведения и агрохимии, С. А. Фокиным доцентом кафедры земледелия, почвоведения и агрохимии.

Методические указания подготовлены в соответствии с учебной программой дисциплины «Агрохимия» для направления подготовки 110100.62 «Агрохимия и агропочвоведение», 110400.62 «Агрономия» высших учебных заведений аграрного профиля. Методические указания направлены на углубленное самостоятельное изучение химических и физических свойств минеральных удобрений, химических мелиорантов; выполнение лабораторных работ по количественному и качественному анализу минеральных, известковых удобрений химическими и инструментальными методами.

При использовании методических указаний студентами направления подготовки 110100.62 «Агрохимия и агропочвоведение» будут освоены компетенции: ОК-1, ПК-7, ПК-17, ПК-22; направления подготовки 110400.62 «Агрономия» - ОК-3, ПК-9, ПК-25

Рецензент – Т.Н. Черноситова, канд.с.-х.наук, зав. кафедрой экологии и охраны природы ИАЭ ДальГАУ,

Рекомендовано к печати в издательстве ДальГАУ методическим советом института агрономии и экологии ДальГАУ (Протокол № 5 от 24 января 2012 года)

Издательство ДальГАУ
2012

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	5
Раздел 1 Характеристика минеральных удобрений	7
1. Классификация азотных удобрений	7
1.1 Нитратные удобрения	7
1.2 Аммонийные удобрения	8
1.3 Аммонийно-нитратные удобрения	9
1.4 Жидкие аммиачные удобрения	10
1.5 Удобрения, содержащие азот в амидной форме	11
1.6 Смешанные формы азотных удобрений	12
1.7 Медленнодействующие формы азотных удобрений	13
2. Классификация фосфорных удобрений	15
2.1 Удобрения, содержащие фосфор в водорастворимой форме	15
2.2 Удобрения, содержащие фосфор, не растворимый в воде, но растворимый в слабых кислотах	17
2.3 Удобрения, содержащие фосфор, плохо растворимый в слабых кислотах, но растворимый в сильных кислотах	17
3. Классификация калийных удобрений	18
3.1 Концентрированные калийные соли	18
3.2 Сырые калийные соли	20
4. Комплексные удобрения	21
4.1 Сложные удобрения	21
4.2 Сложносмешанные удобрения	23
4.3 Смешанные удобрения	26
5. Известковые удобрения	28
5.1 Известковые удобрения промышленного производства	28
5.2 Отходы промышленности	28
5.3 Местные известковые удобрения	29
6. Микроудобрения	30
6.1 Борные удобрения	31
6.2 Медные удобрения	31
6.3 Марганцевые удобрения	32
6.4 Молибденовые удобрения	33
6.5 Цинковые удобрения	33
6.6 Селеновые удобрения	34
6.7 Литиевые удобрения	35
Раздел 2 Анализ минеральных удобрений	37
1. Определение видов и форм минеральных удобрений по качественным реакциям	37
2. Определение гигроскопической и общей воды в удобрениях	43
3. Определение в удобрениях содержания аммиачного азота методом открытого кипячения	44
4. Определение в удобрениях аммиачного азота формалиновым методом (ГОСТ 20851. 1)	45

5. Спектрофотометрический метод определения амидного азота в карбамиде (ГОСТ 20851. 1)	47
6. Методы определения содержания фосфора (ГОСТ 20851. 2)	49
6.1 Отбор и подготовка проб	49
6.2 Извлечение водорастворимого фосфора и свободной кислоты водой	50
6.3 Определение фосфора дифференциальным фотометрическим методом	50
7. Методы определения содержания калия (ГОСТ 20851. 3)	53
7.1 Отбор и подготовка проб, подготовка анализируемого раствора	53
7.2 Весовой тетрафенилборатный метод определения содержания калия в однокомпонентных калийный удобрениях	54
7.3 Весовой тетрафенилборатный метод определения содержания калия в сложных удобрениях	56
Список использованной и рекомендуемой литературы	59
Приложение	60

ВВЕДЕНИЕ

Под удобрениями понимают вещества, предназначенные для улучшения питания растений и повышения плодородия почв в целях увеличения урожая сельскохозяйственных растений и улучшения качества получаемой продукции.

Слово «удобрение» в русском языке имеет двоякий смысл. Во - первых, им обозначают технологический процесс удобрения почвы и, во-вторых, его используют для обозначения применяемых для этой цели веществ (навоз, минеральные удобрения, известь и т. д.).

Роль удобрений в агроценозе многофункциональна, они являются не только источником питательных веществ для растений, но и усиливает их мобилизацию в почве, повышают энергию жизненных процессов в ней, изменяют свойства почвы, выполняют многие экологические функции, поэтому значение их возрастает с повышением продуктивности земледелия.

По характеру воздействия на почву и питательный режим растений удобрения можно разделить на прямые и косвенные. Внесение прямых удобрений улучшает питание растений различными питательными элементами (азотом, фосфором, калием, микроэлементами и т. д.). К этой группе относятся соответственно азотные, фосфорные, калийные и другие удобрения. Косвенные удобрения вносят для улучшения свойств почвы, мобилизации имеющихся в ней питательных веществ. Сюда относятся средства химической мелиорации почв (известь, гипс и др.), бактериальные удобрения, способствующие усилению биологических процессов в почвах.

По способу производства удобрения подразделяются на промышленные и местные. К промышленным, относятся почти все минеральные удобрения, получаемые на специальных химических туковых заводах. К местным относятся удобрения, получаемые в местах их использования, непосредственно в хозяйствах или вблизи них — навоз, навозная жижа, птичий помет, компосты, торф, зола, известковые туфы, зеленое удобрение и др.

По химическому составу удобрения подразделяются на минеральные и органические.

Минеральные удобрения — это промышленные или ископаемые продукты, содержащие элементы, необходимые для питания растений и повышения плодородия почв. Их получают из минеральных веществ путем химической или механической переработки. Это главным образом минеральные соли, однако к ним относятся и некоторые органические вещества, например мочевины.

Минеральные удобрения бывают простые (или односторонние), содержащие только один питательный элемент (азотные, фосфорные, калийные, микроудобрения), и комплексные (или многосторонние), содержащие одновременно два или несколько элементов питания (калийная селитра, аммофос, диаммофос, нитрофоски, диаммофоски и др.).

Органические удобрения содержат питательные вещества, главным образом в составе органических соединений, и являются обычно продуктами естественного происхождения (навоз, торф, солома, фекалии и др.). В отдельную группу выделяют бактериальные удобрения, которые содержат культуры микроорганизмов, способствующих при их внесении в почву накоплению усвояемых форм питательных элементов.

Минеральные удобрения разделяют по видам питательных элементов на азотные, фосфорные, калийные, цинковые и т.д. Каждый вид удобрения представлен различными формами.

Комплекс последовательно производимых операций по внесению удобрений составляет технологию внесения удобрения. Она предусматривает дозы удобрений, приемы, сроки и способы их внесения и заделки.

Эффективность использования удобрения во многом зависит от свойств, вида и формы, определения оптимальной дозы и соотношения между вносимыми элементами питания, а также сроков и способов применения.

По агрегатному состоянию удобрения разделяют на **твердые, жидкие** (например, безводный аммиак) и **газообразные**, применяемые в теплицах (CO₂). **Твердые удобрения** бывают **порошковидные** (с размерами частиц меньше 1 мм), **кристаллические** (с размером кристаллов больше 0,5 мм) и **гранулированные** (с размером гранул больше 1 мм).

Раздел 1. ХАРАКТЕРИСТИКА МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

Работа 1 КЛАССИФИКАЦИЯ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ

Цель работы: Изучить классификацию азотных удобрений, их химические и физические свойства, применение.

Теоретические сведения. На многих почвах нашей страны, особенно в достаточно увлажненных районах на дерново-подзолистых, серых лесных и выщелоченных черноземах, а также при орошении на других почвах азотные удобрения играют решающую роль в повышении урожаев. Они обеспечивают до 50% общей прибавки урожая, получаемой от полного минерального удобрения (NPK).

Азотные удобрения в зависимости от формы соединения азота подразделяются в основном на следующие виды:

1. Нитратные - натриевая (NaNO_3) и кальциевая [$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$] селитры;
2. Аммонийные - сульфат [$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$] и хлорид аммония (NH_4Cl), карбонат [$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$] и бикарбонат аммония (NH_4HCO_3);
3. Аммонийно-нитратные - аммонийная селитра (NH_4NO_3), сульфонитрат аммония [$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{NH}_4\text{NO}_3$];
4. Аммиачные - безводный аммиак, аммиачная вода;
5. Амидные - мочевины [$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$] и цианомид кальция (CaCN_2).

Азотные удобрения могут быть представлены и смешанными формами (аммиакаты). В отдельную группу выделяют медленнодействующие формы азотных удобрений (мочевиноформальдегидные и капсулированные).

1.1 НИТРАТНЫЕ УДОБРЕНИЯ

К этой группе относятся удобрения, содержащие азот в нитратной форме - NaNO_3 и $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$.

Натриевая селитра (нитрат натрия, азотнокислый натрий, чилийская селитра) - NaNO_3 . Содержит 15 - 16 % азота и 26% натрия. Мелкокристаллическая соль белого или сероватого цвета, хорошо растворяется в воде, обладает заметной гигроскопичностью, при повышенной влажности перекристаллизовывается в более крупные кристаллы. В сухом состоянии при правильном хранении сохраняет рассыпчатость и удобна для внесения в почву.

Кальциевая селитра (нитрат кальция, азотнокислый кальций, норвежская селитра) - $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$. Содержит 15,5% азота. Очень гигроскопична, при обычной температуре легко впитывает влагу и переходит в гидратную форму. Для уменьшения гигроскопичности кристаллическую соль кальциевой селитры смешивают с гидрофобными добавками в количестве 0,5% от массы соли. Для улучшения физических свойств продукта к его концентрированному раствору в процессе производства добавляют 4-7% аммиачной селитры. Перевозят и хранят кальциевую селитру во влагонепроницаемых мешках, пропитанных особым составом.

Натриевая и кальциевая селитры - удобрения физиологически щелочные, на кислых почвах оказывают нейтрализующее действие, при система-

тическом применении могут снижать кислотность. Селитры предпочтительней вносить весной под предпосевную культивацию под все культуры (более эффективны под сахарную свеклу, корнеплоды) и для подкормки растения.

1.2 АММОНИЙНЫЕ УДОБРЕНИЯ

К аммонийным удобрениям относят сульфат аммония, хлорид аммония, углекислые соли аммония.

Сульфат аммония (сернокислый аммоний) - $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Содержит 20,5-21% азота. Легко растворяется в воде, в сухом состоянии обладает хорошими физическими свойствами: мало слеживается при хранении, хорошо рассеивается туковой сеялкой. Гигроскопичность невелика, на воздухе не расплывается и сохраняет рассыпчатость. По внешнему виду - кристаллическая соль различной окраски. Синтетический сульфат аммония белого цвета, содержит 20,5-21 % азота, 0,2-0,3% влаги, а также 0,025-0,05% свободной серной кислоты, которая придаёт удобрению слабоокислую реакцию. Коксохимический сульфат аммония из-за органических примесей может иметь серую, синеватую или красноватую окраску, содержит небольшое количество органических примесей - смоляных кислот, фенола и не более 0,1% роданистого аммония, токсичного для растений.

Кроме того, сульфат аммония содержит 23-24% серы и является важным источником этого элемента для питания растений.

Сульфат аммония - натрия - $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_4$. Содержит не менее 16 - 17% азота, 8% N_2O и до 2,5% органических примесей, является отходом при производстве капролактама; кристаллическая соль белого, темно-серого или желтоватого цвета. Рекомендуются применять под культуры семейства крестоцветных, отзывчивых на серу и натрия.

Хлорид аммония - NH_4Cl . Содержит 24-25% азота. Хлорид аммония - мелкокристаллический белый или желтоватый порошок. Легко растворяется в воде, обладает хорошими физическими свойствами, малогигроскопичен, при хранении не слеживается. Обладает высокой физиологической кислотностью и содержит много хлора (66,6%), который может снизить урожай и качество хлорофобных культур (картофель, табак, виноград, лук, капуста, конопля, лён). Поэтому вносить удобрение надо заблаговременно, осенью, ионы хлора вымываются из корнеобитаемого слоя атмосферными осадками и поливными водами.

Карбонат $[(\text{NH}_4)_2 \text{CO}_3]$ и **бикарбонат аммония** $(\text{NH}_4\text{HCO}_3)$. Эти удобрения применяют в сельском хозяйстве в небольших количествах. **Карбонат аммония** - кристаллическое вещество белого цвета. Карбонат аммония очень не стоек, на открытом воздухе разлагается с выделением аммиака и переходит в бикарбонат аммония. Технический продукт содержит 21 - 24% азота и представляет собой смесь карбоната, бикарбоната и карбамата аммония.

Бикарбонат аммония содержит около 17% азота. Обладает несколько

большой стойкостью к разложению, но при хранении, перевозках и внесении не исключены потери аммиака. При поверхностном внесении бикарбоната аммония его следует немедленно заделывать в почву.

Аммонийные удобрения относятся к физиологически - кислым удобрениям. Из солей аммонийных удобрений растения быстрее поглощают катион, чем анион, так как потребность их в азоте больше, чем в сере и хлоре. В почве накапливаются кислотные остатки и подкисляют её.

Аммонийный азот из-за слабой подвижности локализуется в почве в очагах его внесения. Поэтому аммонийные удобрения малопригодны для междурядных подкормок пропашных культур. В начальные фазы роста корневая система этих культур развита слабо и не всегда достигает зоны внесения удобрений.

Не следует применять аммонийные удобрения и для припосевного внесения в рядки или под предпосевную культивацию, так как интенсивное поступление аммиачного азота в молодые проростки растений может привести к их «аммиачному отравлению» вследствие избыточного накопления в растениях.

1.3. АММОНИЙНО-НИТРАТНЫЕ УДОБРЕНИЯ

К этой группе относятся удобрения, содержащие азот в аммонийной и нитратной формах - аммонийная (аммиачная) селитра и сульфонитрат аммония.

Аммонийная (аммиачная) селитра (нитрат аммония) - NH_4NO_3 , содержит 34,6% нитратного и аммонийного азота в соотношении 1:1. Белое кристаллическое, очень гигроскопичное вещество, на воздухе сильно отсыревает и слеживается. Аммонийная селитра в зависимости от температурных условий может существовать в нескольких (пяти) кристаллических формах. Переходы из одной формы в другую могут проходить, в частности, при температурах плюс 32,1 и минус 36 °С. При больших температурных колебаниях происходит перекристаллизация одной формы удобрения в другую с заметным увеличением его объёма. При этом удобрение сильно уплотняется, превращается в твёрдые комья, глыбы, а мешки, в которых оно хранилось, могут лопнуть. Для уменьшения слеживаемости к плаву азотнокислого аммония добавляют небольшое количество кондиционирующих веществ (тонко размолотая фосфоритная или костная мука, гипс, каолинит и др.), не разлагающих селитру и способных поглощать значительное количество влаги; добавки придают селитре жёлтый оттенок. Иногда в качестве добавок вводят красители. В настоящее время химическая промышленность выпускает селитру в гранулированном виде (с шарообразной формой гранул диаметром 1 - 3 мм и в виде чешуек), что придаёт ей лучшие физические свойства, хорошую сыпучесть и рассеиваемость. Качество аммонийной селитры должно отвечать следующим требованиям: содержание азота не менее 34,6%, влажность не более 0,3%, реакция нейтральная или слабокислая, нерастворимых в воде примесей не

более 0,1%. Удобрения упаковывают во влагонепроницаемые мешки, хранят в сухом помещении.

Удобрение нейтральное, но в связи с тем, что из раствора нитрата аммония растения быстрее поглощают катионы NH_4 , чем анионы NO_3 , аммонийную селитру относят к физиологически кислым удобрениям, однако физиологическая кислотность её значительно ниже, чем у аммонийных удобрений. По эффективности среди азотных удобрений занимает одно из первых мест, применяется под все культуры на всех типах почв. Используется в качестве допосевного (основного), рядкового (при посеве) удобрения, а также для подкормок в период вегетации.

Сульфонитрат аммония (сульфат-нитрат аммония, лейна-селитра, монтан-селитра) – $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{NH}_4\text{NO}_3$ с примесью $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Содержит 25-27% N, в том числе в аммонийной форме 18-19% и в нитратной форме 7-8%. Сероватое мелкокристаллическое или гранулированное вещество. Сульфат - нитрат аммония хорошо растворяется в воде, обладает меньшей гигроскопичностью по сравнению с аммонийной селитрой. При хранении в сухом помещении не слеживается, сохраняет рассыпчатость. Обладает значительной потенциальной кислотностью; применение его на кислых почвах требует предварительного их известкования или нейтрализации самого удобрения.

Известково-аммонийная селитра – $\text{NH}_4\text{NO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$. Ее получают сплавлением нитрата аммония с известняком. Это удобрение выпускают в виде гранул с различным соотношением $\text{NH}_4\text{NO}_3 : \text{CaCO}_3$ (от 80:20 до 53:47). Наилучшие физико-механические свойства имеет продукт с содержанием азота 20,5% (при соотношении 60% NH_4NO_3 и 40% CaCO_3). Однако предпочитают производить удобрение с более высоким содержанием азота – 26-28%. По сравнению с чистой аммонийной селитрой удобрение менее гигроскопично, невзрывоопасно и может транспортироваться без тары. За границей известково-аммонийную селитру используют довольно широко. В России ее не выпускают из-за пониженного содержания азота.

1.4. ЖИДКИЕ АММИАЧНЫЕ УДОБРЕНИЯ

В качестве жидких аммиачных удобрений применяют жидкий (безводный) и водный (аммиачная вода) аммиак. Жидкие аммиачные удобрения усваиваются растениями и дают такой же эффект, как и твердые азотные удобрения. Производство их проще и дешевле, чем твердых удобрений. Например, себестоимость единицы азота в жидком аммиаке примерно на 35% ниже, чем в самом дешёвом твердом азотном удобрении - аммонийной селитре

Применение жидких азотных удобрений позволяет полностью механизировать работы по их погрузке, выгрузке и внесению. На их внесение затрачивается в 2-3 раза меньше труда, чем на внесение твердых азотных удобрений. Жидкие удобрения более равномерно распределяются в почве; не обладают такими отрицательными свойствами твердых удобрений, как

слеживаемость, сегрегация (расслоение) и т. д.

Жидкий аммиак - NH_3 . Это самое концентрированное безбалластное удобрение. Содержит 82,3% азота. По внешнему виду бесцветная жидкость, плотность $0,61 \text{ г/см}^3$ при 20°C , температура кипения 34°C ; при более высокой температуре удобрение быстро превращается в газ и объём его увеличивается. При хранении в открытых сосудах NH_3 быстро испаряется. Чтобы избежать улетучивания аммиака, его хранят и перевозят в специальных цистернах. Внесённый в почву аммиак превращается в газ, который адсорбируется коллоидной фракцией и поглощается почвенной влагой, образуя гидроксид аммония.

Предупреждение: жидкий аммиак - сильнодействующее отравляющее вещество; смесь его с воздухом при объемной концентрации аммиака 15-27% взрывоопасна. Взрыв может произойти от малейшей искры. При попадании жидкого аммиака на кожу возникают ожоги, а при его испарении - обмороживание.

