

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

С. А. Фокин

*АССОРТИМЕНТ
МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ*

Учебное пособие

Благовещенск
Дальневосточный ГАУ
2022

УДК 631.82(027)
ББК 40.449.3
Ф75

Рецензент – Ирина Викторовна Куркова,
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
кафедры садоводства, селекции и защиты растений
Дальневосточного государственного аграрного университета

Рекомендовано к использованию в учебном процессе
методическим советом факультета агрономии и экологии
Дальневосточного государственного аграрного университета

Фокин, Сергей Алексеевич.

Ф75 Ассортимент минеральных удобрений : учебное пособие /
С. А. Фокин ; Дальневост. гос. аграр. ун-т. – Благовещенск :
Дальневосточный ГАУ, 2022. – 133 [1] с.

ISBN 978–5–9642–0519–7

Учебное пособие составлено в соответствии с федеральными государственными образовательными стандартами высшего образования и отвечает требованиям основных образовательных программ по агрономическим направлениям. Пособие направлено на углубленное самостоятельное изучение химических и физических свойств минеральных удобрений.

Учебное пособие предназначено для обучающихся высших учебных заведений по агрономическим направлениям, всех форм обучения.

УДК 631.82(027)
ББК 40.449.3

ISBN 978–5–9642–0519–7 © Фокин С. А., 2022
© ФГБОУ ВО «Дальневосточный
государственный аграрный университет», 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	5
Раздел I. Макроудобрения.....	9
Тема 1. Классификация азотных удобрений	9
1.1 Нитратные удобрения.....	10
1.2 Аммонийные удобрения.....	12
1.3 Аммонийно-нитратные удобрения	16
1.4 Удобрения, содержащие азот в амидной форме.....	20
1.5 Жидкие аммиачные удобрения.....	22
1.6. Карбамид-аммонийно-нитратные удобрения	25
1.7 Смешанные формы азотных удобрений.....	26
1.8 Медленнодействующие формы азотных удобрений	27
Тема 2. Классификация фосфорных удобрений	33
2.1 Водорастворимые фосфорные удобрения.....	34
2.2 Цитратнорастворимые и лимоннорастворимые фосфорные удобрения	38
2.3 Труднорастворимые фосфорные удобрения.....	41
Тема 3. Классификация калийных удобрений	43
3.1 Концентрированные калийные удобрения.....	44
3.2 Сырые калийные соли	46
3.3 Смешанные калийные удобрения	47
3.4 Отходы промышленности, содержащие калий.....	47
Тема 4. Кремниевые удобрения.....	50
Тема 5. Углеродные удобрения	53
Раздел II. Мезоудобрения.....	56
Тема 6. Железные удобрения.....	56
Тема 7. Кальциевые удобрения	60
Тема 8. Магниевые удобрения.....	62
8.1 Простые магниевые удобрения	63

8.2 Сложные магниевые удобрения	66
Тема 9. Серные удобрения	70
Раздел III. Микроудобрения	73
Тема 10. Классификация микроудобрений.....	73
10.1 Борные удобрения.....	75
10.2 Медные удобрения.....	76
10.3 Марганцевые удобрения	78
10.4 Молибденовые удобрения.....	80
10.5 Цинковые удобрения	83
10.6 Кобальтовые удобрения	84
Раздел IV. Комплексные удобрения.....	87
Тема 11. Классификация комплексных удобрений	87
11.1 Сложные удобрения.....	88
11.2 Сложно-смешанные или комбинированные удобрения	93
11.3 Смешанные удобрения – тукосмеси	105
11.4 Расчёт доз комплексных удобрений	110
Список рекомендуемой литературы.....	112
Приложение А Состав ассортимента минеральных удобрений.....	113
Приложение Б Контрольные задания по результатам изучения ассортимента минеральных удобрений	119

ВВЕДЕНИЕ

Применение удобрений, основанное на развитии крупной химической промышленности, является одним из мощных факторов не только поддержания плодородия на постоянном уровне, но и дальнейшего повышения эффективного плодородия почв.
Д. Н. Прянишников, 1934

В связи с многофункциональной ролью удобрений в агроценозе, а именно они являются не только источником питательных веществ для растений, но и усиливают их мобилизацию в почве, повышают энергию жизненных процессов в ней, изменяют свойства почвы, выполняют многие экологические функции, – значение удобрений динамично возрастает с повышением продуктивности земледелия.