Водный аммиак (аммиачная вода) – $\text{NH}_3 + \text{NH}_4\text{OH} + \text{H}_2\text{O}$. Это раствор синтетического или коксохимического аммиака в воде. Он представляет собой прозрачную жидкость, иногда желтоватого оттенка. Содержание свободного аммиака в ней значительно больше, чем гидроксида аммония. Этим обусловлена возможность потерь NH_3 во время транспортировки, хранения и внесения удобрений вследствие улетучивания. Водный аммиак выпускается двух сортов: первый сорт содержит 20,5% азота (25% водный аммиак), второй - 16,4% азота (20% аммиак). Коксохимический водный аммиак, кроме того, содержит сероводород и незначительное количество фенолов, роданистых, цианистых и некоторых других соединений.

Аммиачная вода характеризуется невысокой упругостью паров аммиака (25%-ный водный аммиак – $0,15 \text{ кг/см}^2$ при 40°C), не разрушает чёрные металлы, замерзает только при очень низкой температуре (25%-ный аммиак при минус 56°C , 20%-ный при минус 33°C). Поэтому ее можно хранить и перевозить в герметичных резервуарах из обычной углеродистой стали, рассчитанных на невысокое давление ($0,4 \text{ кг/см}^2$). В аммиачной воде азот находится в форме свободного аммиака NH_3 и аммония NH_4OH , при внесении в почву аммиак адсорбируется коллоидами почвы.

Опыты по изучению эффективности жидких азотных удобрений под различные культуры показали, что при правильном применении в равных по азоту дозах они по эффективности не уступают аммиачной селитре. В настоящее время жидкие азотные удобрения, особенно жидкий аммиак, в больших количествах применяют в США.

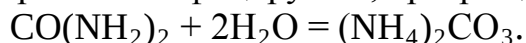
1.5. УДОБРЕНИЯ, СОДЕРЖАЩИЕ АЗОТ В АМИДНОЙ ФОРМЕ

Мочевина (карбамид) $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$. Синтетическая мочевина содержит 46% азота. Самое концентрированное из твёрдых азотных удобрений. Азот в мочеvine находится в органической форме в виде амида карбаминовой

кислоты. Исходными продуктами для производства синтетической мочевины служат аммиак и диоксид углерода. По внешнему виду белый кристаллический порошок, хорошо растворимый в воде. Гигроскопичность при температуре до 20°C небольшая, но с повышением температуры заметно увеличивается. При хранении слеживается и рассеиваемость её ухудшается. Промышленность выпускает мочевины в гранулированном виде с размером гранул 1-3 мм. При грануляции, для уменьшения слеживаемости, гранулы покрывают небольшим количеством жировой добавки. Гранулированная мочевина обладает значительно лучшими физическими свойствами, практически не слеживается, сохраняет хорошую рассеиваемость.

Однако в процессе грануляции в мочеvine образуется вредное для растений соединение - биурет. При высоком содержании (более 3%) биурет становится токсичным для растений, и при внесении мочевины непосредственно перед посевом, угнетает растения.

В почве мочевина растворяется почвенной влагой и под действием фермента уреазы быстро аммонифицируется, превращаясь в карбонат аммония:



Карбонат аммония подвергается гидролизу с образованием бикарбоната аммония и щелочи, что обуславливает временное подщелачивание почвы в местах внесения мочевины:



Аммоний подвергается нитрификации с образованием азотной кислоты и изменением реакции почвенного раствора в сторону подкисления. После усвоения растениями азота мочевины в почве не остаётся ни щелочных, ни кислотных остатков удобрений.

Применяется мочевина в качестве допосевого удобрения на всех типах почв, под различные сельскохозяйственные культуры. Кристаллическую мочевины можно использовать для некорневой подкормки растений.

Мочевина – ценное азотное удобрение. Высокая концентрация азота и хорошие физические свойства позволяют считать её наиболее перспективным видом твердого азотного удобрения.

В мировом ассортименте азотных удобрений удельный вес мочевины постоянно увеличивается. Этому способствует разработанная в Европе и Японии прогрессивная технология её производства с более низкой по сравнению с производством аммонийной селитры себестоимостью.

Цианамид кальция CaCN_2 , содержит 20-22% азота. В состав технического продукта входит 58-60% CaCN_2 , 20-28% CaO , 9-12% угля и незначительное количество кремниевой кислоты, оксида железа, алюминия и карбида кальция. По внешнему виду - лёгкий чёрный или тёмно-серый порошок, сильно пылит. Попадая в глаза и дыхательные органы, вызывает воспаление слизистой оболочки, разъедает кожу, поэтому при работе с ним для защиты глаз и рук необходимо надевать очки и перчатки. Удобрение щелочное из-за значительного содержания примесей CaO . Чтобы избежать вредного действия цианамида на прорастающие семена или молодые

всходы растений, его вносят заблаговременно, весной за 7 --10 дней до посева или с осени под зябь. В подкормку применять нельзя. Используется цианамид главным образом для предуборочного удаления листьев хлопчатника и других растений (дефолиация).

1.6. СМЕШАННЫЕ ФОРМЫ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ

Аммиакаты. Представляют собой растворы аммонийной селитры, мочевины или других азотных удобрений в водном аммиаке. Они очень разнообразны по общему содержанию азота и по соотношению его форм.

Аммиакаты - жидкости светло-жёлтого цвета. Азот в аммиакатах представлен на 20-40% аммиаком и на 60-80% азотом аммонийной селитры или мочевины. При применении аммиакатов, как и других жидких азотных удобрений, содержащих аммиак, соблюдают необходимую глубину их заделки на почвах разного гранулометрического состава.

По действию на урожай сельскохозяйственных культур аммиакаты (в сопоставимых дозах) равноценны твёрдым азотным удобрениям. В России широкое применение получили углеаммиакаты – растворы карбоната и бикарбоната аммония и мочевины, содержащие 4-7% свободного аммиака и 18-35% общего азота.

КАС - водные растворы карбамида и аммонийной селитры. Смесь водных растворов карбамида и аммонийной селитры (КАС) с содержанием азота 28-32% имеет целый ряд преимуществ перед другими твёрдыми и жидкими азотными удобрениями. Растворы КАС практически не содержат свободного аммиака, поэтому они более технологичны и удобны в обращении. Их можно хранить даже в открытых резервуарах, не опасаясь потерь азота. Это прозрачные или желтоватые жидкости с плотностью 1,26 - 1,33 г/см³, реакция их раствора нейтральная или слабощелочная.

Растворы КАС применяют как для основного внесения удобрений, так и для подкормок. Можно использовать разные способы основного внесения удобрения: непосредственно в почву или поверхностно (с последующей заделкой в почву). Это удобрение можно рекомендовать и для корневых подкормок пропашных культур, и для некорневых подкормок зерновых культур.

Наличие ряда преимуществ КАС перед другими удобрениями (низкие себестоимость, затраты на транспортировку, хранение и применение; полная механизация всех погрузочно - разгрузочных работ; высокая точность и равномерность внесения и др.) объясняется наибольшей перспективностью его из азотных удобрений.

1.7. МЕДЛЕННОДЕЙСТВУЮЩИЕ ФОРМЫ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ

Производство их разрабатывалось с целью уменьшения потерь азота из удобрений в районах с избыточным увлажнением и на поливных землях. Недостатком удобрений является высокая стоимость по сравнению с обычными удобрениями.

Медленнодействующие удобрения подразделяются на две группы: первая объединяет слаборастворимые в воде удобрения (конденсаты мочевины и различных альдегидов) - мочевиноформальдегидные удобрения или уреаформ (МФУ), оксамид, изобутелендимочевина (ИБДМ), кротонилидединмочевина (КДМ), мочевино - формацетальдегидное удобрение (МФАА), вторая – капсулированные удобрения.

Мочевино-формальдегидные удобрения или уреаформ (МФУ) - продукт конденсации мочевины с формальдегидом. Содержит 38-40 % азота (в том числе 28-32 % нерастворимого в воде). Представляет собой белый рассыпчатый малогигроскопичный не слеживающийся порошок.

Одним из главных показателей, характеризующих свойства МФУ, является индекс усвояемости, т.е. количество нерастворимого азота, которое растворится при кипячении в течение 1 часа. МФУ эффективны при внесении под овощные культуры, рис, лён, возделываемые при орошении.

Оксамид (диамид щавелевой кислоты). Медленнодействующее азотное удобрение с содержанием 31,7% азота. Представляет собой кристаллическое вещество белого цвета, плохо растворимое в воде (при 75⁰С - 0,4 г/л, в кипящей - 6 г/л). Перспективно использование при орошении, так как при внесении мочевины и сульфата аммония, азот вымывается оросительными водами из корнеобитаемого слоя почвы. Эффективно использование оксамида под рис.

Недостаток медленнодействующих удобрений является высокая стоимость их по сравнению с обычными легкорастворимыми азотными удобрениями. Кроме того, скорость высвобождения азота из удобрения не всегда соответствует характеру поглощения этого элемента большинством культур в течение вегетации, чем и объясняется меньшая по сравнению с мочевиной эффективность их в год внесения. Вследствие этого медленнодействующие удобрения пока не имеют широкого применения.

Капсулированные удобрения - водорастворимые удобрения, гранулы которых покрыты плёнками, через которые трудно и медленно проникают водные растворы. В качестве покрытий используют акриловую смолу, винилацетат, парафин, полиэтилен. К наиболее перспективным удобрениям относится капсулированная мочевина с содержанием азота до 38-42%. Она эффективна при внесении на посевах. Капсулированные азотные удобрения используются растениями в процессе вегетации лучше и равномернее, что положительно сказывается на урожае и качестве продукции.

Применение капсулированных азотных удобрений перспективно под рис, на лугах и пастбищах длительного пользования, а также под овощные культуры. На посевах зерновых культур они не имеют преимущества перед растворимыми удобрениями. Однако из-за высокой стоимости капсулированных удобрений применение их пока весьма ограничено.

Контрольные вопросы:

1. На какие группы делятся азотные удобрения?
2. Что такое нитратные удобрения, каковы их формы, состав, свойства

- и применение?
3. Какие свойства и особенности применения имеют твердые аммонийные и жидкие аммиачные удобрения?
 4. Расскажите об аммиачной селитре. Каковы ее состав, свойства и применение?
 5. Расскажите о мочеvine. Каковы ее состав, свойства, превращение в почве и применение?
 6. Что такое КАС, каковы их свойства и преимущества перед другими твердыми и жидкими азотными удобрениями?

Работа 2. КЛАССИФИКАЦИЯ ФОСФОРНЫХ УДОБРЕНИЙ

Цель работы: Изучить классификацию фосфорных удобрений, их химические и физические свойства, применение.

Теоретические сведения. Значительная доля почв сельскохозяйственного назначения в России, в том числе пахотных земель в Амурской области, имеют низкую обеспеченность фосфором. Особенно бедны фосфором почвы легкого гранулометрического состава.

В настоящее время более 30 млн. га пахотных земель России имеют содержание подвижного фосфора ниже среднего. Особенно заметное снижение запасов подвижных форм фосфора в почвах за последнее десятилетие произошло в Дальневосточном, Восточно - Сибирском, Уральском и Северо - Кавказском экономических регионах России.

В отличие от азота, никаких других источников восполнения запасов фосфора в почвах, помимо частичного его возврата с навозом и применения фосфоросодержащих минеральных удобрений, не существует.

Фосфорные удобрения в зависимости от растворимости и доступности для растений делят на три группы:

1. Содержащие фосфор в водорастворимой форме - простой и двойной суперфосфат (фосфор этих удобрений хорошо доступен растениям);
2. Содержащие фосфор, нерастворимый в воде, но растворимый в слабых кислотах (в 25%-ной лимонной кислоте) - преципитат, томас-шлак, мартеновский фосфатшлак, обесфторенный фосфат (фосфор этих удобрений доступен растениями);
3. Содержащие фосфор, нерастворимый в воде, плохо растворимый в слабых кислотах, полностью растворимый в сильных кислотах (серной, азотной) - фосфоритная мука, костная мука (фосфор этих удобрений труднодоступен для большинства растений).

2.1 УДОБРЕНИЯ, СОДЕРЖАЩИЕ ФОСФОР В ВОДРАСТВОРИМОЙ ФОРМЕ

Суперфосфат простой - удобрение, содержащее фосфор в виде водорастворимого монокальцийфосфата $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$, частично в виде свободной фосфорной кислоты и цитраторастворимого двузамещенного фосфата кальция. Содержание P_2O_5 - 14- 19,5%. Содержание кислоты - 5-5,5 %. Мо-

нофосфат и фосфорная кислота в сумме дают от 75 до 90% P_2O_5 , дифосфат занимает не более 10-25%. Небольшая часть трёхкальциевого фосфата остаётся неразложившимся, а некоторое количество фосфорной кислоты связывается железом и алюминием (1% оксида железа связывает 2% P_2O_5 , а 1% оксида алюминия - 1% P_2O_5).

Конечным продуктом производства является *порошковидный суперфосфат*. Это вещество тёмно-серого цвета из фосфорита или светло - серого цвета из апатита с характерным запахом фосфорной кислоты. Наличие в продукте свободной фосфорной кислоты обуславливает его высокие гигроскопичность и влажность (по стандарту содержание влаги в удобрении не должно превышать 12-15%). При хранении и транспортировке порошковидный суперфосфат слёживается, быстро теряет сыпучесть и рассеиваемость. В почве фосфат-ионы подвергаются химическому поглощению с образованием на нейтральных почвах двух и трехзамещенных фосфатов кальция ($CaHPO_4$; $Ca_3(PO_4)_2$), а на кислых, слаборастворимых и трудно усвояемых растениями фосфатов железа и алюминия ($FePO_4$, $AlPO_4$).

Все эти недостатки в значительной мере устраняются при переработке порошковидного суперфосфата в гранулированный.

Гранулированный суперфосфат в отличие от порошковидного не комкуется и не слёживается, обладает повышенным содержанием P_2O_5 и пониженной влажностью; его можно вносить в почву с помощью зернотуковых сеялок. В результате медленного растворения гранул в почвенной влаге и значительного уменьшения площади контакта частиц удобрения и почвы существенно снижается химическое связывание водорастворимых соединений удобрения. Для удобрения пригодными считаются гранулы диаметром 1 - 4 мм. Гранулированный суперфосфат содержит меньше влаги (1 - 4 %), большое количество усвояемой P_2O_5 - 19,5 - 22,0%, меньшее количество кислоты - 1,0 - 2,5%.

Двойной суперфосфат - высококонцентрированное фосфорное удобрение, получаемое из апатита или фосфорита обработкой фосфорной кислотой. Содержит фосфор в виде монокальцийфосфата [$Ca(H_2PO_4)_2$] и небольшого (до 2,5%) количества свободной фосфорной кислоты. Основное отличие его от простого суперфосфата - отсутствие в нём гипса.

Лучший двойной суперфосфат получают из апатита. Он содержит 45-49% усвояемой P_2O_5 , не менее 85% водорастворимой P_2O_5 . Выпускают двойной суперфосфат в виде гранул светло-серого цвета. Эффективность двойного суперфосфата при равной дозе (по P_2O_5) близка эффективности простого суперфосфата. Преимущество двойного суперфосфата может проявляться на карбонатных почвах. И наоборот, при удобрении культур, положительно отзывающихся на наличие гипса (серы) в удобрениях (бобовые, крестоцветные), более эффективен простой суперфосфат.

Обогащенный суперфосфат получают при разложении апатитового концентрата смесью серной и фосфорной кислот. Удобрение выпускают в гранулированном виде, содержит 23,5-24,5% усвояемой P_2O_5 .

Использовать суперфосфат можно как основное удобрение для локального внесения и при необходимости - в подкормку с обязательной заделкой в почву на достаточную глубину.

Суперфос новый перспективный вид концентрированного фосфорного удобрения длительного действия. Использование P_2O_5 из фосфорного сырья достигает 95%. Суперфос выпускают в гранулированном виде. Он содержит 38-40% P_2O_5 , из них 19-20% в водорастворимой форме. По эффективности воздействия на урожай растений не уступает двойному суперфосфату.

2.2. УДОБРЕНИЯ, СОДЕРЖАЩИЕ ФОСФОР, НЕ РАСТВОРИМЫЙ В ВОДЕ, НО РАСТВОРИМЫЙ В СЛАБЫХ КИСЛОТАХ.

Преципитат (дикальцийфосфат) - $CaHPO_4 \cdot 2H_2O$. Преципитат используют в основном для кормовых целей и небольшую часть как удобрение. Содержание P_2O_5 в преципитате от 25 - 35% цитратнорастворимой (доступной растениям) P_2O_5 . По внешнему виду белый или светло-серый порошок, обладает хорошими физическими свойствами (не слеживается, хорошо рассеивается). Растворяется в лимоннокислом аммонии, доступен растениям. Вносится в почву с кислой реакцией в качестве основного удобрения.

Обесфторенный суперфосфат. Получают путём термической обработки фосфорного сырья. В полученном продукте содержится от 30 -32 % (из апатита) до 20 -22 % (из фосфорита) цитратнорастворимой P_2O_5 , обладает хорошими физическими свойствами. При основном внесении в качестве удобрения на дерново - подзолистых и черноземовидных почвах он по эффективности не уступает суперфосфату.

Обесфторенный фосфат используют в основном для минеральной подкормки животных.

Томасшлак. Удобрение, получаемое в качестве побочного продукта при переработке в железо и сталь фосфористого чугуна по способу С. Томаса.

Томасшлак - тёмный тяжёлый порошок, содержит от 7-8 до 16-20% цитратнорастворимой P_2O_5 . В удобрении много кремнистого кальция, есть соединения железа, алюминия, ванадия, магния, марганца, молибдена и других элементов.

Используют томасшлак только как основное удобрение. Он лучше действует на кислых почвах, так как имеет щелочную реакцию.

Мартеновский фосфатшлак. Получают в качестве побочного продукта при выплавке стали и чугуна в мартеновском производстве. Содержание P_2O_5 от - 8 до 12%. Почти весь фосфор в цитратнорастворимой форме. Используют в качестве основного удобрения. Он имеет сильнощелочную реакцию, поэтому больше подходит для кислых почв. Из-за низкого содержания P_2O_5 применяют вблизи от места получения.

2.3. УДОБРЕНИЯ, СОДЕРЖАЩИЕ ФОСФОР, ПЛОХО РАСТВОРИМЫЙ В СЛАБЫХ КИСЛОТАХ, НО РАСТВОРИМЫЙ В СИЛЬНЫХ КИСЛОТАХ

Фосфоритная мука - представляет размолотые до состояния тонкой муки фосфориты. Фосфоритная мука - тонкий порошок серого, тёмно-серого или коричневого цвета. Содержание P_2O_5 в удобрении высшего сорта -25%, первого -22% и второго - 19%. Удобрение негигроскопично, не слеживается, хорошо рассеивается, но сильно пылит.

Фосфор в муке содержится в виде гидроксилapatита, карбонат - апатита, фтор - апатита, эти соединения не растворимы в воде, слабых кислотах, слабо доступны для большинства культур. Почва начинает разлагать фосфорит при потенциальной кислотности не менее 2,5 мг-экв./ 100 г почвы. Чем эта величина выше, тем сильнее действие фосфоритной муки.

Фосфоритная мука обладает длительным положительным действием на урожай среди фосфорных удобрений. Следовательно, нет необходимости повторять фосфоритование кислых почв чаще одного раза за ротацию севооборота. При этом необходимо под все культуры вносить суперфосфат при посеве. При сочетании нерастворимого и растворимого удобрений достигается хорошее удовлетворение потребностей растений.

Контрольные вопросы:

1. На какие основные группы подразделяют фосфорные удобрения?
2. Какие агроруды служат сырьем для производства фосфорных удобрений?
3. Что такое суперфосфат, каковы его состав, свойства, превращение в почве, применение?
4. Каким способом применяют удобрения второй группы (преципитат, томасшлак, термофосфаты и обесфторенный суперфосфат)?
5. Расскажите о фосфоритной муке. Каковы ее состав, свойства и особенности применения?

Работа 3. КЛАССИФИКАЦИЯ КАЛИЙНЫХ УДОБРЕНИЙ

Цель работы: Изучить классификацию калийных удобрений, их химические и физические свойства, применение.

Теоретические сведения. В повышении урожаев сельскохозяйственных культур и улучшении качества получаемой продукции наряду с азотными и фосфорными удобрениями важная роль принадлежит калийным удобрениям. Их применение наиболее эффективно на почвах легкого гранулометрического состава. На других почвах с высокими валовыми запасами нуждаемость в калийных удобрениях возникает при возделывании потребляющих большое количество калия культур: корне- и клубнеплодов, силосных и овощных, подсолнечника и других. К таким видам почв с высоким валовым запасом калия относятся почвы Амурской области.

Эффективность калийных удобрений всегда выше при достаточной обеспеченности растений другими основными элементами минерального питания. В этом случае увеличивается положительная роль калия в повышении устойчивости растений к неблагоприятным погодным условиям, к поражению болезнями и повреждению вредителями.

Промышленные калийные удобрения подразделяются на:

1. Концентрированные (хлористый калий, сернокислый калий, хлористый калий-электролит, 40% - ная калийная соль, калимагнезия, калийно-магнийный концентрат, печная зола, цементная пыль)
2. Сырые калийные соли (сильвинит и каинит).

3.1 КОНЦЕНТРИРОВАННЫЕ КАЛИЙНЫЕ УДОБРЕНИЯ.

Хлористый калий, хлорид калия - KCl . Основное калийное удобрение, составляющее 80 - 90% от общего производства калийных удобрений. В химически чистом хлориде содержится 63,1% K_2O , влаги не более 1%. В зависимости от способа производства хлорид калия, поставляемый в сельскохозяйственное производство, содержит от 57 до 60% K_2O . Кристаллическое вещество розового или белого цвета с серым оттенком. В воде хорошо растворимое, физиологически кислое удобрение.

Мелкокристаллический хлористый калий слеживается при хранении, поэтому его гранулируют до размеров частиц 1 - 3 мм. Гранулированная и крупнокристаллическая форма хлористого калия имеет преимущество в лучшей равномерности внесения и более эффективного действия на урожай сельскохозяйственных культур. Содержание хлора в калийных удобрениях отрицательно действует на ряд культур. Хлористое удобрение требует заблаговременного внесения. В хлористом калии содержание хлора равно 0,9 - 1,0 кг на кг K_2O .

Сернокислый калий - K_2SO_4 . Высококонцентрированное бесхлорное удобрение. Мелкий кристаллический порошок белого цвета (допускается желтоватый оттенок), содержание K_2O - 46 - 50%, влаги - 1,2%. Не слеживается, транспортируется с завода в мешках или без тары. Физиологически кислое удобрение, применяется под культуры, чувствительные к хлору. Это удобрение широко используют в овощеводстве, особенно в защищенном грунте. Наличие серы в удобрении положительно влияет на продуктивность крестоцветных, бобовых и некоторых других культур.

Однако себестоимость сульфата калия гораздо выше, чем всех других калийных удобрений.

Калимагнезия, сульфат калия-магния - $K_2SO_4 * MgSO_4$. Выпускается в виде сильно пылящего порошка с сероватым оттенком или сероватых гранул неправильной формы, содержит 29% K_2O и 9% MgO , влажность не более 5%, не слеживается, перевозится навалом или в бумажных мешках. Используется в первую очередь под культуры, чувствительные к хлору и на лёгких почвах.

Калимаг, калийно-магнийный концентрат - $K_2SO_4 * 2MgSO_4$

производится в виде гранул серого цвета с содержанием 18 – 20% K_2O и 8 - 9% MgO и влажностью 1,5- 7%. Не слёживается, транспортируется без тары. Как и калимагнезия применяется под культуры, чувствительны к хлору, содержание хлора, как и в сульфате калия 0,02-0,1 кг на кг K_2O .

40% - ная калийная смешанная соль $KCl + (mKCl + nNaCl)$ - серый кристаллический порошок с включением розовых, голубых кристаллов, получают как смесь хлористого калия с размолотым сильвинитом (до 35% $NaCl$), а иногда каинитом. Содержит 40% K_2O , 20% Na_2O и 50% Cl , влажность не более 2%, слёживается, перевозится без тары, физиологически кислое удобрение. Содержание хлора 1,4 - 1,9 кг на кг K_2O . Наиболее пригодна для культур, отзывчивых на натрий (сахарная свекла, кормовые и столовые корнеплоды).

Смесь хлористого калия и каинита дает 30%-ную калийную соль. Это удобрение ценно для культур, потребляющих много магния, на песчаных и супесчаных почвах (бедных магнием).

Хлоркалий электролит – KCl с примесями $NaCl$ и $MgCl_2$. Это побочный продукт при производстве магния из карналлита. Содержит 34-42% K_2O , по 5% MgO и Na_2O и до 50% Cl . Сильнопыляющий мелкокристаллический порошок с желтым оттенком. Не слеживается, его перевозят в бумажных мешках или насыпью. По эффективности приближается к хлористому калию; на бедных магнием почвах более эффективен, чем KCl .

Печная древесная зола. Местное калийно – фосфорно - известковое удобрение. Калий содержится в золе в виде поташа (K_2CO_3). Содержание K_2O в золе существенно колеблется в зависимости от источника топлива. Например, зола лиственных пород содержит 10-14% K_2O , 7% P_2O_5 , 36% CaO , зола хвойных пород – 3-7% K_2O , 2-2,5% P_2O_5 и 25-30% CaO . Печная древесная зола – достаточно эффективное удобрение для всех культур (особенно для хлорофобных) и для всех почв (в первую очередь для кислых).

Цементная пыль. Отход производства цемента, бесхлорное калийное удобрение. Содержит от 10-15 до 35% K_2O . Калий содержится в виде карбонатов, бикарбонатов, сульфатов и в небольшом количестве силикатов. Имеются также гипс, оксид кальция, полуторные окислы и некоторые микроэлементы. Калийные соли цементной пыли растворимы в воде и доступны растениям. Применяют в качестве основного удобрения, в первую очередь на кислых почвах и под хлорофобные культуры.

3.2 СЫРЫЕ КАЛИЙНЫЕ СОЛИ

Сильвинит ($KCl + NaCl$) - размельченная сильвинитовая порода, цвет кристаллов розовато - бурый с включением синих, содержание K_2O 12 - 15%, Na_2O – 35-40%. Используется в незначительных количествах, перевозится без тары, слёживается, вносится под натриеволюбивые культуры (сахарная свекла, кормовые и столовые корнеплоды). Содержание хлора самое высокое из всех калийных удобрений - 4,0,,5,2кг.

Каинит $\text{KCl} * \text{MgSO}_4 * 3\text{H}_2\text{O}$ с примесью NaCl . Содержит 10% K_2O , 6-7% MgO , 32-35% Cl , 22-25% Na_2O , 15-17% SO_4 . Это крупные кристаллы розовато-бурого цвета. Влажность не более 5%. Не слеживается, транспортируют насыпью.

Контрольные вопросы:

1. Какое месторождение калийных солей используют для производства калийных удобрений в России.
2. Каков ассортимент промышленных калийных удобрений?
3. В чем особенности свойств и применения хлорида калия?
4. Как калийные удобрения взаимодействуют с почвой? Какое влияние оказывают они на свойства почвы?
5. Какие сопутствующие компоненты содержатся в калийных удобрениях и каково их значение для растений?

Работа 4. КОМПЛЕКСНЫЕ УДОБРЕНИЯ

Цель работы: Изучить классификацию комплексных удобрений, их химические и физические свойства, применение.

Теоретические сведения. К комплексным удобрениям относятся удобрения, содержащие два, три и более элементов питания: азот, фосфор, калий, магний, серу и микроэлементы.

В зависимости от содержания компонентов различают двойные ($\text{P}+\text{K}$, $\text{N}+\text{P}$, $\text{N}+\text{K}$) и тройные ($\text{N}+\text{P}+\text{K}$) комплексные удобрения.

По способу производства эти удобрения подразделяются на сложные, сложносмешанные (комбинированные) и смешанные, а по агрегатному состоянию - на твердые и жидкие.

Чем больше питательных веществ в удобрении, тем оно ценнее. Высокая концентрация действующих веществ и одновременное содержание нескольких элементов питания - большое преимущество комплексных удобрений.

Для различных культур, почв, климатических и других условий требуются сложные удобрения с разным соотношением и содержанием азота, фосфора и калия. Их характеризуют массовым отношением $\text{N}:\text{P}_2\text{O}_5:\text{K}_2\text{O}$, например 1:1,5:0,5 (азот принимается за единицу). Иногда удобрения характеризуют отношением элементов, например 12:18:6 или 12-18-6; сумма чисел дает общее содержание (N, P, K) действующих веществ в удобрении.

Наиболее распространенными являются трехкомпонентные и двухкомпонентные удобрения.

Однако соотношение между отдельными компонентами в составе комплексных удобрений не всегда соответствует потребностям культур при выращивании на почвах с различной обеспеченностью этими элементами. В таких случаях необходимо дополнять применение комплексных удобрений внесением односторонних удобрений или приготавливать соответствующие

тукосмеси.

4.1 СЛОЖНЫЕ УДОБРЕНИЯ

Теоретические сведения. Сложные удобрения представляют собой одинарные соли, содержащие разные элементы питания, например KNO_3 , $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ и другие, они не содержат примесей (балласта) и поэтому отличаются высокой концентрацией элементов питания.

Аммофос - $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ (однозамещённый фосфат аммония), сложное азотно-фосфорное удобрение с содержанием элементов питания: 11-12% N и 46-60% P_2O_5 . В нём нет балласта. Выпускается в кристаллическом и гранулированном виде. Аммофос из фосфорной кислоты, полученной из апатитов, почти полностью растворимое в воде удобрение. Аммофос, полученный на основе экстракционной фосфорной кислоты необогащённых фосфоритов месторождения Каратау, имеет в своём составе 10% и более P_2O_5 в водонерастворимой форме и содержит значительное количество MgO и Fe_2O_3 .

Отношение азота к фосфору в аммофосе составляет 1:4 и даже 1:5, поэтому при использовании его в качестве удобрения при основном внесении нужно добавлять азотные, а при необходимости и калийные удобрения.

Диаммофос - $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ (двузамещённый фосфат аммония), является сложным азотно-фосфорным удобрением с отношением азота и фосфора 1:2,5. Выпускается в гранулированном виде с содержанием азота 19%, фосфора до 50%; суммарное содержание N и P_2O_5 до 70%, это самое концентрированное из всех сложных удобрений. Почти весь фосфор находится в водорастворимой форме. Удобрение обладает хорошими физическими и химическими свойствами, применяется, как и аммофос, для основного, припосевного внесения и в подкормки. Является хорошим компонентом для приготовления тукосмесей.

Фосфоаммомагnezия - $\text{MgNH}_4\text{PO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ (магний-аммоний-фосфат) Слаборастворимое, сложное удобрение, содержащее 10,9% азота, 45,7% фосфора и 25,9% магния. Нитрификация аммония этого удобрения в почвенных условиях идёт так же быстро, как и сульфата или нитрата аммония. Пригодно для основного внесения в первую очередь на песчаных почвах, где возможны существенные потери азота из растворимых удобрений и на которых ощущается дефицит магния, а также в теплицах при выращивании овощей на гидропонике.

В состав входит макроэлемент Mg, кроме этого в состав соли могут быть введены и другие микроэлементы: железо, марганец, медь, цинк. Кроме азотно-фосфорного, это будет и соответствующее микроудобрение, применение этих удобрений имеет важное значение для использования в теплицах (гидропоника).

Полифосфаты аммония. Производимые в настоящее время смеси полифосфорных кислот содержат от 70 до 83% P_2O_5 , что позволяет получать более концентрированные комплексные удобрения. На основе полифос-

форных кислот получают тройной суперфосфат (55% P_2O_5). При аммонизации (насыщении аммиаком) полифосфорных кислот под давлением получают полифосфаты аммония (табл. 1).

Таблица 1 – Характеристика некоторых полифосфатов аммония
(В.И. Кобзаренко, цит. по Ягодину и др., 2002)

Удобрение	Формулы	N	P ₂ O ₅	N : P ₂ O ₅	N + P ₂ O ₅ , %
		%			
Диаммоний пирофосфат	(NH ₄) ₂ H ₂ P ₂ O ₇	13	66,9	1:5	79,9
Триаммоний пирофосфат	(NH ₄) ₃ H ₂ P ₂ O ₇	18,3	62,0	1:3,4	80,3
Тетрааммоний пирофосфат	(NH ₄) ₄ P ₂ O ₇	22,7	57,7	1:2,5	80,4
Пентааммоний триполифосфат дигидрат	(NH ₄) ₃ P ₃ O ₁₀ + 2H ₂ O	18,4	56,2	1:3,1	74,6

Для практических целей наиболее ценны второй и третий из приведённых полифосфатов аммония, отличающиеся высокой общей концентрацией фосфора и азота и более приемлемым их соотношением.

Калийная селитра - KNO_3 (азотнокислый калий, нитрат калия), является сложным концентрированным азотно-калийным удобрением, содержащим 13% азота и 46% калия. Благодаря отличным физическим свойствам, калийная селитра хорошо хранится, пригодна как для непосредственного внесения в почву, так и для приготовления смешанных удобрений. Особенно ценно удобрение для культур, чувствительных к хлору, для овощеводства закрытого грунта, так как её использование снижает общую концентрацию солей и особенно хлоридов и сульфатов в питательной среде.

Недостаток калийной селитры - широкое соотношение между азотом и калием (1:3,5). Поэтому при её использовании требуется дополнительное внесение азотных удобрений, а если необходимо дать все три питательных элемента одновременно, то и фосфорных.

Метафосфат калия – KPO_3 . Содержит до 60% P_2O_5 и до 40% K_2O . высококонцентрированное сложное удобрение. Получают путем разложения хлористого или углекислого калия ортофосфорной кислотой при температуре 450⁰С. В ряде опытов с картофелем, сахарной свеклой, ячменем, льном и другими культурами получен хороший эффект от применения этого удобрения.

4.2 СЛОЖНОСМЕШАННЫЕ УДОБРЕНИЯ

Теоретические сведения. Сложносмешанные (комбинированные) удобрения содержат два и более элементов питания, получают их в едином технологическом процессе при взаимодействии азотной, фосфорной и серной кислот с аммиаком, природными фосфатами, солями калия, аммония и др.

Нитрофосы и нитрофоски. Их получают при обработке фосфатного сырья азотной кислотой. В результате такого взаимодействия образуются кальциевая селитра и монофосфат кальция с примесью дикальцийфосфата. Смесь из-за высокой гигроскопичности кальциевой селитры не является полноценным удобрением: она отличается повышенной влажностью и плохо рассеивается. Поэтому необходима дальнейшая обработка смеси, чтобы перевести азот из кальциевой селитры в другие соединения. Существуют несколько способов такой обработки.

1. В полученную смесь вводят сульфат аммония, образуется аммиачная селитра и безводный сернокислый кальций. Если эту смесь высушить и подвергнуть грануляции, получится удобрение *нитрофос*. При добавлении хлористого калия в необходимой пропорции и после высушивания и грануляции получают удобрение *сульфатную нитрофоску*. Она обладает хорошими физическими свойствами и может быть использована под большинство культур на всех типах почв. Полученная смесь содержит $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, NH_4NO_3 , NH_4Cl , KNO_3 , CaSO_4 .

2. При добавлении в смесь аммиака и серной кислоты достигается тот же результат, что при введении сульфата аммония. Но аммиак может вызвать частичную ретроградацию образовавшихся усвояемых солей фосфорной кислоты. Чтобы этого избежать, одновременно в пульпу прибавляют небольшое количество растворимой соли магния. Введение хлористого калия позволяет получить удобрение *сернокислую нитрофоску*.

3. Перспективным способом является добавление к пульпе аммиака и фосфорной кислоты. В этом удобрении самое высокое содержание водорастворимой фосфорной кислоты (до 80%), в двух предыдущих - около 55% от усвояемой. При добавлении хлористого калия получается *фосфорная нитрофоска*.

Выпускается несколько марок гранулированных нитрофосок характеристика которых приведена в таблице 2.

Таблица 2 – Характеристика нитрофосфатов (В.И. Кобзаренко, цит. по Ягодину и др., 2002)

Нитрофосфаты	N	P ₂ O ₅ (усвояе- мая)	K ₂ O	Содержание во- дорастворимой P ₂ O ₅ , %*
		%		
Нитрофос марки А	23,5	17	-	50
Нитрофос марки В	24,0	14	-	50
Нитрофоска марки А (16:16:13)	16-17	16-17	13-14	55
Нитрофоска марки Б (13:10:13)	12,5- 13,5	8,5-9,5	12,5- 13,5	55
Нитрофоска марки В (12:12:12)	11-12	10-11	11-12	55

Примечание: *В % от общего содержания P₂O₅.

Размер гранул нитрофосок 1 - 4 мм; они достаточно прочные и при кондиционировании путём добавления небольших количеств минеральных масел и припудривании тальком или тонкоразмолотым известняком не слёживается при перевозке и хранении. Нитрофоски вносят в качестве основного удобрения, припосевного в рядки, а также в подкормку.

Нитроаммофос - $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 + \text{NH}_4\text{NO}_3$. Получают при нейтрализации аммиаком смесей азотной и фосфорной кислотой. Содержание азота и фосфора равное (примерно по 23% каждого). При введении в смесь калийных компонентов получают *нитроаммофоски*. Содержание N, P_2O_5 , K_2O составляет по 16-17%. Эти удобрения почти не имеют балласта. Количество водорастворимых фосфатов 90% и более. Применяют эти удобрения теми же способами, что и нитрофоски. Эффективность нитроаммофосок такая же, как и смесей простых удобрений.

Карбоаммофоска. Получают из мочевины, фосфорной кислоты, аммиака и солей калия. Она содержит до 60% питательных веществ (по 20% N, P_2O_5 , K_2O). Ее производят со следующим соотношением азота, фосфора и калия: 1:1:1, 1,5:1:1, 2:1:1, 1:1,5:1.

Без добавления калия получают карбоаммофос, содержание до 60% питательных веществ (по 30% N и P_2O_5).

Нитроаммофосфаты, получаемые на основе аммофоса, и карбоаммофосфаты выпускают в гранулированном виде (размер гранул 1 - 3 мм) (табл. 3).

Таблица 3 – Состав комбинированных удобрений, получаемых на основе фосфатов аммония, % (В.И. Кобзаренко, цит. по Ягодину и др., 2002)

Удобрение	N	P_2O_5	K_2O
Нитроаммофос:			
Марка А (1:1)	23	23	-
Марка Б (1:1,5)	16	24	-
Нитроаммофоска сорта I (сумма NPK 50%)	16	16	18
Нитроаммофоска сорта II (сумма NPK 44%)	14	14	16
Карбоаммофос (сумма NP 60%)	30	30	-
Карбоаммофоска сорта I (сумма NPK 60%)	20	20	20

Полифосфаты аммония. Получают путем нейтрализации полифосфорной кислоты аммиаком. Содержат 17% N и 60% P_2O_5 , обладают хорошими физическими свойствами, можно применять под все культуры. Полифосфат аммония – хороший компонент для тукосмесей и приготовления ЖКУ.