Слово «удобрение» происходит от слова «одобрить», сделать почву доброй, щедрой и имеет в русском языке два значения. Им обозначают, как сам процесс применения удобрения, так и вещества, предназначенные для питания растений и повышения плодородия почв. В первом значении, например, можно сказать: «удобрение почвы», во-втором – «азотное удобрение».

Удобрения – не чужеродные природе вещества. Они содержат те же самые соединения, которые находятся в почве и которых не хватает для нормального роста растений. Однако, при нарушении доз и сроков внесения, они могут оказывать отрицательное влияние на растение и окружающую среду.

Химическая промышленность России поставляет на внутренний и внешний рынок широкий ассортимент минеральных удобрений, рациональное применение которых значительно повышает урожайность, качество продукции и почвенное плодородие. Растения питались азотом, фосфором, калием и микроэлементами ещё до появления на Земле человека. Изучив потребность тех

или иных растений в элементах питания, человек применяет их в необходимом количестве и для повышения эффективности удобрений вносит в нужные сроки. Важно отметить, что правильное применение удобрений не загрязняет почву, а напротив улучшает её и повышает урожайность.

В мире уже давно признано, что без минеральных удобрений и других средств химизации земледелия невозможно экономически целесообразное ведение сельского хозяйства.

Результаты длительных полевых опытов с удобрениями, проведенных в различных зонах страны, и расчёт баланса элементов питания по регионам показали, что для неполной компенсации отчуждаемых с урожаем элементов питания поставки минеральных удобрений на внутренний рынок должны составлять примерно 7,1 млн. т питательных веществ, в том числе азотных – 3,2, фосфорных – 2,7 и калийных – 1,2 млн. т, в то время как для расширенного воспроизводства плодородия почв РФ требуется около 26 млн. т питательных веществ (табл. 1).

Таблица 1 – Потребность земледелия России в минеральных удобрениях
В миллионах тонн действующего вещества

Уровень потребности	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Всего
Минимальный	3,2	2,7	1,2	7,1
Поддерживающий	4,9	4,7	2,5	11,8
Перспективный	6,5	6,0	3,5	16,0
Оптимальный	10,2	9,1	6,7	26,0

Следует отметить, что методы определения потребности хозяйства, района или области в минеральных удобрениях затруднены из-за постоянного изменения цен на продукцию растениеводства, сырьё и удобрения.

В настоящее время в мировом земледелии применяется широкий ассортимент различных видов и форм удобрений. Это и минеральные удобрения, выпускаемые химической промышленностью, и использованные в качестве

агрохимических средств местные сырьевые ресурсы, отходы животноводства, различных отраслей промышленности и коммунального хозяйства.

По характеру воздействия на почву и рост растений удобрения делятся на прямые и косвенные. Внесение прямых удобрений способствует улучшению питания растений в отношении азота, фосфорной кислоты, калия и других элементов. К этой группе относят азотные, фосфорные, калийные и другие удобрения. К косвенным относят известь, гипс и другие удобрения, улучшающие прежде всего свойства почв.

По химическому составу удобрения делятся на минеральные и органические, а в зависимости от места получения и происхождения – на промышленные (азотные, фосфорные, калийные, сложные, микроудобрения и др.), местные (навоз, торф, зола, различные виды компостов, сапропель и др.) и нетрадиционные (отходы различных отраслей промышленности и коммунального хозяйства).

Минеральные удобрения могут быть простыми (или односторонними), если они содержат один основной питательный элемент, например, азот, фосфор или калий, и комплексными (или многосторонними), если удобрение содержит два и более основных питательных элементов.

Иногда их подразделяют на макро- и микроудобрения. Макроудобрения содержат макроэлементы (N, P, K, а иногда и кальций, магний, селен), то есть те элементы, которые входят в состав растений и потребляются ими в значительных количествах (от сотых долей до нескольких процентов от веса сухой массы).