Жидкие комплексные удобрения (ЖКУ). Представляют собой водные растворы или суспензии, содержащие соединения азота, фосфора и калия (полные ЖКУ), иногда с добавками микроудобрений, пестицидов и стимуляторов роста растений. В ЖКУ можно в широких пределах регулировать соотношение питательных элементов. ЖКУ на основе термической ортофосфорной кислоты - почти прозрачные жидкости, на основе экстракцион-

ной ортофосфорной - мутные растворы. ЖКУ не содержит свободного NH_3 , поэтому их можно разбрасывать по поверхности поля с последующей заделкой различными почвообрабатывающими орудиями.

Использование ЖКУ позволяет механизировать все процессы погрузки и разгрузки удобрений, устранить потери при транспортировке, перегрузках, хранении и в процессе внесения в почву. Большая экономия достигается на погрузочно-разгрузочных работах и транспортировке. Доставка и внесение ЖКУ в 2-2,5 раза дешевле, чем твердых удобрений.

Внедрение ЖКУ требует создания специальных высокопроизводительных машин с учетом, что эти удобрения обладают коррозионной активностью.

Для повышения концентрации питательных элементов в ЖКУ используются стабилизирующие добавки. Такие удобрения называются суспендированные или суспензионные (ЖСУ).

ЖКУ относятся к перспективным видам минеральных удобрений.

Сложносмешанные гранулированные удобрения. Получают смешиванием простых и сложных порошковидных удобрений (аммофоса, простого или двойного суперфосфата, аммиачной селитры или мочевины, хлористого калия) с добавлением аммиака. Выпускаемые промышленные сложносмешанные гранулированные удобрения имеют разное соотношение питательных элементов при общем содержании их от 25 до 60%.

Растворин (кристаллин). Содержание элементов питания в удобрении приведено в таблице 4.

Таблица 4 – Содержание питательных веществ в растворе, %
(Муравин, 2010)

Марка раствора	N	P_2O_5	K_2O	MgO
А	10	5	20	6
Б	18	6	18	-
В	20	16	10	-

Растворин – комплексное, полностью растворимое в воде удобрение. Для тепличного овощеводства производят три марки: А, Б и В.

4.3 СМЕШАННЫЕ УДОБРЕНИЯ

Смешанные удобрения получают путём механического смешивания двух или более простых удобрений.

По своим агрохимическим качествам смешанные удобрения, практически не отличаются от сложных. Преимуществом их является возможность выпуска очень широкого ассортимента удобрений с любыми соотношениями питательных элементов, удовлетворяющими разнообразные требования сельского хозяйства. В зависимости от вида смешанных удобрений общее содержание питательных веществ в тукосях может изменяться от 25 - 30%.

Существуют несколько способов получения сухих смешанных удобрений:

1. Смешивание непосредственно в хозяйстве при помощи стационарных или передвижных тукосмесительных установок;
2. Использование стационарных высокопроизводительных установок (40-60 т/ч) с перспективой обслуживания нескольких хозяйств;
3. Смешивание удобрений на химических предприятиях.

При смешивании твёрдых удобрений исходные компоненты должны быть сухими и рассыпчатыми; желательно, чтобы они мало различались по крупности и плотности зёрен. Материалы, не удовлетворяющие этим требованиям, трудно превратить в однородное удобрение. Смеси, состоящие из зёрен разных размеров и неодинаковой плотности, подвержены сегрегации, т.е. они расслаиваются, становятся неоднородными и при хранении, перевозке, машинном внесении в почву. Количество гранул размером 1 -3 мм должно быть не менее 90%, в том числе диаметром 2 - 3 мм не менее 50% и частиц менее 1 мм не более 1%.

Физические свойства смешанных удобрений можно улучшить введением нейтрализующих добавок: мела, известняка, фосфоритной муки. Однако не все удобрения можно смешивать. Особенности физико-химических свойств исходных удобрений часто ограничивают возможность их смешивания. В таблице 5 показана схема смешивания удобрений.

Таблица 5 – Схема смешивания удобрений (Муравин, 2010)

Вид удобрения	Аммиачная селитра	Карбамид	Сульфат аммония	Суперфосфат нейтрализованный (простой и двой- ной)	Преципитат	Фосфоритная мука	Металлургические шлаки	Аммофос, диаммо- фос	Хлористый калий	Сернокислый калий
Аммиачная селитра	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Карбамид	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Сульфат аммония	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Суперфосфат нейтрализованный (простой и двойной)	1	1	2	-	-	-	-	-	-	-
Преципитат	1	1	2	2	-	-	-	-	-	-
Фосфоритная мука	1	1	2	2	2	-	-	-	-	-

Вид удобрения	Аммиачная селитра	Карбамид	Сульфат аммония	Суперфосфат нейтрализованный (простой и двой- ной)	Преципитат	Фосфоритная мука	Металлургические шлаки	Аммофос, диаам- мофос	Хлористый калий	Сернокислый калий
Металлургиче- ские шлаки	0	1	0	0	0	2	-	-	-	-
Аммофос, диа- ммофос	1	1	2	2	2	2	0	-	-	-
Хлористый ка- лий	1	1	1	1	1	1	1	1	-	-
Сернокислый калий	1	1	2	2	2	2	2	2	2	-

Примечание: 0 - свойства смеси значительно ухудшаются;
1 - длительное хранение смесей недопустимо;
2 - заблаговременное смешивание допустимо

Смешивание большинства удобрений допустимо незадолго до внесения в почву.

Механизированное приготовление и внесение тукосмесей дают большой экономический эффект по сравнению с отдельным применением односторонних удобрений.

Контрольные вопросы:

1. Как подразделяют комплексные удобрения по составу и способу производства?
2. В чем преимущество комплексных удобрений?
3. Перечислите наиболее распространенные трех- и двухкомпонентные комплексные удобрения.
4. Какие формы сложных и сложносмешанных удобрений поставляют сельскому хозяйству?
5. Какие жидкие комплексные удобрения вы знаете? Каковы особенности их применения?
6. Какие правила необходимо соблюдать при тукосмешивании? Какие удобрения и почему нельзя смешивать?

Работа 5. ИЗВЕСТКОВЫЕ УДОБРЕНИЯ

Цель работы: Изучить классификацию известковых удобрений, их химические и физические свойства, применение.

Теоретические сведения. Известкование имеет первоочередное значение среди мероприятий по сохранению и повышению почвенного плодородия кислых почв и должно предшествовать использованию всех аг-

ротехнических мероприятий. Оно особенно важно при применении в земледелии минеральных удобрений и высокопродуктивных сортов сельскохозяйственных культур, эффективность которых при использовании на кислых почвах снижается на 30-40%.

Известковые удобрения подразделяются на три группы:

1. Промышленного производства, получаемые размолотом твердых карбонатных пород (известняковая и доломитовая мука);
2. Отходы промышленности, богатые известью (металлургические шлаки, цементная пыль, дефека́т, сланцевая зола и др.);
3. Местные удобрения из рыхлых (мягких) карбонатных пород (туф, гаж, мергель и др.).

5.1. ИЗВЕСТКОВЫЕ УДОБРЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА.

Известковая мука CaCO_3 Действующего вещества (в пересчёте на CaCO_3) содержится 75-100%. По внешнему виду это пылящий порошок белого или желтоватого цвета. Получают путём размола известняков. Имеет значение тонина помола. Остаток на сите с размером ячеек 0,25 мм должен быть не более 15-45%, 1 мм - не более 6%. Известняковая мука практически не растворима в воде. Но в почве под действием углекислого газа и воды переходит в более растворимый гидрокарбонат кальция.

Доломитовая мука $\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$. Действующего вещества -95-100%. По внешнему виду белый или желтоватый порошок. Получается путём размола доломитов. MgCO_3 практически не растворим в воде и слабо растворим в воде, содержащей углекислоту. Поэтому действует несколько медленнее, чем известковая мука.

5.2. ОТХОДЫ ПРОМЫШЛЕННОСТИ.

Жжёная известь CaO . Действующего вещества до 78%. Получается путём обжига известняков и в виде отходов на известковых заводах. Комовая известь перед применением гасится водой до получения пушенки, пылевидная может получиться непосредственно. Очень сильный быстродействующий известковый материал.

Гашеная известь Ca(OH)_2 . Получается при гашении жжёной извести и как отход на известковых заводах и при производстве хлорной извести. Гашение проводится водой или присыпанием сырой землёй, растворимость Ca(OH)_2 в 100 раз больше, чем CaCO_3 . По нейтрализующей способности 1т Ca(OH)_2 эквивалентна 1,35 т CaCO_3 .

Сланцевая зола. Получается при сжигании горючих сланцев на предприятиях и электростанциях, содержит 30-40% CaO , 1,5 -3,8% MgO , небольшое количество калия, натрия, фосфора, серы и некоторые микроэлементы. Сланцевая зола по нейтрализующей способности должна соответствовать не менее 60% CaCO_3 , содержать не более 2% влаги.

При высоких дозах (20 т/га) сланцевая зола положительно влияет на

культуры, боящиеся избытка кальция (лен, картофель и др.).

Дефекат. Это отходы свеклосахарных заводов, содержащие CaCO_3 и $\text{Ca}(\text{OH})_2$, а также в небольших количествах органическое вещество, азот, фосфор, калий и микроэлементы. Дефекат по нейтрализующей способности должен соответствовать не менее 40 - 60% CaCO_3 в зависимости от класса. Дефекат значительно превосходит по эффективности известняковую муку.

Шлаки сталеплавильные (мартеновские, электросталеплавильные, доменные). Они содержат не менее 80% CaCO_3 , влажность не более 2%. Наряду с кальцием, магнием, кремнием шлаки содержат фосфор, марганец, серу и другие элементы. Поэтому эффективность шлаков нередко оказывается выше эффективности известняковой и доломитовой муки. Кроме того, содержащаяся в шлаках кремниевая кислота усиливает химическое связывание подвижного алюминия, что косвенно способствует увеличению содержания подвижных форм фосфора в почве.

Белитовая мука. Это отходы (шлам) при производстве алюминия. Она содержит 45-50% CaO , 25 ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$), до 30 SiO_2 , 3,4% Al_2O_3 , а также небольшое количество фосфора, серы и некоторых микроэлементов.

Многие другие отходы различных производств (доломитовая мука и цементная пыль, отходы целлюлозно-бумажных комбинатов и фабрик, содовых, мыловаренных, кожевенных и других производств), содержащие кальций в форме, оксидов, гидроксидов, солей слабых кислот, при отсутствии в них опасных примесей могут быть применены в качестве известковых удобрений.

5.3. МЕСТНЫЕ ИЗВЕСТКОВЫЕ УДОБРЕНИЯ.

Озерная известь (гажа). При влажности не более 30% может содержать 60-95% CaCO_3 и примеси разных элементов, органических веществ. Залежи ее находят в высохших водоемах или собирают при очистке дна существующих водоемов и высушивают. Гажа имеет мелкозернистое сложение, легко рассыпается и является высокоэффективным известковым удобрением.

Известняковые туфы (ключевая известь). Содержит от 70 до 90-98% CaCO_3 с органическими и минеральными примесями, встречается в притеррасных поймах, в местах выхода ключей. По внешнему виду это рыхлая, пористая, легко рассыпающаяся масса, обычно серого, нередко ржавого, бурого и темного цветов. Известняковые туфы содержат не более 30% влаги.

Торфотуфы. Это богатые известью низинные туфы, содержат 10-20, иногда до 50% CaCO_3 . Ценное известково-органическое удобрение, наиболее эффективное на бедных органическими веществами, нуждающихся в известковании почвах. Торфотуфы малорентабельны, поэтому их лучше применять рядом с местом добычи.

Мергель. Содержит 25-50% CaCO_3 , не менее 1% MgCO_3 и 25% примесей песка, глины и др. Залежи его встречаются в виде рыхлых и плотных масс. Плотный мергель целесообразно на зиму вывозить на поля и разме-

щать небольшими кучками, которые под влиянием смены температуры и влажности к весне рассыпаются на мелкие частицы и после заделки в почву по эффективности не уступают известняковой муке.

Доломитовая природная мука. При влажности не более 12% содержит 80% и более карбонатов в пересчете на CaCO_3 и состоит из карбонатов кальция и магния с разными примесями. Это очень ценное известковое удобрение, которое благодаря содержащемуся магнию может быть гораздо эффективнее известняковой муки на почвах легкого гранулометрического состава.

Контрольные вопросы:

1. Расскажите о том, как происходит взаимодействие извести с почвой, какое влияние она оказывает на свойства почвы и питание растений.
2. Какие материалы используют для известкования кислых почв?
3. Каковы требования к качеству удобрений и известкованию почв?

Работа 6. МИКРОУДОБРЕНИЯ

Цель работы: Изучить различные виды микроудобрений, их химические и физические свойства, применение.

Теоретические сведения. Значение микроэлементов для растений определяется тем, что они участвуют во многих процессах обмена веществ; многие из них (Mn, Cu, Mo, Zn, Co и др.) входят в состав различных ферментов, активирующих биохимические реакции, принимают участие в окислительно - восстановительных процессах в растительных клетках (Fe, Mn, Si).

В настоящее время в сельском хозяйстве применяются главным образом микроудобрения, содержащие B, Mn, Si, Mo. Значение применения микроудобрений особенно возрастает при интенсивном использовании макроудобрений и получении высоких урожаев.

6.1. БОРНЫЕ УДОБРЕНИЯ

Бор необходим растениям в течении всей жизни. Он не может реутилизироваться в растениях, поэтому при его недостатке особенно страдают молодые растущие органы. Возникают заболевания и отмирание точек роста.

В растениях бор улучшает углеводный обмен, влияет на белковый и нуклеиновый обмен. При его недостатке нарушаются синтез, превращение и передвижение углеводов, формирование репродуктивных органов, оплодотворение и плодоношение.

При недостатке бора растения поражаются сухой гнилью, коричневой гнилью, дуплистостью, бактериозом, желтеют, усыхают их верхушки, нарушается оплодотворение льна, отмирает точка роста у подсолнечника.

Применение бора на бедных этим микроэлементом почвах повышает урожайность сельскохозяйственных культур.

В качестве борных удобрений в сельском хозяйстве используют в основном боросуперфосфат и бормагниевого удобрения.

Боросуперфосфат. Содержание бора в водорастворимой форме 0,2%. В первую очередь применяют под свеклу и лен, а также под кормовые корнеплоды, зерновые бобовые, гречиху, подсолнечник, огурец, овощи, плодово-ягодные. При основном внесении используют дозу 200-300 кг/га, а в рядки при посеве – 100-150 кг/га. Под лен, огурец, овощи, плодово-ягодные вносят 150 кг/га, а под лен еще в рядки – 50 кг/га.

Бормагниевого удобрения. Содержание бора в водорастворимой форме 2,2%. Применяют под сахарную свеклу, кормовые корнеплоды, зерновые бобовые, гречиху и лен, в почву в смеси с другими удобрениями вносят в дозе 20 кг/га.

Борная кислота техническая. Содержание бора в водорастворимой форме 17,3%. Используется для некорневых подкормок в дозе 500-600 г/га под семенники многолетних трав и овощных культур, для плодово-ягодных – 700-800 г/га и предпосевной обработки семян различных сельскохозяйственных растений – в дозе 100 г. борной кислоты на 100 кг семян.

6.2. МЕДНЫЕ УДОБРЕНИЯ.

Физиологическая роль меди в значительной степени определяется ее вхождением в состав медьсодержащих белков и ферментов.

Под действием меди увеличивается прочность хлорофилл-белкового комплекса, уменьшается разрушение хлорофилла в темноте и в целом на процесс озеленения у всех растений. Недостаток меди вызывает задержку роста, хлороз, потерю тургора и увядание растений, задержку цветения и гибель урожая.

Наиболее отзывчивы на медные удобрения пшеница, овес, ячмень, травы, лен, корнеплоды, овощные и плодово-ягодные культуры.

В перспективе потребность сельского хозяйства России в медных удобрениях целесообразно удовлетворять за счет медного купороса и медно-калийных удобрений.

Пиритные (колчедановые) огарки. Медное удобрение местного значения. Содержание меди 0,2-0,3%. Их вносят один раз в 4-5 лет в дозе 500-600 кг/га осенью под зяблевую вспашку или весной под предпосевную культивацию.

Порошок, содержащий медь. Медное удобрение с содержанием меди 5-6%. Применяется для опудривания семян.

Медный купорос (сульфат меди) – $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. Сульфат меди содержит 25,4% меди. Применяется для опудривания семян в дозе 50-100 г. сульфата меди на 100 кг семян, для некорневых подкормок доза сульфата меди на 1 га посевов – 200-300 г.

6.3. МАРГАНЦЕВЫЕ УДОБРЕНИЯ

Выявлено прямое участие марганца в фотосинтезе. Установлено участие марганца в системе выделения кислорода и в восстановительных реакциях фотосинтеза. Марганец увеличивает содержание сахаров, хлорофилла, прочность его связи с белком, улучшает отток сахаров, усиливает интенсивность дыхания.

При остром недостатке марганца отмечены случаи полного отсутствия плодоношения у редиса, капусты, томата, гороха и других культур. При недостатке этого элемента наблюдаются хлорозы, серая пятнистость злаков, пятнистая желтуха сахарной свеклы.

Марганцевые удобрения в первую очередь следует вносить на серых лесных почвах, слабовыщелочных черноземах, солонцеватых и каштановых почвах под овес, пшеницу, кормовые корнеплоды, картофель, сахарную свеклу, кукурузу, люцерну, подсолнечник, плодово-ягодные и овощные культуры.

В качестве марганцевых удобрений используют в основном отходы предприятий марганцево-рудной промышленности. Отходы содержат чаще всего 10-18% марганца. К марганцевым удобрениям относят марганизированный суперфосфат, сернокислый марганец, порошки содержащие марганец.

Марганизированный суперфосфат. Содержит P_2O_5 20-21%, Mn 1-2%. При внесении в почву доза марганца в расчете на элемент составляет 2,5 кг/га.

Сернокислый марганец ($MnSO_4$). Содержание марганца от 21 до 32%. Применяют в основном для некорневых подкормок и предпосевной обработки семян. Один из способов применения сернокислого марганца - опудривание семян: 50-100 г смешивают с 300-400 г талька и этой смесью обрабатывают 100 кг семян. Для некорневых подкормок расходуют на 1 га 200 г сернокислого марганца; для плодовых и ягодных культур – 600-1000 г/га. Из-за дороговизны сернокислого марганца его в основном используют для нужд тепличного хозяйства.

Порошки содержащие марганец. Содержание марганца в порошках 18-22%. Применяют также как и сернокислый марганец.

6.4. МОЛИБДЕНОВЫЕ УДОБРЕНИЯ.

В растениях молибден входит в состав фермента нитраредуктазы и является необходимым компонентом цепи редукции нитратов, участвуя в восстановлении нитратов до нитритов. Он входит в состав нитрогеназы – фермента, осуществляющего в процессе биологической фиксации азота связывание азота атмосферы. Участие молибдена в фиксации молекулярного азота атмосферы объясняет его особое значение для роста и развития бобовых культур.

Молибден участвует в ряде физиологических процессов у растений - биосинтезе нуклеиновых кислот, фотосинтезе, дыхании, синтезе пигмен-

тов, витаминов и т.д.

На внесение молибденовых удобрений отзывчивы соя, люцерна, клевер, кормовые бобы, вика, цветная капуста, корнеплоды, рапс, кормовая капуста, овощные культуры.

Положительное влияние молибдена на величину и качество урожая овощных культур обусловлено не только лучшим усвоением растениями азота удобрений, но и улучшением использования азота из почвы.

Ассортимент молибденовых удобрений достаточно широк (табл.6). Однако промышленность в основном в качестве молибденовых удобрений поставляет молибденовокислый аммоний.

Таблица 6 – Ассортимент молибденовых удобрений (Ягодин, 2002)

Удобрение	Действующее вещество	Содержание д.в. в водорастворимой форме, %
Молибдат аммония	Mo	52
Молибдат аммония - натрия	Mo	35
Отходы электроламповой промышленности	Mo	5-8
Суперфосфат простой гранулированный с молибденом	P ₂ O ₅ Mo	20 0,1
Суперфосфат двойной гранулированный с молибденом	P ₂ O ₅ Mo	43 0,2

Из способов применения молибденовых удобрений наиболее эффективна и экономически выгодна предпосевная обработка семян. Для обработки 100 кг семян сои расход молибдата аммония или молибдата аммония-натрия **составляет 25-50 г, семян люцерны или клевера – 500-800 г.**

Некорневые подкормки проводят из расчета 200 г молибденовокислого аммония на 1 га посева. Перспективной формой удобрений является молибденизированный суперфосфат, предназначенный для внесения в рядки в дозе 50 кг/га (или 50-100 г/га молибдена).

6.5. ЦИНКОВЫЕ УДОБРЕНИЯ

При резкой смене температур цинк повышает жаро- и морозоустойчивость растений. Имеются данные о влиянии цинка на утилизацию фосфора растениями. При недостатке цинка обнаруживается высокая концентрация неорганического фосфора в растениях. Высокая роль цинка в биосинтезе предшественников хлорофилла и в фотосинтезе. В настоящее время известно более 200 ферментов, активируемых цинком.

К недостатку цинка весьма чувствительны плодовые, особенно цитрусовые культуры. Недостаток цинка может проявляться как на кислых сильнооподзоленных легких почвах, так и на карбонатных, бедных цинком, и на высокогумусированных почвах.

В качестве цинковых удобрений применяют некоторые **отходы промышленности, сернокислый цинк** (содержит 22% цинка) и **полимикрo-**

удобрения – отходы, получаемые на заводах при производстве цинковых белил. Они содержат 19,6% оксида цинка, 17,4% силикатного цинка, 21,1% оксида алюминия, а также небольшое количество алюминия, меди и марганца.

Полимикроудобрения вносят под кукурузу в почву при посеве в рядки в дозе 20 кг/га. При некорневых подкормках используют сернокислый цинк 150-200 г на 1 га посевов в период бутонизации или начала цветения растений. Для опрыскивания семян применяют 50-100 г растворенного в 4 л воды сернокислого цинка на 100 кг семян. Для опудривания семян кукурузы на 100 кг семян расходуют 100 г полимикроудобрений.

Применение цинка имеет важное значение на карбонатных почвах, черноземах, каштановых, бурых почвах, сероземах. Эффективность цинковых удобрений проявляется на сахарной свекле, кукурузе и на плодовых культурах.

6.6. СЕЛЕНОВЫЕ УДОБРЕНИЯ

Селен пока еще не относится к необходимым для растений микроэлементам, но он жизненно необходим для теплокровных животных. При его дефиците установлено возникновение как специфических микроэлементозов, так и заболеваний другой этиологии.

В почве существуют сложные взаимоотношения селена с другими элементами минерального питания растений. Установлено, например, что внесение Co, Zn, Ni усиливает микробиологическое образование летучих соединений Se, в то время как удобрение B и Mn не влияет на эти процессы, а поступление Mo, Hg, Cr, Pb ингибирует трансформацию соединений Se в летучие формы.

На протяжении нескольких лет в лаборатории микроэлементов МСХА им К.А. Тимирязева ведутся исследования по созданию сельскохозяйственной продукции, обогащенной селеном. В серии опытов изучено влияние внесенного в почву **биселенита натрия** на урожай, его качество и содержание Se в растениях овощных культур, пшеницы, рапса и люпина.

Для обогащения продукции растениеводства селеном в мировой практике используют внесение селеносодержащих материалов (селенаты и селениты) в почву, некорневые подкормки и обработку семян. Наиболее эффективный и часто используемый метод – внесение селена в почву совместно с микроудобрениями.

6.7. ЛИТИЕВЫЕ УДОБРЕНИЯ

Литий является биологически важным элементом в жизнедеятельности растений и может действовать как активатор и как ингибитор различных процессов. Литий оказывает влияние на содержание и гетерогенный состав белков и нуклеиновых кислот, ферментативную активность различных энзимов, связанных с белково-нуклеиновым обменом.

Применение лития в качестве микроудобрения под различные культуры

дает в основном положительный результат. Многое зависит от способа применения и доз. Как правило, используют различные **соли лития (хлористую, сернокислую, углекислую)**. Для предпосевного замачивания (увлажнения) семян (клубней картофеля) применяют растворы лития от 0,001 до 0,05% из расчета на элемент в зависимости от культуры. Для некорневого питания используют растворы лития от 0,005%-ного (виноград, картофель) до 0,1%-ного (табак). В почву литий вносят в пределах 0,1-40,0 мг/кг почвы в зависимости от культуры и используемой соли.

Контрольные вопросы:

1. Какие микроэлементы наиболее широко применяют в сельском хозяйстве и в каких условиях они дают наибольший эффект?
2. На каких почвах и под какие культуры прежде всего необходимо внесение борных удобрений? Назовите формы борных удобрений.
3. Какова физиологическая роль кобальта и содержание его в растениях? Назовите формы кобальтовых удобрений, дозы и способы их внесения.
4. Назовите формы цинковых удобрений, дозы и способы их внесения.
5. На каких почвах и под какие культуры прежде всего необходимо внесение медных удобрений? Назовите формы медных удобрений.
6. Какова физиологическая роль молибдена и содержание его в растениях? Назовите формы молибденовых удобрений и способы их внесения.
7. Назовите формы марганцевых удобрений, дозы и способы их внесения.

Раздел 2. АНАЛИЗ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

Работа 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВИДОВ И ФОРМ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПО КАЧЕСТВЕННЫМ РЕАКЦИЯМ

Цель работы: Изучить методику и определить виды, формы минеральных удобрений и мелиорантов по качественным реакциям и физическим свойствам.

Реактивы, материалы, посуда и оборудование:

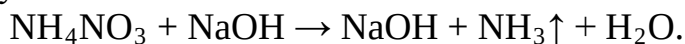
1. Дистиллированная вода.
2. Хлористый барий, 2-5%-й раствор.
3. Азотнокислое серебро, 1-2%-й раствор.
4. Щелочь, NaOH или KOH, 8-10%-й раствор.
5. Соляная или уксусная кислота, 1-5%-й раствор.
6. Щавелевокислый аммоний, насыщенный раствор.
7. Промывалка или стакан воды.
8. Сливная чашка (посуда для слива реактивов).
9. Штатив с набором стеклянных пробирок.
10. Спиртовая или газовая горелка.
11. Древесный уголь и щипцы.
12. Ложка или шпатель.
13. Красная и синяя лакмусовая бумага.
14. Набор удобрений для определения.

Теоретические сведения. По внешнему виду минеральные удобрения трудно различить. При неудовлетворительном хранении удобрения становятся весьма сходными между собой. Чтобы избежать ошибок при использовании удобрений, необходимо уметь определять с помощью простейших качественных реакций любое минеральное удобрение.

1. **Строение.** Простые минеральные удобрения могут быть кристаллическими (к ним относятся все азотные, кроме цианмида кальция, и все калийные) и аморфными (к ним относятся все фосфорные и известковые удобрения).
2. **Растворимость в воде.** Кристаллические удобрения заметно растворимы, либо полностью растворимы. Аморфные удобрения, как правило, слабо растворимы или нерастворимы.
3. **Гранулометрический состав.** Азотные удобрения выпускаются в блестящих гранулах и покрыты слабой легкорастворимой гидрофобной пленкой, за исключением цианмида кальция, сульфата и хлорида аммония; калийные – в виде крупных кристаллов белого или розового цвета (хлорид калия) или мелкокристаллических порошков с серым оттенком – все остальные. Простые фосфорные удобрения представлены матовыми гранулами серо-белого цвета различных оттенков и аморфными порошками; известковые материалы – аморфными порошками различной тонины помола, сложные и комплексные удобрения – матовыми гранулами беловато-серовато-розового оттенка.
4. **Качественные химические реакции.** В состав кристаллических удоб-

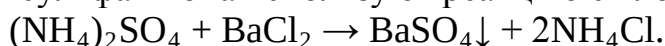
рений входят следующие ионы, которые достаточно легко определяются качественными реакциями: NH_4^+ , K^+ , Ca^{2+} , Na^+ , SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^- .

Для определения иона NH_4^+ используют реакцию удобрения со щелочью, выделение в этой реакции аммиака при нагревании устанавливается по запаху:



Присутствие иона NO_3^- устанавливается с помощью дифениламина, который при взаимодействии с нитрат-ионом образует в растворе соединения синего цвета.

Для открытия сульфат-иона используют реакцию с хлоридом бария:



Выпадает белый кристаллический осадок. Образовавшийся осадок растворяется под действием соляной и уксусной кислоты.

5. **Определение по окраске пламени.** Присутствие K^+ , Ca^{2+} , Na^+ обнаруживают по окраске пламени: кусочек удобрения помещают на сильно нагретую деревянную пластинку и вносят в пламя горелки: калийные соли, особенно селитра, вспыхивают и окрашивают пламя в фиолетовый цвет, натриевые соли – в желто-оранжевый, кальциевые вспыхивают и сгорают, не окрашивая пламени.

Ход анализа:

Форма записи результатов наблюдений при распознавании удобрений по качественным реакциям

Номер удобрения	Внешний вид и запах	Растворимость в воде	Реакция со щелочью	Реакция с BaCl_2 и уксусной кислотой	Реакция с AgNO_3 и соляной кислотой	Реакция с дифениламином	Отношение к раскаленному углю	Название удобрения	Состав, формула удобрения

1. Работу начинают с визуальной оценки удобрения: определяют цвет, запах, характер гранул или кристаллов. Затем 2 г удобрения помещают в сухую чистую пробирку, добавляют 40 см³ дистиллированной воды, хорошо перемешивают, наблюдают за растворимостью, возможно слабое нагревание.
2. Если удобрение растворилось полностью или больше половины, раствор поровну разливают в четыре сухие пробирки для проведения качественных реакций на содержание ионов.
3. В первую пробирку добавляют щёлочь, во вторую - хлорид бария, в третью - азотнокислое серебро, в четвёртую - дифениламин. Реакция со щелочью дает возможность установить присутствие в удобрении иона NH_4^+ по запаху. Добавление хлорида бария - присутствие сульфат-иона SO_4^{2-} образуется кристаллический осадок сульфата бария. Реакция с азотнокислым серебром в третьей пробирке позволяет определить присутствие ионов Cl^- и H_2PO_4^- , хлорид серебра выпадает в виде белого твёр-

рожистого осадка, а фосфат-ион окрашивает раствор в жёлтый цвет. Реакцию в четвертой пробирке проводят следующим образом: смачивают этим раствором поверхность белой фарфоровой чашечки и добавляют 10 - 12 капель дифениламина. Синее окрашивание указывает на присутствие нитрат-иона в пробирке, такие удобрения относят к селитрам.

4. Реакция удобрений на раскалённом угле позволяет разделить такие удобрения, как NH_4NO_3 , $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$, NaNO_3 , KNO_3 т.е. селитры и мочевины. Удобрения, которые дают окрашивание с дифениламином, в сухом виде помещают на кусочек раскалённого угля, при этом селитры вспыхивают и окрашивают пламя: калийная в фиолетовый цвет, а натриевая в жёлто-оранжевый, кальциевая - пламя не окрашивает, поэтому для идентификации, к водному раствору этого удобрения добавляют раствор щёлочи, выпадает аморфный осадок $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Аммиачная селитра на раскалённом угле плавится с выделением белого дыма и запаха аммиака.
5. Мочевина $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ хорошо растворяется в воде, однако с перечисленными реактивами никаких характерных реакций не даёт. Порошок удобрения на раскалённом угле дымит и выделяет аммиак.
6. Цианамид кальция CaCN_2 определяют по цвету, запаху и реакции с кислотой. Это тонко размолотый тёмно-серый порошок, имеет слабый запах нефтепродуктов, практически нерастворим в воде. В пробирку насыпают сухой порошок, примерно 1 г, добавляют соляной кислоты, наблюдают вскипание с образованием черной копoteобразной пены. В другую пробирку насыпают примерно столько же удобрения, добавляют 20 см^3 дистиллированной воды, тщательно взбалтывают, после отстоя определяют реакцию надосадочной жидкости по лакмусу, цианамид кальция имеет щелочную реакцию, наблюдаем синее окрашивание.
7. Калийные удобрения, исключая калийную селитру, не сгорают и не плавятся на раскалённом угле, а также не дают запаха аммиака. Для них характерно наличие крупных кристаллов или мелкокристаллической смеси. В настоящее время выпускают и применяют следующие виды: хлорид калия KCl , сернокислый калий K_2SO_4 калийную соль-смесь $[(m\text{KCl} * n\text{NaCl}) + \text{KCl}]$ калимагнезию ($\text{K}_2\text{SO}_4 * \text{MgSO}_4$), каинит смесь ($\text{KCl} * \text{MgSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) и хлоркалий - электролит. Эти удобрения различаются по внешнему виду и реакциям на сопутствующий анион.
8. Калийные удобрения растворяются в воде, как описано в п. 1. Калийная соль и каинит дают мутные непрозрачные растворы из-за присутствия промышленных примесей, остальные удобрения дают прозрачные растворы.
9. Калийную соль и каинит различают по ряду химических реакций: каинит даёт в растворе три реакции с образованием осадков - это реакции с азотнокислым серебром, с хлоридом бария и щёлочью (NaOH), где выпадает осадок гидроокси магния; калийная соль даёт реакцию только с азотнокислым серебром, кроме того, натрий, который входит в состав удобрения, окрашивает пламя горелки в жёлто-оранжевый цвет.
10. Прозрачные растворы дают хлористый калий, сульфат калия, калимагнезия. Реакция с хлоридом бария позволяет выявить и распознать два послед-

них удобрения по наличию мелкого кристаллического осадка сульфата бария. Калимагнезию легко отличить от сульфата калия, прибавив в пробирку с раствором удобрения щёлочь, при наличии магния в растворе образуется осадок - гидроксид магния.

Определение аморфных простых удобрений. Фосфорные удобрения и известковые материалы представляют матовые гранулы или смеси неупорядоченного гранулометрического состава, цвет - от тёмно-серого до белого, все суперфосфаты, одинарный, двойной и тройной - удобрения гранулированные.

11. На часовое стекло или в пробирку помещают 1 г удобрений, приливают 2-3 капли 10%-й соляной кислоты, наблюдается вскипание всех известковых материалов, томасшлака и фосфатшлака. Суперфосфат, преципитат, фосфоритная мука не вскипают. Томасшлак и фосфатшлак отличаются от всех известковых материалов по цвету, они имеют тёмно-серый цвет и больший удельный вес. В отличие от других фосфорных удобрений, они имеют щелочную реакцию, поэтому при взаимодействии с водой надосадочная жидкость окрашивается соответствующими индикаторами.

12. Определение фосфат-иона проводят так: 1 г удобрения (если они гранулированные, предварительно растирают в ступке) помещают в пробирку, приливают 30 см³ воды, встряхивают, отстаивают, сливают надосадочную жидкость в другую пробирку и добавляют 2-3 капли азотнокислого серебра. В присутствии фосфат-иона появляется жёлтая окраска. В другой порции фильтрата проводят реакцию с хлоридом бария, появление белого осадка свидетельствует о присутствии сульфат-иона, который находится в виде гипса в простом суперфосфате.

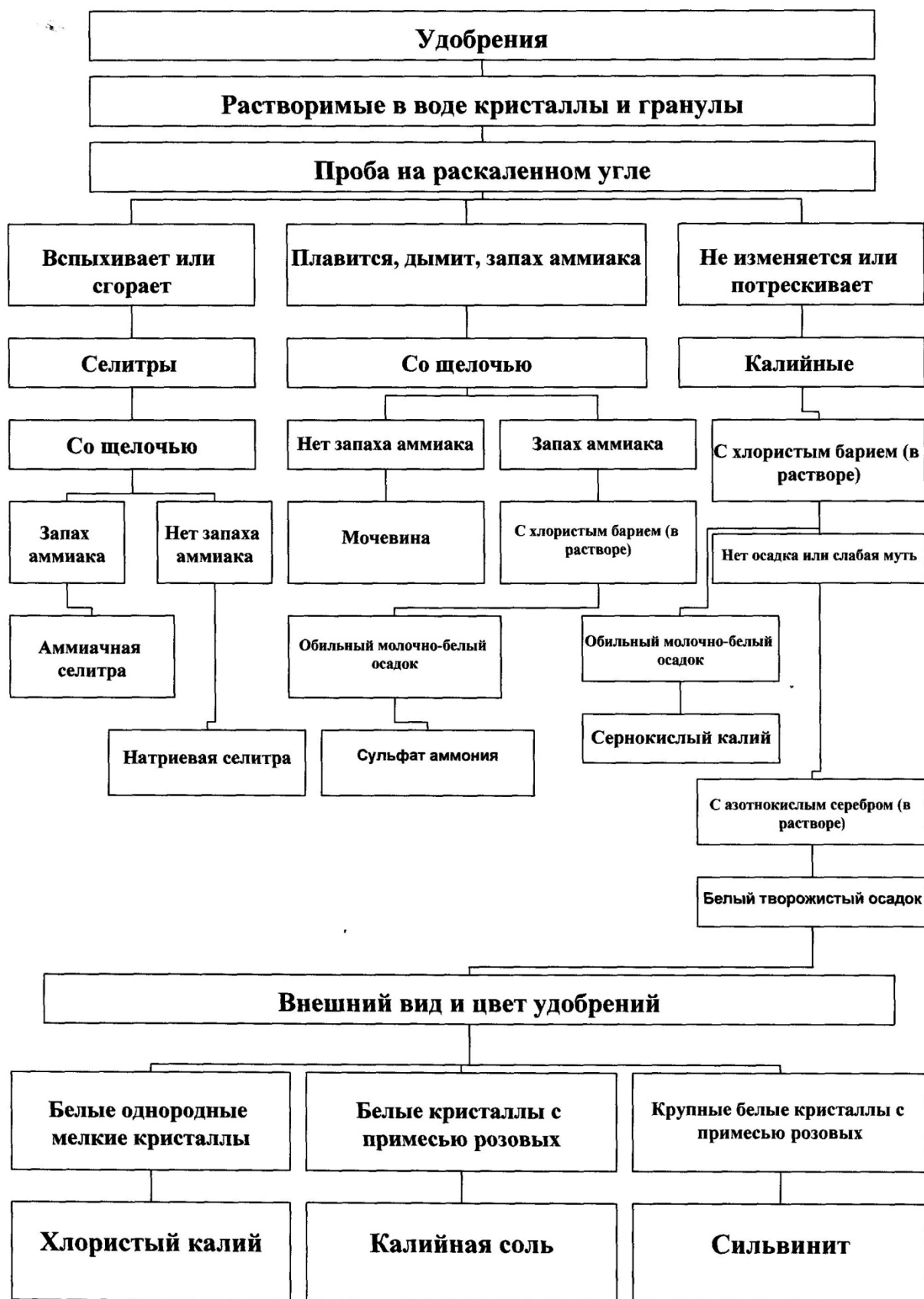
13. Фосфоритная мука - тонкий землисто-коричневый порошок, водная вытяжка не даёт характерных реакций, удобрение растворимо только в смеси концентрированных кислот: серной и азотной.