Микроудобрения содержат микроэлементы, которые имеются в растениях и потребляются ими в микро- и ультра-микро-количествах, то есть от тысячных долей процента до 10^{-6} и даже 10^{-12} процента на сухой вес растений.

Удобрения отличаются по физико-химическим и механическим свойствам. К основным показателям, характеризующим свойства удобрений, относятся: гигроскопичность, слеживаемость, гранулометрический (фракционный) состав, средний размер частиц, прочность гранул, угол естественного откоса (покоя), влагоемкость, истинная и насыпная плотность, однородность состава тукосмесей и расслаиваемость (сегрегация), рассеиваемость, солевой состав, кристаллическая структура, растворимость, давление паров и термодинамические характеристики.

Различные формы удобрений содержат неодинаковую массовую долю элементов питания. **При оценке питательной ценности удобрений говорят о содержании долей веществ. Под долей вещества в удобрениях понимается содержание питательного вещества, выраженное в процентах от массы удобрения.**

В азотных удобрениях под долей вещества понимается содержание азота на азот, в фосфорных – содержание фосфора в пересчете на P_2O_5 , в калийных – содержание калия в перерасчете на K_2O и т. д. В удобрениях для известкования под долей вещества понимают содержание нейтрализующих веществ в пересчёте на $CaCO_3$.

Дозы минеральных удобрений выражают в долях вещества и в физической массе. В доле вещества дозу удобрения обозначают в виде символов N , P , K и доле вещества в килограммах на один гектар в виде нижнего индекса (N_{60} , P_{90} , K_{60}).

РАЗДЕЛ I. МАКРОУДОБРЕНИЯ

ТЕМА 1. КЛАССИФИКАЦИЯ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ

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

Теоретические сведения. На многих почвах нашей страны, особенно в достаточно увлажнённых районах на дерново-подзолистых, серых лесных и выщелоченных чернозёмах, а также при орошении на других почвах, азотные удобрения играют решающую роль в повышении урожаев. Из минеральных удобрений на долю азота в Российской Федерации приходится более 50–60 % прибавки урожая. При этом особенно высокая окупаемость азотных удобрений наблюдается при совместном внесении их с фосфорными и калийными удобрениями на известкованных почвах.

Все азотные удобрения – кристаллические вещества с электровалентной (ионной) связью, за исключением мочевины и цианамид кальция, имеющих ковалентные связи. Они хорошо растворяются в воде. При хранении на складах требуют особого внимания, поскольку гигроскопичны и склонны к слеживанию, а селитры взрывоопасны.

Азотные удобрения в зависимости от содержащихся в них форм азота подразделяются на шесть групп:

- 1. Нитратные, содержащие азот в окислённой форме в виде солей азотной кислоты (кальциевая селитра, натриевая селитра).*
- 2. Аммонийные, в которых азот присутствует в виде иона аммония, связанного с какой-нибудь кислотой (сульфат аммония, хлористый аммоний).*
- 3. Аммонийно-нитратные, в них азот присутствует одновременно в аммонийной и нитратной формах (аммонийная селитра).*

4. Амидные, в которых азот находится в амидной форме (мочевина, цианамид кальция).

5. Аммиачные, содержащие азот, в основном, в виде свободного аммиака (аммиачная вода, безводный аммиак).

6. Карбамид-аммонийно-нитратные (карбамид-аммиачная смесь – КАС).

Азотные удобрения могут быть представлены и смешанными формами (аммиакаты). В отдельную группу выделяют медленнодействующие формы азотных удобрений (мочевино-формальдегидные 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) или NaNO_3 , содержит 15–16 % N и 26 % Na_2O . Она встречается в природе в виде залежей. Это первое удобрение, поставляемое из Чили, и используемое в сельском хозяйстве Европы. В настоящее время её получают путём щелочной абсорбции оксидов азота.