Распознавание минеральных удобрений удобно вести по схеме 1.

Определение сложных и комплексных удобрений. Отечественная промышленность выпускает эти удобрения в виде матовых, серовато-белых или розовато-серых гранул. Их получают при разложении фосфоритного сырья азотной кислотой или при нейтрализации фосфорной и азотной кислот аммиаком: нитрофоску, нитроаммофоску, нитрофос, нитроаммофос, аммофос и полное минеральное удобрение (NPK-удобрение) для защищенного грунта.

Гранулированные удобрения растирают в фарфоровой ступке, 1 г удобрения помещают в пробирку, приливают 60 см³ воды, осторожно нагревают и перемешивают, достигая возможно полного растворения осадка, отстаивают. После отстаивания жидкость над осадком используют для проведения реакций: а) с NaOH для выделения NH₄ и Ca (выпадает в осадок Ca(OH)₂; б) с BaCl₂ - для выделения сульфатных ионов (выпадает осадок BaSO₄); в) с AgNO₃ - при наличии хлора выпадает белый осадок хлорида серебра (AgCl), а AgH₂PO₄ окрашивает раствор в желтый цвет; г) с дифениламином для выделения NO₃ (проявляется окраска синего цвета); д) при наличии калия пламя газовой горелки приобретает фиолетовую окраску.





Нитрофоска дает характерные реакции на Ca^{++} , K^+ , NH_4^+ , NO_3^- , Cl^- , H_2PO_4^- ; нитрофос – на Ca^{++} , NH_4^+ , NO_3^- , SO_4^{--} , H_2PO_4^- ; аммофос – на NH_4^+ , HPO_4^- ; нитроаммофоска – на NO_3^- , H_2PO_4^- , NH_4^+ , K^+ , Cl^- ; нитроаммофос – на NO_3^- , H_2PO_4^- , NH_4^+ .

Контрольные вопросы:

1. Как по внешним признакам распознать калийные удобрения?
2. Как определить труднорастворимые фосфорные удобрения?
3. Как определить удобрения, содержащие аммиак?
4. Как обнаружить карбонат-ион в удобрениях?

Работа 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИГРОСКОПИЧЕСКОЙ И ОБЩЕЙ ВОДЫ В УДОБРЕНИЯХ

Цель работы: Изучить методику и определить гигроскопическую и общую воду в удобрениях.

Реактивы, материалы, посуда и оборудование:

1. Шкаф сушильный с погрешностью регулирования температуры до $\pm 2,5^\circ\text{C}$.
2. Эксикатор (ГОСТ Г 6371), заполненный осушителем.
3. Бюксы (ГОСТ 7148), диаметром от 32 до 60 мм и высотой 30 ± 2 мм или кювета алюминиевая диаметром 32 - 60 мм, высотой 5-7 мм.
4. Весы аналитические.
5. Натрий углекислый безводный (ГОСТ 83), высушенный в течение 2 ч в сушильном шкафу при $200 - 250^\circ\text{C}$ (хранить в посуде с притертой пробкой).

Принцип метода. Метод основан на высушивании удобрения в сушильном шкафу до постоянной массы.

Ход анализа: Бюкс с удобрением помещают в термостат и сушат при определенной температуре (табл. 7) с открытой крышкой в течение 3 ч, аммиачную селитру сушат 2 ч. Затем бюкс закрывают и охлаждают в эксикаторе, выдерживая перед взвешиванием не менее 30 мин.

Таблица – 7 Температура, поддерживаемая в термостате при сушке различных удобрений.

Наименование удобрения	Температура сушки, $^\circ\text{C}$
Карбамид (мочевина), аммофос, нитрофоска, нитроаммофоска, нитроаммофос	65-70
Сложно-смешанные удобрения, суперфосфат, простой аммонизированный и двойной суперфосфат	75-80
Аммиачная селитра, хлористый калий, сернокислый калий, простой суперфосфат, 40-%-я калийная смешанная соль, преципитат удобрительный, фосфоритная мука	100
Калимагнезия, калийно-магниевый концентрат, калий сернокислый	200-250*

Примечание. * Определяется общая вода.

Массовую долю воды (X) в процентах вычисляют по формуле [1]:

точностью 0.0001 н.

Ход анализа: Растирают в фарфоровой ступке 30 - 40 г аммиачного удобрения. Берут на технических весах навеску 10 г (в двукратной повторности), переносят в химический стакан объёмом 150 - 200 см³, растворяют в дистиллированной воде, размешивая стеклянной палочкой. Отфильтровывают раствор в мерную колбу емкостью 200 см³ через воронку диаметром 8 - 10 см, с бумажным обычным фильтром, доводят водой до метки, закрывают и взбалтывают.

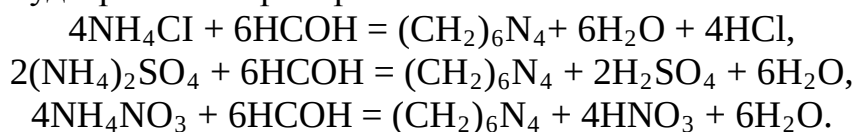
Берут пипеткой 25 см³ фильтрата в колбу коническую объемом 100 см³, приливают к нему из бюретки 50 см³ 0,5 н. раствора щелочи. Перемешивают раствор, закрывают маленькой воронкой (диаметром 2-2,5 см), кипятят на электроплитке или горелке, упаривая раствор до 1/3 первоначального объёма под тягой. Раствор охлаждают до комнатной температуры, стенки воронки и колбы омывают холодной дистиллированной водой из промывалки.

Титруют избыток щёлочи 0,5 н. раствором H₂SO₄, из бюретки прибавив 2-3 капли фенолфталеина, до перехода малиновой окраски к бесцветной.

Содержание аммиачного азота рассчитывается по формуле [2]:

Содержание

кислоту в количестве, эквивалентном количеству аммиачного азота в анализируемой навеске удобрения. Например:



По количеству образовавшейся кислоты, которая учитывается титрованием щелочью (NaOH или KOH), определяется процент азота в удобрении.

Реактивы, материалы, посуда и оборудование:

1. Индикаторы: метилоранж (0,5 г растворить в 100 см³ дистиллированной воды), фенолфталеин (1,0 г растворить в 100 см³ этилового спирта).
2. 0,1 н. раствор щёлочи (в капельнице), готовят из фиксанала или 5,6 г KOH или 4 г NaOH растворяют в дистиллированной воде и доводят объём до 1000 см³.
3. 0,5 н. раствор щёлочи (KOH или NaOH), готовят из фиксанала или 28,06 г KOH или 20,0 г NaOH растворяют в дистиллированной воде и доводят объём до 1 дм³. Нормальность щёлочи устанавливают с точностью 0,0001 н.
4. 20%-й раствор формалина.

Ход анализа: Растирают в фарфоровой ступке 30 - 40 г исследуемого удобрения. На технических весах берут навеску 10 г, переносят в стакан ёмкостью 150-200 см³ и растворяют в небольшом количестве (50-100 см³) дистиллированной воды.

Фильтруют раствор через воронку диаметром 8 - 10 см с обычным бумажным фильтром в мерную колбу объёмом 250 см³, доводят водой до метки, закрывают пробкой, взбалтывают.

Берут пипеткой 10 см³ фильтрата в химический стакан на 100 - 150 см³ прибавляют 2-3 капли индикатора метилоранж. Если появится розовая окраска, указывающая на кислую реакцию раствора, следует нейтрализовать кислотность, прибавляя по каплям 0,1 н. раствор щёлочи до появления жёлтой окраски.

В другой химический стакан объёмом 100 - 150 см³ приливают цилиндром 10 см³ 20%-го раствора формалина. Так же, как и в испытуемом растворе, проверяют реакцию реактива и, если нужно, нейтрализуют кислотность 0,1 н. раствором щёлочи до жёлтой окраски.

Вливают раствор формалина в стакан с испытуемым раствором и перемешивают. Реакция протекает моментально, от образовавшейся кислоты окраска раствора от жёлтой переходит в розовую.

Прибавляют к раствору 2-3 капли фенолфталеина и титруют 0,5 н. раствором щёлочи до второго изменения окраски – от желтой (после розовой) к малиновой.

Примечание: Внимательно следят за изменением окраски, так как от присутствия индикаторов (метилоранж, фенолфталеин) цвет раствора при титровании **изменяется дважды**: 1 - из розового в желтый при рН 6,2 по метилоранжу; 2 - из желтого в малиновый при рН 8,2 по фе-

нолфталеину.

Содержание аммиачного азота рассчитывают по формуле [3]:

Содержание

раствора водой до метки.

Ход анализа: Взвешивают 10 г удобрения (мочевины) с погрешностью не более 0,001 г помещают в мерную колбу вместимостью 250 см³, добавляют 150-200 см³ воды и 10 см³ 20%-го раствора соляной кислоты, тщательно перемешивают в течение 10-15 мин, доводят объем раствор водой до метки и вновь перемешивают. Раствор фильтруют через фильтр средней плотности, отбрасывая первые порции фильтрата.

20 см³ полученного раствора помещают в мерную колбу вместимостью 100 см³, добавляют 10 см³ раствора п-диметиламинобензальдегида, доводят объем раствора до метки водой и тщательно перемешивают. Через 15 мин измеряют оптическую плотность полученного раствора по отношению к раствору сравнения в кювете с толщиной поглощающего свет слоя раствора 1 см при длине волны 420 нм. По полученной оптической плотности, пользуясь градуировочным графиком, находят содержание мочевины в миллиграммах.

Массовую долю амидного азота (X) в процентах вычисляют по формуле [4]:

Работа 6. МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ФОСФОРА (ГОСТ 20851.2)

Цель работы: Изучить методы извлечения фосфора из удобрений и анализа, применяемые для определения фосфора.

При проведении анализа применяют реактивы квалификации чистый для анализа («ч.д.а.») и дистиллированную воду по ГОСТу 6709 и мерную посуду, откалиброванную по ГОСТу 8. 100.

Методы извлечения фосфора из удобрений и методы анализа, применяемые для определения фосфора, приведены в таблицах 8 и 9.

Таблица 8 – Методы извлечения фосфора из удобрений

Форма фосфора	Метод извлечения
Общий фосфор	Раствором соляной (азотной) кислоты
	Смесью соляной и азотной кислот
Усвояемый фосфор	Реактивом Петермана
	Раствором лимонной кислоты
	Раствором трилона Б (ди-Na-ЭДТА)
	Раствором соляной кислоты
	Раствором лимоннокислого аммония с рН 7
	Раствором муравьиной кислоты
Водорастворимый фосфор и свободная кислота	Водой

Таблица 9 – Методы анализа, применяемые для определения фосфора

Метод анализа	Пределы массовых долей фосфора, %
Весовой магнезиальный	От 3 до 55
Дифференциальный фотометрический	
Объемный (определение свободной кислотности)	От 0,2 до 8,0
Весовой хинолиномолибденовый	
Титриметрический хинолиномолибденовый	От 3 до 55
Титрование с применением хлористого магния	

Примечание: Для определения массовой доли усвояемого фосфора, извлекаемого реактивом Петермана, раствором лимоннокислого аммония с рН 7 и раствором лимонной кислоты, метод титрования с применением хлористого магния не используется.

Работа 6.1 ОТБОР И ПОДГОТОВКА ПРОБ

Цель работы: Изучить и освоить методику отбора и подготовки проб фосфорных удобрений.

Реактивы, материалы, посуда и оборудование:

1. Фарфоровая ступка и пестик.
2. Сито с квадратными отверстиями 0,2 мм или с круглыми отверстиями

0,3 мм.

3. Стекло для квартования.

Отбор и подготовка проб: Пробу отбирают в соответствии с ГОСТом 21560.0 и нормативно-техническими документами на конкретный продукт. Из пробы отбирают около 250 г продукта, растирают в ступке и просеивают через сито с квадратными отверстиями размером 0,2 мм (или 0,3 мм на ситах с круглыми отверстиями). Допускается применение сит с квадратными отверстиями размером 0,25 мм. При анализе простого суперфосфата применяют сито с квадратными (или круглыми) отверстиями размером 0,5 мм. Комочки, не проходящие через сито, растирают до полного просева. Для гигроскопичных удобрений метод подготовки проб для анализа устанавливается в стандартах на конкретный продукт. Просеянную пробу помещают на стекло, тщательно перемешивают и методом квартования уменьшают до массы около 100 г.

Работа 6.2 ИЗВЛЕЧЕНИЕ ВОДОРАСТВОРИМОГО ФОСФОРА И СВОБОДНОЙ КИСЛОТЫ ВОДОЙ

Цель работы: Изучить методику извлечения водорастворимых фосфатов и свободной кислоты водой.

Принцип метода. Метод основан на растворении пробы анализируемого удобрения в воде.

Реактивы, материалы, посуда и оборудование:

1. Весы аналитические.
2. Аппарат ротационный со скоростью вращения 45 об./мин или магнитная мешалка или другой аппарат для перемешивания.
3. Колба Штохмана или мерная колба вместимостью 250 см³.
4. Дистиллированная вода.
5. Фильтры складчатые.
6. Стаканы мерные.

Ход анализа: На аналитических весах взвешивают 4 г пробы анализируемого удобрения, подготовленной как описано в работе 6.1, взвешивают с погрешностью не более 0,0002 г, и переносят в колбу Штохмана (или мерную колбу) вместимостью 250 см³ (допускается применять мерную колбу вместимостью 500 см³). Пробу заливают 200 см³ воды и сразу же перемешивают, чтобы избежать образования комков. Колбу закрывают пробкой, устанавливают на ротационный аппарат и перемешивают в течение 30 мин. По истечении этого времени содержимое колбы доводят водой до отметки и тщательно встряхивают в течение нескольких минут. Затем раствор сразу же после осаждения осадка фильтруют через сухой фильтр в сухую посуду.

Работа 6.3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФОСФОРА ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫМ ФОТОМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Цель работы: Изучить методику и определить фосфор дифференци-

альным фотометрическим методом.

Принцип метода. Фосфат-ионы образуют с ванадат-молибдатным реактивом комплексное соединение, которое окрашивает раствор в желтый цвет. Измерив оптическую плотность этого комплекса на ФЭК при длине волны 430-450 нм относительно раствора сравнения с известной концентрацией P_2O_5 , определяют массовую долю фосфора в анализируемом удобрении.

Реактивы, материалы, посуда и оборудование:

1. Кислота азотная (пл. 1,4), разбавленная 1 : 2 .
2. Кислота серная концентрированная (пл. 1,84).
3. 20%-ный раствор соляной кислоты.
4. Рабочий раствор сравнения однозамещенного фосфата калия с содержанием P_2O_5 0,2 мг/см³: берут на аналитических весах 7,6696 г ($\pm 0,0001$ г) KH_2PO_4 , предварительно высушенного до постоянной массы при температуре 105°C, переносят в мерную колбу вместимостью 1 дм³, приливают 200-250 см³ дистиллированной воды, перемешивают до полного растворения соли и к раствору добавляют 5 см³ 65%-ного раствора азотной кислоты. Содержимое колбы доливают дистиллированной водой до метки при температуре 20°C и перемешивают. Полученный раствор содержит P_2O_5 0,2 мг/см³.
5. Смесь ванадиево-молибденовая (раствор А): сначала готовят 0,25%-ный раствор ванадата аммония (ГОСТ 9336-75). Для его приготовления взвешивают 2,5 г соли, растворяют в химическом стакане в 500 см³ горячей воды (70-90 °C), добавляют к раствору 20 см³ концентрированной азотной кислоты (пл. 1,4 г/см³) и перемешивают. После охлаждения содержимое переносят в мерную колбу вместимостью 1 дм³, доливают дистиллированной водой до метки и перемешивают. Если раствор мутный, его фильтруют. Раствор Б: берут на технических весах 50 г молибдата аммония (ГОСТ 3765-78), растворяют в стакане в 500 см³ дистиллированной воды при 50 °C, переносят в мерную колбу вместимостью 1 дм³, охлаждают и доливают дистиллированной водой до метки. Если раствор мутный, его фильтруют. Раствор В - 33%-ный раствор азотной кислоты (разбавленная 1:2 концентрированная азотная кислота, ГОСТ 4461-77). Смешивают равные объемы растворов А, Б и В в указанной последовательности и фильтруют. Раствор хранят в склянке из темного стекла в прохладном месте.

Ход анализа. Пипеткой отбирают 25 см³ анализируемого раствора и переносят в мерную колбу вместимостью 100 см³. Содержимое колбы доводят дистиллированной водой (при температуре около 20°C) до метки и перемешивают.

При анализе удобрений, содержащих ионы метафосфорной, пирофосфорной или полифосфорных кислот, необходимо провести их гидролиз до ортофосфорной кислоты. Для гидролиза полифосфорных кислот берут 25 см³ анализируемого раствора и помещают в стакан вместимостью

200-400 см³. В стакан добавляют 20 см³ 20%-ного раствора соляной кислоты и кипятят в течение 15-20 мин. После этого содержимое стакана количественно переносят в мерную колбу на 100 см³ (колба № 1), доливают дистиллированной водой (при температуре около 20°C) до метки и перемешивают. Затем из колбы № 1 берут пипеткой 5-20 см³ анализируемого раствора, переносят в чистую мерную колбу (№ 2) на 100 см³ и добавляют в 40 см³ ванадиево-молибденовой смеси (раствора Г). Содержимое колбы № 2 доливают дистиллированной водой до метки, перемешивают и через 15-20 мин измеряют оптическую плотность при длине волны 440-460 нм. По градуировочному графику находят содержание Р₂О₅ в анализируемом растворе (мг/100 см³).

Построение градуировочного графика. Для построения градуировочного графика параллельно готовят две серии растворов сравнения из одного исходного раствора, содержащего 0,2 мг/см³ Р₂О₅. С этой целью в пять пронумерованных мерных колб (емкостью 100 см³) первой серии и в пять мерных колб второй серии последовательно приливают из бюретки по 5, 10, 15, 20 и 25 см³ рабочего раствора КН₂РО₄, содержащего 0,2 мг/см³ Р₂О₅. Затем в колбы приливают 20-30 см³ дистиллированной воды и 40 см³ раствора Г. Содержимое в колбах доводят водой до метки, перемешивают и через 15-20 мин (но не более чем через 60 мин) измеряют оптическую плотность окрашенных рабочих растворов при 430-450 нм на ФЭК относительно раствора сравнения с наименьшей концентрацией Р₂О₅. Для этого электрофотокolorиметр настраивают вначале на «ноль» по раствору, содержащему 1 мг Р₂О₅ в 100 см³ (первая колбочка обеих серий растворов сравнения). Затем относительно этого раствора сравнения измеряют оптические плотности остальных окрашенных растворов. Одновременно с приготовлением растворов сравнения готовят анализируемые растворы. По оптической плотности растворов сравнения строят калибровочную кривую, откладывая на оси абсцисс концентрации Р₂О₅ (мг/100 см³) раствора, а на оси ординат - соответствующие им величины оптической плотности.