Натриевая селитра представляет собой мелкокристаллическую соль белого или сероватого цвета, хорошо растворимую в воде. Она очень гигроскопична и при неправильном хранении слеживается. В сухом состоянии это удобрение хорошо рассеивается и удобно для внесения. Растворяясь в почвенном растворе, натриевая селитра вступает в обменные реакции с почвенным поглощающим комплексом.

Натриевую селитру лучше применять в подкормки растений во время их вегетации. Натриевая селитра является физиологически щелочным удобрением, поскольку растения лучше используют азот, нежели натрий. Длительное

применение натриевой селитры на кислых дерново-подзолистых и серых лесных почвах снижает их кислотность.

Удобрение можно применять под различные сельскохозяйственные культуры, однако наибольшие прибавки урожая отмечены при ее внесении под сахарную, кормовую и столовую свеклу. Из-за низкого содержания азота производство натриевой селитры не превышает одного процента от общего выпуска азотных удобрений.

Кальциевая селитра (нитрат кальция, азотнокислый кальций, норвежская селитра) или $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, содержит 15,5 % N и образуется при нейтрализации 40–48-процентной азотной кислоты мелом или известью, а также в качестве побочного продукта при производстве комплексных удобрений способом азотнокислотной переработки фосфатов. Кальциевая селитра была первым синтетическим азотным удобрением. В промышленных масштабах ее производство начато в 1905 г. в Норвегии, поэтому её называют «норвежской селитрой».

Это кристаллическая соль белого цвета, хорошо растворимая в воде. Обладает высокой гигроскопичностью и даже в нормальных условиях хранения сильно обводняется, расплывается. Хранят и перевозят кальциевую селитру в специальной водонепроницаемой упаковке. Для уменьшения гигроскопичности удобрение гранулируют с применением гидрофобных покрытий, однако это полностью не устраняет неблагоприятные физические свойства. Гигроскопичность кальциевой селитры оценивается 9,5 баллами по 10-балльной шкале.

Кальциевая селитра – физиологически щелочное удобрение. При внесении в почву она легко растворяется в почвенном растворе. Катион Ca^{2+} вступает в обменные реакции с почвенным поглощающим комплексом и переходит в обменно-поглощённое состояние.

Кальциевую селитру вносят в качестве основного удобрения под предпосевную культивацию, а также в подкормку под озимые и пропашные культуры. Для внесения в рядки для подкормки она малопригодна из-за сильной гигроскопичности. Удобрение производят в небольшом количестве (не более 0,3 %) из-за низкого содержания в нём азота и высокой гигроскопичности.

1.2 Аммонийные удобрения

Производство аммонийных азотных удобрений связано с нейтрализацией раствора кислот аммиаком. При использовании для производства сульфата аммония отходящих газов коксохимической промышленности газы печей вначале промывают водой, а затем аммиак выделяют из раствора добавлением в него известкового молока и связывают серной кислотой. Используются также синтетический аммиак и аммиак, образующийся при получении горючих газов из торфа.

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 внесения в рядки при посеве 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.

К аммонийным удобрениям относятся сульфат аммония, сульфат аммония-натрия, хлористый аммоний, карбонат и бикарбонат аммония.

Сульфат аммония (сернокислый аммоний) или $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Удобрение, выпускаемое в настоящее время, содержит 20,5–20,8 % N, а высший сорт – 21 %. Кроме того, сульфат аммония содержит 23–24 % серы и является важным источником этого элемента для питания растений.

Сульфат аммония наряду с натриевой селитрой относится к первым минеральным удобрениям, используемым в сельском хозяйстве. Доля сульфата аммония в мировом производстве азотных удобрений составляет около 15 %. В России его доля достигает примерно 4 % от производимых азотных удобрений.

По внешнему виду сульфат аммония представляет кристаллическую соль белого или желтоватого цвета. Однако, в зависимости от технологии производства, внешний вид удобрения может быть серого, жёлтого, зеленоватого и темноватого цвета. Сульфат аммония негигроскопичен, хорошо растворим в воде и практически не слеживается. Сульфат аммония выпускается также как побочный продукт коксохимической промышленности в производстве искусственных волокон. Цвет его серый и тёмно-серый, поступает навалом.

Сульфат аммония 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.

Сульфат аммония – физиологически кислое удобрение. Поэтому его сочетание на дерново-подзолистых почвах со щелочными формами фосфорных удобрений (фосфат шлаками и фосфоритной мукой) даёт высокую эффективность. Систематическое применение сульфата аммония на кислых почвах вызывает угнетение растений из-за подкисления почвы, прежде всего пшеницы, ячменя и бобовых трав.

Сульфат аммония является высокоэффективным азотным удобрением для картофеля, так как эта культура не боится подкисления почвы. Его рекомендуется вносить под рис и другие орошаемые культуры, где возможны значительные потери азота. В качестве основного удобрения сульфат аммония можно использовать на тяжёлых почвах не только весной, но и осенью, не опасаясь вымывания азота. При внесении в рядки и в качестве подкормки, сульфат аммония менее эффективен по сравнению с другими азотными удобрениями.

Сульфат аммония-натрия или $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_4$. Содержит не менее 16–17 % N, 8 % N_2O и до 2,5 % органических примесей, является отходом при производстве капролактама. Представляет кристаллическую соль белого, тёмно-серого или желтоватого цвета.

Сульфат аммония-натрия имеет достаточно хорошие физические свойства: малогигроскопичен, почти не слеживается и хорошо рассеивается. В связи с наличием натрия, подкисляющее действие этого удобрения на почву несколько слабее, чем сульфата аммония. Почвой сульфат аммония-натрия связывается в малоподвижные, но доступные для растений соединения и незначительно выщелачивается атмосферными осадками и оросительными водами. В тёплую погоду он, как аммонийное удобрение, может нитрифицироваться, после чего азот вымывается в форме нитратов. При внесении сульфата аммония-натрия на кислых почвах необходимо известкование.

Сульфат аммония-натрия дает высокие прибавки урожая при его внесении под сахарную и столовую свеклу. Хорошим удобрением является также для растений семейства крестоцветных, отзывчивых на серу.

Хлорид аммония или NH_4Cl . Содержит 24–25 % азота. *Хлорид аммония представляет мелкокристаллический белый или желтоватый порошок. Легко растворяется в воде, обладает хорошими физическими свойствами, малогигроскопичен, при хранении не слеживается, хорошо рассеивается машинами.*

Хлористый аммоний обладает высокой физиологической кислотностью и содержит много хлора (66,6 %), что заставляет соблюдать осторожность в отношении чувствительных к хлору культур (картофель, табак, виноград, клевер, гречиха, подсолнечник, люпин, лён, конопля, овощи). Так, картофель может снизить содержание крахмала на 0,7–1,5 %, табак – ухудшить качество урожая в отношении сгорания. У других культур такого значительного снижения качества урожая не наблюдается. Поэтому вносить удобрение надо заблаговременно, осенью. Ионы хлора вымываются из корнеобитаемого слоя атмосферными осадками и поливными водами.

Карбонат аммония или $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ – это средняя углеаммонийная соль с содержанием 21–24 % азота. По внешнему виду представляет кристаллическое вещество белого цвета. Карбонат аммония очень нестойкий продукт: при хранении на открытом воздухе он легко разлагается с выделением летучего аммиака, постепенно переходя в кислую углеаммонийную соль или гидрокарбонат аммония $(\text{NH}_4\text{HCO}_3)$. Чем продолжительнее хранение карбоната аммония и выше при этом температура воздуха, тем больше потери азота.

Карбонат аммония имеет щелочную реакцию, но при внесении в почву, подвергаясь процессу нитрификации, довольно быстро переходит в нитратную форму и несколько подкисляет почвенный раствор. По действию на растения близок к аммонийной селитре и мочеvine. Имеет преимущество перед сульфатом аммония, так как обладает меньшей физиологической кислотностью. Несмотря на это, карбонат аммония не получил широкого распространения в качестве удобрения из-за большой нестойкости при хранении.

Может применяться на всех типах почв и под все культуры, нуждающиеся в азоте. Наиболее эффективен на фоне фосфорных и калийных удобрений, а также на известкованных почвах.