Массовую долю фосфора в пересчете на Р₂О₅ (%) вычисляют по формуле [5]:

$$P_2O_5 =$$

Анализ проводят в двух повторностях, расхождения между которыми не должны превышать при доверительной вероятности $P = 0,95$ 0,2 % при массовой доле фосфора (P_2O_5) 3-10 %; 0,4 % - при массовой доле фосфора от 10 до 50 %; 0,5 % - при массовой доле фосфора > 50 %.

Контрольные вопросы:

1. Расскажите методы извлечения фосфора из удобрений?
2. Какие методы анализа применяются для определения фосфора?
3. Расскажите методику отбора и подготовки проб минеральных удобрений?
4. На чем основан метод извлечения водорастворимых фосфатов и свободной кислоты водой?
5. Принцип метода определения фосфора дифференциальным фотометрическим методом?
6. Расскажите способ приготовления рабочего раствора сравнения однозамещенного фосфата калия с содержанием P_2O_5 0,2 мг/см³?
7. Принцип построения градуировочного графика в работе 6.3?

Работа 7. МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ КАЛИЯ
(ГОСТ 20851.3).

Цель работы: Изучить методы определения содержания калия.

Общие требования. При проведении анализа применяют мерную посуду, реактивы квалификации «чистый для анализа» («ч.д.а») и дистиллированную воду по ГОСТу 6709. Растворы индикаторов готовят по ГОСТу 4919.1.

Работа 7.1. ОТБОР И ПОДГОТОВКА ПРОБ, ПОДГОТОВКА
АНАЛИЗИРУЕМОГО РАСТВОРА

Цель работы: Изучить и освоить методику отбора и подготовки проб калийных удобрений.

Реактивы, материалы, посуда и оборудование:

1. Сито с отверстиями размером не более 0,25 мм.
2. Мерные колбы 500 см³.
3. Дистиллированная вода.
4. Фильтры складчатые.
5. Фильтры «синяя лента».
6. Стаканы мерные.
7. Аппарат ротационный со скоростью вращения 45 об./мин или магнитная мешалка или другой аппарат для перемешивания.
7. Плитка электрическая.

Отбор и подготовка проб проводят в соответствии с ГОСТ 21560.0 и нормативно-технической документацией на конкретный вид удобрений. Отобранную пробу измельчают и просеивают через сито с отверстиями размером не более 0,25 мм.

Для подготовки анализируемого раствора взвешивают 5 г просеянной пробы с погрешностью не более 0,001 г, помещают в мерную колбу вместимостью 500 см³ добавляют 150 - 200 см³ воды, доводят до кипения и кипятят в течение 19 минут. Затем раствор охлаждают, доводят водой до метки, перемешивают и фильтруют через сухой складчатый фильтр в сухой стакан, отбрасывая первую порцию фильтрата объемом 50 см³.

При анализе сложных удобрений подготовку анализируемого раствора допускается проводить следующим образом: 5 г анализируемого продукта взвешивают с погрешностью не более 0,001 г, помещают в мерную колбу вместимостью 500 см³, приливают 400 см³ воды и перемешивают на механическом встряхивателе в течение 30 мин. Затем объем раствора доводят водой до метки, перемешивают и фильтруют через фильтр «синяя лента», первые порции фильтрата отбрасывают.

В присутствии двойных сульфатов типа сингенита растворение проводят в слабом растворе соляной кислоты при слабом кипячении. Данные о количествах соляной кислоты в процессе растворения (времени и температуре нагревания) устанавливаются нормативно-технической документацией на конкретный продукт.

Работа 7.2. ВЕСОВОЙ ТЕТРАФЕНИЛБОРАТНЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ КАЛИЯ В ОДНОКОМПОНЕНТНЫХ КАЛИЙНЫХ УДОБРЕНИЯХ

Цель работы: Изучить методику и определить содержание калия в однокомпонентных калийных удобрениях весовым тетрафенилборатным методом.

Принцип метода заключается в осаждении калия тетрафенилборатом натрия в уксуснокислой среде с последующим высушиванием и взвешиванием полученного осадка тетрафенилбората калия. Определив массу осадка тетрафенилбората калия, вычисляют содержание K₂O в удобрениях.

Реактивы, материалы, посуда и оборудование:

1. Тигли фильтрующие по ГОСТу 9775, типа ТФ ПОР 16 или тигель G-4.
2. Алюминий хлористый по ГОСТу 3759. ч., 0,5%-й раствор.
3. Кислота уксусная по ГОСТу 61. «х.ч.» 1 и 10%-й раствор.
4. Тетрафенилборат натрия, «ч.д.а.», 3,5%-й раствор, готовят следующим образом: 35 г тетрафенилбората натрия взвешивают с погрешностью не более 0,05 г и растворяют при комнатной температуре в 500 см³ воды, приливают 5 см³ 0,5%-го раствора хлористого алюминия, перемешивают и после отстаивания в течение не менее 12 ч фильтруют через бумажный фильтр «синяя лента» в мерную колбу вместимостью 1 дм³. Первые порции фильтрата приливают обратно к фильтруемому раствору и продолжают фильтровать через тот же фильтр. В зависимости от количества анализируемых проб объем приготавливаемого раствора можно увеличить или уменьшить, соответственно пропорционально увеличив или уменьшив количество используемых реактивов.

5. Раствор промывной: готовят следующим образом: к 100 см^3 1%-й уксусной кислоты прибавляют $3\text{--}4 \text{ см}^3$ 3,5%-го раствора тетрафенилбората натрия.
6. Метиловый красный (индикатор) по ГОСТу 5853, 0,1%-й раствор в 60%-м спирте.
7. Спирт этиловый технический по ГОСТу 17299.
8. Вода дистиллированная по ГОСТу 6709.
9. Натрия гидроокись по ГОСТу 4328, 0,1 н. раствор.

Ход анализа: При анализе удобрений с массовой долей более 25% K_2O , отбирают 25 см^3 фильтрата, приготовленного в работе 7.1, в мерную колбу вместимостью 250 см^3 , доводят водой до метки, тщательно перемешивают и отбирают 50 см^3 полученного раствора в стакан вместимостью 100 см^3 .

При анализе удобрений с массовой долей менее 25% K_2O , отбирают пипеткой 50 см^3 отфильтрованного раствора, в мерную колбу вместимостью 250 см^3 , доводят объем полученного раствора водой до метки, тщательно перемешивают и отбирают 50 см^3 полученного раствора в стакан вместимостью 100 см^3 .

К приготовленному раствору добавляют 1-2 капли метилового красного и 10%-й раствор уксусной кислоты до перехода окраски раствора в розовый цвет. Если раствор при прибавлении индикатора сразу принимает розовую окраску, его нейтрализуют 0,1 н. раствором гидроокиси натрия до перехода окраски раствора в желтую, а затем добавляют уксусную кислоту до восстановления розовой окраски. Раствор нагревают на водяной бане до 40°C и осаждают тетрафенилборат калия, добавляя с помощью пипетки или бюретки при помешивании 10 см^3 3,5%-го раствора тетрафенилбората натрия.

Раствору с осадком дают отстояться на водяной бане в течение 5 мин, охлаждают в кристаллизаторе с холодной водой или в проточной воде до комнатной температуры и отфильтровывают через предварительно высушенный и взвешенный фильтрующий тигель.

Осадок из стакана переносят на фильтр и промывают небольшими порциями ($3\text{--}4 \text{ см}^3$) промывного раствора, каждый раз полностью отбрасывая раствор. Затем осадок промывают три раза порциями по 5 см^3 холодной воды. Общий расход промывных вод должен составлять 50 см^3 . Фильтр с осадком высушивают в сушильном шкафу при 120°C до постоянной массы.

Допускается проводить анализ без двойного разбавления. При анализе хлористого калия, сернокислого калия и 40%-й калийной смешанной соли отбирают пипеткой 5 см^3 фильтрата, приготовленного в работе 7.1, а при анализе калимагнезии и калийно-магниевых концентратов — 10 см^3 фильтрата в стакан вместимостью 100 см^3 и разбавляют водой до 30 см^3 .

Массовую долю калия в сухом веществе в пересчете на K_2O (X и X_1) в процентах вычисляют по формулам [6, 7]:

при анализе удобрений с массовой долей K_2O более 25%

2. Натрия гидроокись по ГОСТу 4328, 1 и 0,2 н. растворы.
3. Формалин технический по ГОСТу 1625.
4. Фенолфталеин (индикатор) по ГОСТу 5850, 1%-й спиртовой раствор.
5. Соль динариевая этилендиаминтетрауксусной кислоты, двухводная (трилон Б), 0,2 н. раствор, готовят следующим образом: 37,2 г трилона Б взвешивают с погрешностью не более 0,1 г, растворяют в мерной колбе вместимостью 1000 см³, доводят объем раствора водой до метки, перемешивают и фильтруют.
6. Тетрафенилборат натрия, 3,5%-й раствор, готовят по п. 4 работы 9, перед разбавлением до 1000 см³ добавляют 10 см³ 0,2 н. раствора гидроокиси натрия.
7. Раствор промывной, готовят следующим образом: к 100 см³ воды добавляют 3-4 см³ 3,5%-го раствора тетрафенилбората натрия.
8. Вода дистиллированная (ГОСТ 6709).

Принцип метода заключается в осаждении калия тетрафенолборатом натрия в щелочной среде, с предварительным связыванием мешающих определению примесей формалином и трилоном Б, и последующем высушивании и взвешивании полученного осадка тетрафенолбората калия.

Ход анализа: Отбирают 10 см³ фильтрата, приготовленного в работе 9, переносят в стакан вместимостью 150 см³ добавляют 20 см³ формалина (если концентрация формалина меньшая, то рассчитывают требуемое количество из расчета 8 г формальдегида на пробу), 10 см³ раствора трилона Б и в присутствии 2-3 капель раствора фенолфталеина нейтрализуют 1 н. раствором гидроокиси натрия до появления розовой окраски. Раствор нагревают до кипения, затем при помешивании добавляют из пипетки или бюретки 20 см³ раствора тетрафенилбората натрия и немедленно охлаждают до комнатной температуры; при этом выпадает белый кристаллический осадок.

Допускается операцию добавления тетрафенилбората натрия проводить при комнатной температуре.

После отстаивания в течение 15 мин раствор с осадком фильтруют через предварительно высушенный и взвешенный фильтрующий тигель. Осадок на фильтре промывают промывной жидкостью 4-5 раз порциями по 5 - 6 см³, затем промывают 10-15 см³ сушат в сушильном шкафу при 120°C до постоянной массы.

Массовую долю калия в пересчете на K₂O (X₂) в процентах вычисляется по формуле [14]:

лельных определений, допускаемые расхождения между которыми не должны превышать 0,5% при доверительной вероятности $P = 0,95$.

Контрольные вопросы:

1. Расскажите общие требования к методам определения содержания калия?
2. Принцип метода отбора и подготовки проб, анализируемого раствора?
3. Как готовят тетрафенилборат натрия, «ч.д.а.», 3,5%-й раствор?
4. На чем основан весовой тетрафенилборатный метод определения калия в сложных удобрениях?
5. Как вычисляют массовую долю калия в пересчете на K_2O ?
6. Для чего определяют содержание калия в удобрениях?

Список использованной и рекомендуемой литературы

1. Кореньков, Д.А. Продуктивность использования минеральных удобрений / Д.А. Кореньков. – М.: Колос, 1985. – 213 с.
2. Куркаев, В.Т. Агрохимия: Учебное пособие / В.Т. Куркаев, А.Х. Шеуджен. – Майкоп, ГУРИПП «Адыгея», 2000. – 552 с.
3. Лабораторный практикум по агрохимии для агрономических специальностей: учебное пособие/ А.Н. Есаулко, В.В. Агеев, Ю.И. Гречишкина и др. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Колос; Ставрополь: АГРУС, 2008. – 260 с.
4. Минеев, В.Г. Агрохимия / В.Г. Минеев. – М.: Издательство Московского университета, Издательство «КолосС», 2004. – 720 с.
5. Муравин, Э.А. Практикум по агрохимии/ Э.А. Муравин. - М.: КолосС, 2005. – 245 с.
6. Муравин, Э.А. Агрохимия/Э.А. Муравин, В.И. Титова. – М.: КолосС, 2010. – 463 с.
7. Практикум по агрохимии / Под ред. Б.А. Ягодина. – М.: Агропромиздат, 1989. – 511 с.
8. 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.
9. Практикум по агрохимии: Учеб. пособие/Под ред. В.В.Кидина. – М.: КолосС, 2008. – 599 с./
10. Ягодин, Б.А. Агрохимия / Б.А. Ягодин, Ю.П. Жуков, В.И. Кобзаренко. – М.: Колос, 2002. – 584 с.

Ассортимент минеральных удобрений

№ п/п	Название удобрения	Химическая формула или состав	Содержание дей- ствующего веще- ства в удобрении, %
1	2	3	4
Азотные удобрения			
1	Натриевая селитра	NaNO_3	15-16 N
2	Кальциевая селитра	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	13-15 N
3	Сульфат аммония	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	20.5-21.0 N
4	Сульфат аммония- натрия	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot \text{Na}_2\text{SO}_4$	16 N
5	Хлористый аммоний	NH_4Cl	24-25 N
6	Карбонат аммония	$[(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3]$	21-24 N
7	Бикарбонат аммония	$(\text{NH}_4\text{HCO}_3)$	17 N
8	Аммонийная (аммиач- ная) селитра	NH_4NO_3	34,6 N
9	Сульфонитрат аммония	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{NH}_4\text{NO}_3$	25-27 N
10	Жидкий аммиак	NH_3	82,3 N
11	Водный аммиак	$\text{NH}_3 + \text{NH}_4\text{OH} + \text{H}_2\text{O}$	1 сорт – 20,5 N 2 сорт – 16,4 N
12	Мочевина (карбамид)	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	46 N
13	Цианамид кальция	CaCN_2	20-22 N
14	Аммиакаты	Раствор аммонийной селитры, мочевины или других азотных удобрений в водном аммиаке	60-80 N
15	КАС	Смесь водных рас- творов карбамида и аммонийной селитры	28-32 N
Фосфорные удобрения			
1	Суперфосфат простой порошковидный	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$	14-19,5 P_2O_5
2	Суперфосфат простой гранулированный	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$	19,5-22 P_2O_5
3	Двойной суперфосфат	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$	45-49 P_2O_5
4	Суперфос	P_2O_5	38-40 P_2O_5
5	Преципитат	$\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	25-35 P_2O_5

Продолжение приложения 1

1	2	3	4
6	Обесфторенный супер-фосфат	$\text{Ca}_2(\text{PO}_4)_2$	Из апатитового сырья 28-32 P_2O_5 Из фосфоритового сырья 20-22 P_2O_5
7	Томасшлак	Побочный продукт при переработке в железо и сталь фосфористого чугуна	7-20 P_2O_5
8	Костянная мука	Побочный продукт переработки костей	30-35 P_2O_5
9	Фосфоритная мука	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaF}_2$	Высший сорт – 25 P_2O_5 1 сорт – 22 P_2O_5 2 сорт – 19 P_2O_5
Калийные удобрения			
1	Хлористый калий	KCl	63,2 K_2O
2	Сернокислый калий (сульфат калия)	K_2SO_4	45-52 K_2O
3	Калийная соль	KCl + NaCl	41-44 K_2O
4	Сульфат калия-магния (калимагнезия)	$\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{MgSO}_4$	26-28 K_2O
5	Калимаг	$\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{MgSO}_4$	16-19 K_2O
6	Поташ	K_2CO_3	63-66 K_2O
7	Сильвинит	KCl*NaCl	12-18 K_2O
8	Каинит	KCl* MgSO_4	10-12 K_2O
Комплексные удобрения			
1	Аммофос	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	11-12 N, 46-60 P_2O_5
2	Диаммофос	$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$	19 N, до 50 P_2O_5
3	Калийная селитра	KNO_3	13 N, 45 K_2O
4	Нитрофос		Марка А – 23,5 N, 17 P_2O_5 , Марка В – 24 N, 14 P_2O_5
5	Нитроаммофос	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 + \text{NH}_4\text{NO}_3$	23 N и P_2O_5
6	Нитроаммофоска	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 + \text{NH}_4\text{NO}_3$	16-17 N, P_2O_5 и K_2O
7	Фосфаты мочевины	$(\text{CONH}_2)_2 \cdot (\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$	27 N и P_2O_5

Продолжение приложения 1

1	2	3	4
8	Нитрофоска		Марка А – 16-17 N, 16-17 P ₂ O ₅ , 13-14 K ₂ O Марка Б – 12,5-13,5 N, 8,5-9,5 P ₂ O ₅ , 13-14 K ₂ O Марка В – 11-12 N, 10-11 P ₂ O ₅ , 11-12 K ₂ O
9	Карбоаммофоска	Получают путем смешивания мочевины, фосфорной кислоты, аммиака и солей калия	20 N, P ₂ O ₅ и K ₂ O
Известковые удобрения			
1	Известняковая мука	CaCO ₃	85 Са
2	Доломитовая мука	CaCO ₃ *MgCO ₃	90 Са
3	Жженная известь	CaO	78 Са
4	Гашенная известь	Ca(OH) ₂	135 Са
5	Сланцевая зола	Получается при сжигании горючих сланцев	30-40 Са
6	Дефекат	Отходы свеклосахарных заводов содержащие CaCO ₃ и Ca(OH) ₂	40-60 Са
7	Гипс	CaSO ₄ *2H ₂ O	

Тесты для текущего контроля по теме «Минеральные удобрения»

ТЕСТ №1

№	ВОПРОС	ВАРИАНТ ОТВЕТА
1	Что за удобрение безводный аммиак?	1. Аммиакат 2. Аммиачная вода. 3. Жидкий аммиак
2.	В какой таре перевозят и хранят безводный аммиак?	1. Стальные цистерны и баллоны, рассчитанные на давление 25-30 атм. 2. Герметическая тара, рассчитанная на давление 1,5-2 атм. 3. Железные резервуары и цистерны без особых требований.
3.	Действие безводного аммиака на почву?	1. Подщелачивает 2. Подкисляет 3. Вначале подщелачивает, потом подкисляет
4.	Время внесения безводного аммиака в почву с глинистым и суглинистым механическим составом?	1. Осенью и весной 2. Только осенью 3. Только весной
5.	Для уменьшения потерь азота на какую глубину заделывают аммиак на суглинистых почвах?	1. 8-12 см. 2. 12-16 см. 3. 16-20 см.
6.	Содержание азота в безводном аммиаке?	1. 42% 2. 62% 3. 82%
7.	К какой группе удобрений относится безводный аммиак по концентрации?	1. Коцентрированные 2. Высококонцентрированные 3. Ультроконцентрированные
8.	Под какие культуры рекомендуется применение безводного аммиака?	1. Зерновые, овощные 2. Бобовые 3. Все культуры
9.	Можно ли безводный аммиак применять в подкормках?	1. Нельзя 2. Можно 3. Можно только при корневых подкормках
10.	На каких почвах можно применять безводный аммиак?	1. На высокобуферных 2. Ненасыщенных основаниями 3. На всех почвах