Бикарбонат аммония или NH_4HCO_3 – кислая углеаммонийная соль, содержащая около 17 % азота. Бикарбонат аммония используется в сельском хозяйстве как азотное удобрение в ограниченном количестве, так как это соединение нестойкое, легко разлагается при обычной температуре, что приводит к значительным потерям азота. За пять – шесть месяцев хранения в весенне-летний период потери азота в виде аммиака могут достигать от 20 до 40 %. Бикарбонат аммония вносят на поверхность почвы и следом заделывают на глубину 10–12 см.

Бикарбонат аммония имеет щелочную реакцию, но в результате процесса нитрификации аммония подкисляет почвенный раствор. Бикарбонат аммония обладает крайне плохой сыпучестью, что затрудняет его механизированное внесение. По эффективности это удобрение близко к аммонийной селитре и мочеvine. Обладает несколько большей стойкостью по сравнению с карбонатом аммония. Преимущество перед сульфатом аммония заключается в отсутствии балластных компонентов и более слабой физиологической кислотности.

1.3 Аммонийно-нитратные удобрения

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

Аммонийная (аммиачная) селитра (нитрат аммония) или NH_4NO_3 . Содержит 34,6 % нитратного и аммонийного азота в соотношении (1:1). Традиционное название удобрения (аммиачная селитра) не совсем верно. Правильнее называть это удобрение аммонийной селитрой.

Белое кристаллическое, очень гигроскопичное вещество, на воздухе сильно отсыревает и слеживается. Аммонийная селитра очень хорошо рас-

творяется в воде. В зависимости от температурных условий она 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.

Аммонийная селитра выпускается в виде гранул диаметром 2–3 мм, и в виде чешуек, что придаёт ей лучшие физические свойства, хорошую сыпучесть и рассеиваемость. Удобрения упаковывают во влагонепроницаемые мешки, хранят в сухом помещении. Аммонийная селитра пожароопасна и взрывоопасна, поэтому хранится отдельно от других минеральных удобрений.

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 %.

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. Аммонийную селитру**

можно применять во все сроки в качестве основного удобрения, при посеве и в подкормку в период вегетации. На лёгких почвах в условиях повышенной влажности возможно вымывание нитратного азота, поэтому удобрение вносят весной и дробно.

Аммонийная селитра – одно из самых эффективных и быстродействующих универсальных удобрений, которое применяют до посева и в подкормку под все сельскохозяйственные культуры. Для ранневесенней подкормки озимых зерновых культур и многолетних трав аммонийная селитра является лучшим удобрением, поскольку в холодную погоду нитраты проникают в зону корней, а аммоний до потепления сорбируется в верхней части почвы и после потепления нитрифицируется и проникает в зону активных корней.

Известково-аммонийная селитра или $\text{NH}_4\text{NO}_3 \times \text{CaCO}_3$. Выпускаемое удобрение содержит 26 % (марка А) и 22 % (марка В) азота и соответственно 17 и 27 % карбоната кальция. Известково-аммонийную селитру получают сплавлением или смешиванием нитрата аммония с определённым количеством извести, мела или доломита. Она менее гигроскопична, чем аммонийная селитра, меньше слеживается, а поэтому может храниться в штабелях без особых предосторожностей.

Известково-аммонийная селитра физиологически нейтральное удобрение. Она является ценным удобрением на кислых почвах, где кальций также выступает дефицитным элементом питания растений. Вносят её под все культуры при всех способах внесения. На нейтральных или щелочных почвах известково-аммонийная селитра не имеет преимуществ перед аммонийной селитрой. По сравнению с чистой аммонийной селитрой удобрение менее гигроскопично, невзрывоопасно и может транспортироваться без тары. Её получают при добавлении к аммонийной селитре извести для снижения опасности возгорания и взрывов.

Удобрение производится в странах Западной Европы. В нашей стране известково-аммонийная селитра не выпускается из-за низкого содержания в ней азота и малой транспортабельности.

Сульфонитрат аммония (сульфат-нитрат аммония, лейна-селитра, монтан-селитра): $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \times 2\text{NH}_4\text{NO}_3$ с примесью $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Удобрение содержит 25–27 % азота, из них 18–19 % в аммонийной форме и 7–8 % в виде нитрата. Сульфат-нитрат аммония представляет соль сероватого цвета. Его выпускают в мелкокристаллическом или гранулированном виде.

Впервые он изготовлен на заводе в Лейна (Германия), почему и получил название лейна-селитра. Сульфат-нитрат аммония может быть получен путём смешивания сульфата и нитрата аммония в сухом виде, или введением сухого сульфата аммония в концентрированный раствор аммонийной селитры, или одновременным получением двойной соли $2\text{NH}_4\text{NO}_3 \times (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ в растворе. Монтан-селитра точно такая же двойная соль с содержанием около 65 % $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ и 35 % NH_4NO_3 . Готовят монтан-селитру из насыщенного раствора сульфата и нитрата аммония.

По сравнению с аммонийной селитрой, сульфат-нитрат аммония содержит значительно меньше азота, но больше, чем сульфат аммония. Соответственно содержанию азота, он обладает лучшей транспортабельностью, чем сульфат аммония, и худшей чем аммонийная селитра. По подкисляющему действию сульфат-нитрат аммония занимает также среднее положение между этими двумя удобрениями.

Применять сульфат-нитрат аммония можно на всех типах почв. Однако на кислых дерново-подзолистых почвах он вызывает дальнейшее подкисление среды и требует тех же предосторожностей при использовании, что и сульфат аммония, то есть нейтрализации удобрения и известкования почвы. По эффективности он примерно равноценен сульфату аммония и аммонийной селитре.

1.4 Удобрения, содержащие азот в амидной форме

Мочевина (карбамид) или $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ представляет амид угольной кислоты, органическое вещество кристаллического строения. 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 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 превращается в карбонат аммония: $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + 2\text{H}_2\text{O} = (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$.

Карбонат аммония подвергается гидролизу с образованием бикарбоната аммония и щелочи, что обуславливает временное подщелачивание почвы в местах внесения мочевины: $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{NH}_4\text{HCO}_3 + \text{NH}_4\text{OH}$.

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.

Мочевина – одно из лучших азотных удобрений и по эффективности равноценна аммонийной селитре, а на рисе – сульфату аммония. Её можно применять как основное удобрение или в подкормку под все культуры и на различных почвах. *При поверхностном внесении в почву мочевины необходимо своевременно заделывать, так как возможны потери азота вследствие улетучивания аммиака из карбоната аммония, легко разлагающегося на воздухе, особенно на карбонатных и щелочных почвах. Значительные потери в форме аммиака могут происходить при использовании мочевины в подкормку на лугах и пастбищах, поскольку дернина обладает высокой уреазной активностью. Мочевину можно применять для некорневой подкормки овощных и плодовых культур, а также для поздних подкормок пшеницы с целью повышения содержания белка в зерне.*

В отличие от других азотных удобрений, мочевина при некорневой подкормке, даже в повышенной концентрации (более 5 %), не обжигает листья и вместе с тем хорошо усваивается растениями.

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 или 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 кальция. Чтобы избежать вредного действия цианамид 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).

1.5 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 твёрдые азотные удобрения. Производство их проще и дешевле, чем твёрдых удобрений. Например, себестоимость единицы азота в жидком аммиаке примерно на 35 % ниже, чем в самом дешёвом твёрдом азотном удобрении – аммонийной селитре.

Жидкие азотные удобрения значительно дешевле твёрдых, поскольку не требуют затрат на упаривание и грануляцию. При этом работа с этими удобрениями не требует ручного труда. Работа по доставке и внесению удобрений в поле полностью механизирована. Однако использование жидких удобрений требует существенных первоначальных затрат на приобретение металлических ёмкостей и машин для внесения. При работе с жидкими азотными удобрениями требуется более высокая культура земледелия и соблюдение техники безопасности.