ТЕСТ №2

№	ВОПРОС	ВАРИАНТ ОТВЕТА
1	Химическая формула основной составной части 40% калийной соли?	1. KCl-NaCl 2. KCl 3. KCl+ KCl-NaCl
2.	Содержание K ₂ O в 40% калийной соли?	1. 41-44% 2. 30-40% 3. 40%
3.	Какова растворимость калийной соли в воде?	1. Сильная 2. Слабая 3. Умеренная
4.	Какие культуры более отзывчивы на внесение 40% калийной соли?	1. Зерновые 2. Все виды свеклы 3. Кормовые
5.	Время внесения 40% калийной соли в почву?	1. Осенью 2. Весной 3. Осенью и весной
6.	Можно ли смешивать 40% калийную соль с аммиачной селитрой?	1. Можно 2. Нельзя 3. Можно перед внесением
7.	Какие почвы больше нуждаются в калийных удобрениях?	1. Серые лесные 2. Дерново-подзолистые 3. Торфянистые
8.	На каких почвах не рекомендуется применение калийных удобрений?	1. Красноземы 2. Черноземы 3. Солонцы
9.	Какова слеживаемость калийной соли при хранении?	1. Сильная 2. Заметная 3. Отсутствует
10.	Сколько требуется калийной соли при дозе калия 60 кг/га	1. 1 ц/га 2. 1,5 ц/га 3. 2 ц/га

ТЕСТ №3

№	ВОПРОС	ВАРИАНТ ОТВЕТА
1	Что за удобрение аммиачная вода?	1. Аммиак жидкий 2. Аммиак водный 3. Аммиакат
2.	В какой форме представлен азот в аммиачной воде?	1. NH_3 2. NH_4OH 3. NH_3 и NH_4OH
3.	Содержание азота в аммиачной воде?	1. 16,4% 2. 20,5% 3. 16,4% и 20,5% в зависимости от сорта
4.	Действие аммиачной воды на почву?	1. Подщелачивает 2. Подкисляет 3. Вначале подщелачивает, затем подкисляет
5.	Как вносят аммиачную воду в почву?	1. Поверхностно с последующей заделкой 2. Поверхностно без заделки 3. Вносят одновременно с заделкой
6.	Глубина заделки аммиачной воды на суглинистых почвах?	1. 9-12 см 2. 12-15 см 3. 15-18 см
7.	К какой группе удобрений по концентрации относится аммиачная вода?	1. Простые 2. Концентрированные 3. Высококонцентрированные
8.	Под какие культуры можно применять аммиачную воду?	1. Бобовые, овощные 2. Зерновые, кормовые 3. Под все культуры
9.	Время внесения аммиачной воды?	1. Весной 2. Осенью 3. Весной и осенью
10.	Какова доза внесения аммиачной воды в сравнении с твердыми азотными удобрениями?	1. Выше на 25% 2. Ниже на 25% 3. Одинаковы

ТЕСТ №4

№	ВОПРОС	ВАРИАНТ ОТВЕТА
1.	Химическая формула преципитата?	1. $\text{Ca}(\text{H}_2\text{OPO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 2. $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 3. $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$
2.	К какой группе фосфорных удобрений относится преципитат?	1. Растворимые в слабых кислотах 2. Растворимые в воде 3. Не растворимые в воде
3.	Содержание фосфора в преципитате?	1. 17-19% 2. 22-37% 3. 40-50%
4.	На каких почвах не целесообразно внесение преципитата?	1. Черноземах 2. Дерново-подзолистых 3. Солонцах
5.	Наиболее эффективный способ внесения преципитата?	1. Локальный 2. Рядковый 3. Вразброс под вспашку
6.	Сроки внесения преципитата?	1. Основной 2. При посеве 3. В подкормку
7.	С какими удобрениями допустимо смешивать преципитат перед внесением?	1. Поташ 2. NH_4NO_3 , $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ 3. K_2CO_3 , цементная пыль
8.	Действие преципитата на почву?	1. Подкисляет 2. Ослабляет кислотность 3. Не изменяет
9.	Условия эффективного последействия преципитата?	1. Внесение азотных удобрений 2. Внесение калийных удобрений 3. Нет условий
10.	Сколько требуется внести преципитата на 1 га при дозе P_{180} кг д.в.*	1. 9,4 ц/га 2. 4,8 ц/га 3. 3,6 ц/га

*Рассчитывается по максимальному содержанию P_2O_5 в удобрении

ТЕСТ №5

№	ВОПРОС	ВАРИАНТ ОТВЕТА
1	Химическая формула карбамида?	1. CaCN_2 2. $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ 3. $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$
2.	Содержание азота в мочеvine?	1. 36% 2. 46% 3. 56%
3.	Действие мочевины на почву?	1. Подкисляет 2. Вначале подкисляет, потом подщелачивает 3. Вначале подщелачивает, потом подкисляет
4.	Можно ли вносить мочеvinу до посева?	1. Можно 2. Нельзя 3. Можно за 1-2 месяца до посева
5.	Растворимость мочевины в воде?	1. Сильно 2. В воде разлагается 3. Умеренная
6.	Допустимое количество биурета в гранулированной мочеvine?	1. Не более 0,5% 2. Не более 1% 3. Не более 1,5%
7.	К какой группе удобрений относится мочеvinа по концентрации питательного элемента?	1. Концентрированное 2. Высококонцентрированное 3. Простое
8.	Можно ли мочеvinу смешивать с суперфосфатом?	1. Можно 2. Нельзя 3. Можно только при внесении
9.	Можно ли проводить жидкую внекорневую подкормку мочевиной при концентрации раствора 5%	1. Можно 2. Нельзя 3. В зависимости от с/х культуры
10.	Сколько требуется мочевины при дозе азота 90 кг/га д.в.	1. 1,5 ц/га 2. 2 ц/га 3. 2,5 ц/га

ТЕСТ №6

№	ВОПРОС	ВАРИАНТ ОТВЕТА
1.	Химическая формула сульфата калия?	1. $K_2SO_4 \cdot 2MgSO_4$ 2. K_2SO_3 3. K_2SO_4
2.	Какое содержание калия в сульфате калия?	1. 30-40% 2. 46-52% 3. 60%
3.	Растворимость сульфата калия в воде?	1. Сильная 2. Умеренная 3. В воде разлагается
4.	Действие сульфата калия на почву?	1. Подкисляет 2. Подщелачивает 3. Не оказывает влияния
5.	Минеральное сырье для получения сульфата калия?	1. Глазерит 2. Лангбейнит 3. Полигалит
6.	Химическая формула лангбейнита?	1. $K_2SO_4 \cdot 2MgSO_4$ 2. $K_2SO_4 \cdot MgSO_4$ 3. K_2SO_4
7.	Чем объясняется высокая ценность сульфата калия?	1. Не гигроскопичен 2. Не содержит хлора 3. Не выщелачивается
8.	Под какие культуры более всего вносится сульфат калия?	1. Клевер 2. Картофель 3. Табак
9.	Можно ли сульфат калия смешивать с суперфосфатом?	1. Можно 2. Нельзя 3. Можно перед внесением
10.	Сколько требуется сульфата калия на 1 га при дозе калия на 1 га при дозе калия 50 кг д.в.	1. 0,5 ц/га 2. 1 ц/га 3. 2 ц/га

ТЕСТ №7

№	ВОПРОС	ВАРИАНТ ОТВЕТА
1.	Какова химическая формула сульфата аммония?	1. NH_4SO_3 2. $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 3. $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot \text{Na}_2\text{SO}_4$
2.	Содержание азота в сульфате аммония?	1. 18 % 2. 21% 3. 24%
3.	Формула азота в сульфате аммония?	1. Нитратная 2. Аммиачная 3. Амидная
4.	Растворимость сульфата аммония в воде?	1. Сильная 2. Умеренная 3. В воде разлагается
5.	Какое действие оказывает сульфат аммония на почву?	1. Подкисляет 2. Подщелачивает 3. Не оказывает влияние
6.	На каких почвах целесообразно вносить сульфат аммония?	1. На черноземах 2. На дерново-подзолистых 3. На торфяно-болотных
7.	Можно ли сульфат аммония смешивать суперфосфатом?	1. Нельзя 2. Можно 3. Можно только перед внесением
8.	Можно ли сульфат аммония вносить под зяблевую вспашку на почве тяжелого механического состава?	1. Можно 2. Не следует 3. В зависимости от культуры под которую вносится
9.	Значение внесения навоза в эффективности сульфата аммония?	1. Повышает 2. Понижает 3. Не оказывает влияния
10.	Сколько требуется сульфата аммония при дозе N_{80} кг/га	1. 2,0 ц/га 2. 3,0 ц/га 3. 4,0 ц/га

ТЕСТ №8

№	ВОПРОС	ВАРИАНТ ОТВЕТА
1.	Аммофос, что это за удобрение?	1. Сложное 2. Комбинированное 3. Смешанное
2.	Формула аммофоса?	1. $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ 2. $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_3$ 3. $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$
3.	Содержание питательных веществ в аммофосе?	1. 11-12% N; 46-60% P_2O_5 2. 10% N; 40% P_2O_5 3. 20% N; 44% P_2O_5
4.	Какое количество простого суперфосфата и аммиачной селитры заменяет аммофос?	1. 3 ц/га и 0,5 ц/га 2. 2,5 ц/га и 0,35 ц/га 3. 3,5 ц/га и 0,7 ц/га
5.	Действие аммофоса на почву?	1. Слабо подкисляет 2. Не изменяет 3. Подщелачивает
6.	Недостаток аммофоса?	1. Узкое соотношение N:P 2. Слабая усвояемость питательных веществ 3. Широкое соотношение N:P
7.	Химическая формула диаммофоса?	1. $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ 2. $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ 3. NH_4PO_3
8.	Содержание азота и фосфора в диаммофосе?	1. 15% N; 40% P_2O_5 2. 18% N; 50% P_2O_5 3. 20% N; 60% P_2O_5
9.	Сколько нужно внести аммофоса при дозе фосфора 90 кг/га д.в.	1. 1,9 ц/га 2. 2,9 ц/га 3. 3,9 ц/га
10.	Сколько кг азота поступит в почву при внесении 2,9 ц/га аммофоса?	1. 40,9 кг 2. 31,9 кг 3. 37,9 кг

ТЕСТ № 9

№	ВОПРОС	ВАРИАНТ ОТВЕТА
1.	Химическая формула суперфосфата?	1. $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ 2. $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 3. $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$
2.	К какой группе фосфорных удобрений относится суперфосфат?	1. Растворимые в воде 2. Полурастворимые 3. Не растворимые в воде
3.	Содержание фосфора в простом порошковидном суперфосфате из апатитов?	1. 14-16% 2. 19-20% 3. 22-37%
4.	Содержание фосфора в двойном гранулированном суперфосфате?	1. 22-37% 2. 40-50% 3. 47-61%
5.	Действие простого суперфосфата на почву?	1. Слабо подкисляет 2. Не оказывает влияния 3. Подщелачивает
6.	При каком способе внесения суперфосфата на кислых почвах увеличивается связывание фосфора?	1. Рядковом 2. Локально-ленточном 3. Разбросном
7.	На почвах, насыщенных основаниями, какими катионами в большой мере связывается фосфат-ион?	1. Ca^{++} , Mg^{++} 2. Al^{+++} , Fe^{+++} 3. Na^+ , NH_4^+ , K^+
8.	Условия эффективного последствия суперфосфата?	1. При внесении азотных удобрений 2. В зависимости от с/х культур 3. Нет условий
9.	Сколько требуется внести простого суперфосфата при дозе P_{90} кг/га?	1. 5,6 ц/га 2. 4,5 ц/га 3. 2,4 ц/га
10.	Как изменяется доза P_{60} кг/га при низкой обеспеченности почвы подвижным фосфором?	1. Увеличивается на 1/3 2. Не изменяется 3. Уменьшается на 1/3

ТЕСТ №10

№	ВОПРОС	ВАРИАНТ ОТВЕТА
1.	Химическая формула аммиачной селитры?	1. $\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{CaCO}_3$ 2. NH_4OH 3. NH_4NO_3
2.	По наличию питательных веществ к каким удобрениям относится аммиачная селитра?	1. Простое 2. Сложное 3. Смешанное
3.	Содержание азота в аммиачной селитре?	1. 30,5% 2. 34,5% 3. 38,5%
4.	Форма азота в аммиачной селитре?	1. Аммиачная 2. Нитратная 3. Аммиачно-нитратная
5.	Растворимость аммиачной селитры в воде?	1. Очень сильная 2. Умеренная 3. Слабая
6.	Действие аммиачной селитры на почву насыщенную основаниями?	1. Подщелачивает 2. Подкисляет 3. Не изменяет реакции
7.	Действие аммиачной селитры на почву с недостатком кальция?	1. Подщелачивает 2. Подкисляет 3. Не изменяет реакции
8.	С какими удобрениями нельзя смешивать аммиачную селитру?	1. Аммофосом 2. Томасшлаком 3. Суперфосфатом
9.	Можно ли применять аммиачную селитру для внекорневой подкормки?	1. Да 2. Нет 3. В зависимости от культуры
10.	Сколько требуется аммиачной селитры при дозе N_{80} кг/га	1. 2,0 ц/га 2. 1,5 ц/га 3. 2,3 ц/га

ТЕСТ №11

№	ВОПРОС	ВАРИАНТ ОТВЕТА
1.	Нитрофоска, что это за удобрение?	1. Комбинированное 2. Сложное 3. Смешанное
2.	Содержание питательных веществ в сульфатной нитрофоске?	1. N – 12%, P ₂ O ₅ – 12%, K ₂ O – 12% 2. N – 12%, P ₂ O ₅ – 19%, K ₂ O – 21% 3. N – 25%, P ₂ O ₅ – 21%, K ₂ O – 24%
3.	В чем отличие нитрофоса от нитрофоски?	1. Содержит NK 2. Содержит NPK 3. Содержит NP
4.	Выпускаются ли другие виды нитрофосок, кроме сульфатной?	1. Да 2. Нет 3. Ограничение
5.	Растворенность фосфора нитрофосок?	1. Сильная 2. Умеренная 3. Слабая
6.	В качестве какого удобрения целесообразно внесение нитрофоски?	1. Основного 2. В подкормку 3. В зависимости от культуры
7.	Под какие культуры прежде всего рекомендуется вносить нитрофоску?	1. Клевер, люпин, горох 2. Кукуруза, столовые корнеплоды 3. Лен, хлопчатник
8.	Влияние нитрофоски на крахмалистость клубней картофеля?	1. Повышает 2. Не изменяет 3. Снижает
9.	Сколько требуется внести нитрофоски при дозе азота 60 кг/га д.в.?	1. 3 ц/га 2. 4 ц/га 3. 5 ц/га
10.	Какое количество фосфора поступит в почву с 5 кг/га нитрофоски?	1. 95 кг/га 2. 105 кг/га 3. 60 кг/га

ТЕСТ №12

№	ВОПРОС	ВАРИАНТ ОТВЕТА
1.	Формула фосфоритной муки?	1. $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaCO}_3$ 2. $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 3. $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
2.	Растворимость фосфоритной муки?	1. Растворяется в воде 2. Не растворяется в воде 3. Растворяется в кислотах
3.	Какие агроруды используются для производства фосфоритной муки?	1. Аморфные фосфориты 2. Апатиты 3. Кристаллические фосфориты
4.	Содержание фосфора в фосфоритной муке?	1. 12-17% 2. 20-22% 3. 14-30%
5.	Смешивание с какими удобрениями усиливает разложение фосфоритной муки в почве?	1. NaNO_3 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 2. NH_4NO_3 , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 3. $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$
6.	Действие фосфоритной муки на почву?	1. Подкисляет 2. Не изменяет 3. Ослабляет кислотность
7.	Эффективность фосфоритной муки на известкованных почвах?	1. Не зависит 2. Низкая 3. Высокая
8.	Лучший способ внесения фосфоритной муки?	1. Осенью под вспашку 2. В подкормку 3. В рядок при посеве
9.	Какие культуры извлекают фосфор из фосфоритной муки?	1. Зерновые 2. Люпин, гречиха, горох, соя 3. Кукуруза, кормовые корнеплоды
10.	*Сколько требуется фосфоритной муки на 1 га при дозе фосфора 200 кг/га д.в.?	1. 11,7 ц/га 2. 9,1 ц/га 3. 6,6 ц/га

*рассчитывается по максимальному содержанию P_2O_5 в удобрении

ТЕСТ №13

№	ВОПРОС	ВАРИАНТ ОТВЕТА
1.	Полифосфат аммония, определить химическую формулу?	1. $(\text{NH}_4)_3\text{HP}_2\text{O}_7$ 2. $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ 3. NH_4PO_3
2.	На основе какой кислоты получают метофосфат калия?	1. H_3PO_4 2. $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$ 3. HPO_3
3.	Растворимость полифосфатом аммония?	1. Сильная 2. Умеренная 3. Слабая
4.	К каким удобрениям относятся полифосфаты аммония?	1. Сложные 2. Комбинированные 3. Смешанные
5.	Какие элементы содержат полифосфаты аммония?	1. N, P, K 2. N, P 3. N, K
6.	Используются ли полифосфаты аммония для приготовления смешанных удобрений?	1. Да 2. Нет 3. Частично
7.	К каким удобрениям можно отнести полифосфаты аммония по содержанию питательных веществ?	1. Высококонцентрированные 2. Концентрированные 3. Низкоконцентрированные
8.	Общее содержание питательных элементов в полифосфатах аммония?	1. 40% 2. 50% 3. 80%
9.	Глубина заделки полифосфатов аммония в почву?	1. 5-8 см 2. 8-10 см 3. 18-25 см
10.	Сколько питательных веществ поступит в почву с 1,5 ц/га полифосфата аммония?	1. 60 кг 2. 75 кг 3. 120 кг

ТЕСТ №14

№	ВОПРОС	ВАРИАНТ ОТВЕТА
1.	Химическая формула молибдата аммония?	1. $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 2. $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 3. $\text{NH}_4\text{NaMoO}_4$
2.	Содержание действующего вещества в молибдате аммония?	1. 30% 2. 25% 3. 50%
3.	Растворимость молибдата аммония в воде?	1. Сильная 2. Умеренная 3. Слабая
4.	Лучший способ внесения молибдата аммония?	1. В почву 2. Опрыскивание растений 3. Смачивание семян перед посевом
5.	Под какие культуры вносят молибдат аммония?	1. Зерновые 2. Бобовые 3. Кормовые
6.	Вносят ли молибдат аммония под сою?	1. Да 2. Нет 3. Возможно
7.	Применяется ли молибдат аммония одновременно с нитрагином?	1. Да 2. Нет 3. За 10-15 дней
8.	Признаки молибденового «голодания» растений?	1. Бледно-зеленая окраска листьев 2. Фиолетовая окраска листьев 3. Бурые пятна на листьях
9.	Эффективность молибдата аммония на почвах с содержанием подвижного молибдена 0,2-0,5 мг/кг почвы?	1. Высокая 2. Средняя 3. Нижняя
10.	Какое количество молибдена будет внесено с 1 кг молибдата аммония?	1. 250 г 2. 300 г 3. 500 г

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
для лабораторных работ
по дисциплине «Агрохимия»

АССОРТИМЕНТ И АНАЛИЗ МИНЕРАЛЬНЫХ
УДОБРЕНИЙ

*для студентов направления подготовки
110100.62 «Агрохимия и агропочвоведение»,
направления подготовки 110400.62 «Агрономия»
очной, заочной и сокращенной форм обучения*

В редакции составителя

Лицензия ЛР 020427 от 25.04.1997 г.
Подписано к печати 13.02.2012 г. Формат 60×90/16.
Уч.-изд.л. – 3,4. Усл.-п.л. – 4,8.
Тираж 100 экз. Заказ 25.

Отпечатано в отделе оперативной полиграфии издательства ДальГАУ
675005, г. Благовещенск, ул. Политехническая, 86