Жидкий аммиак (безводный) или NH_3 . Является самым концентрированным безбалластным удобрением, и содержит 82,3 % азота и 7,7 % водорода. По внешнему виду бесцветная жидкость, плотностью 0,61 г/см³ при температуре 20 °С. Температура кипения составляет 34 °С. При более высокой температуре удобрение быстро превращается в газ и его объём увеличивается. При хранении в открытых сосудах жидкий аммиак 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.

Безводный аммиак можно вносить в качестве основного удобрения и в подкормку с обязательной заделкой в почву. Агрохимическая оценка аммиака практически равноценна, а в некоторых случаях выше эквивалентного количества азота, внесённого с твёрдыми азотными удобрениями. Главное преимущество жидкого аммиака перед другими формами азотных удобрений – более низкая стоимость единицы азота (на 40 % ниже) и возможность полной механизации от транспортировки до внесения в почву.

Ценность этого удобрения снижается из-за более высоких затрат на технику, а также ограниченности применения. Внесение безводного аммиака в почву приводит к временной нейтрализации кислотности, усиливает нитрификацию азота почвы. В местах внесения наблюдается значительная гибель микроорганизмов. Однако в дальнейшем в процессе нитрификации аммония численность микрофлоры заметно возрастает.

Жидкий аммиак – сильнодействующее отравляющее вещество. Его смесь с воздухом при объёмной 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) или ($\text{NH}_3 + \text{NH}_4\text{OH} + \text{H}_2\text{O}$). 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 аммиака во время транспортировки, хранения и внесения удобрений вследствие улетучивания.

Водный аммиак выпускается двух сортов. При этом 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-процентный водный аммиак – 0,15 кг/см² при 40 °C). Удобрение не разрушает чёрные металлы, замерзает только при очень низкой температуре (25-процентный аммиак при минус 56 °C, 20-процентный при минус 33 °C). Поэтому, аммиачную воду можно хранить и перевозить в герметичных резервуарах из обычной углеродистой стали, рассчитанных на невысокое давление (0,4 кг/см²). В аммиачной воде азот находится в форме свободного аммиака и аммония, при внесении в почву аммиак адсорбируется коллоидами почвы.

Аммиачную воду во избежание повреждения растений вносят на глубину не менее 8–10 см, на расстоянии 10–12 см от растений, так как это сильная щелочь. При внесении одинаковых норм азота, по эффективности аммиак и аммиачная вода равны эффективности твёрдых азотных удобрений. На тяжёлых по гранулометрическому составу почвах аммиачную воду, как и безводный аммиак, можно вносить осенью в качестве основного удобрения практически под все культуры при температуре почвы ниже 10 °C, а также весной перед севом. На почвах лёгкого гранулометрического состава эти удобрения желательно вносить весной.

Наиболее эффективно внесение жидких азотных удобрений вместе с органическими. Нельзя вносить аммиачные удобрения на одном участке несколько лет подряд, так как они усиливают минерализацию органического вещества, что может привести к снижению содержания последнего в почве.

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.

1.6. Карбамид-аммонийно-нитратные удобрения

КАС (карбамидно-аммиачная селитра) является жидким удобрением, представляющим смесь раствора мочевины и аммонийной селитры. КАС является жидкостью светлого цвета, плотностью от 1,26 до 1,34 г/см³, с содержанием 28–32 % азота. В её состав входят раствор аммонийной селитры (38–43 %) и мочевины (31–42 %). При парном растворении мочевины и аммонийной селитры растворимость смеси возрастает.

Имеет целый ряд преимуществ перед другими твёрдыми и жидкими азотными удобрениями. Растворы карбамидно-аммиачной селитры 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 раствора нейтральная или слабощелочная.

КАС можно использовать под все сельскохозяйственные культуры, как в качестве основного удобрения, так и для подкормки. При основном удобрении возможны различные способы внесения: поверхностное сплошное и локальное (ленточное) с последующей заделкой в почву и

внутрипочвенное локальное. При использовании КАС обеспечивается высокая точность дозирования и равномерность внесения по всей площади. Для транспортировки и внесения удобрений можно использовать ту же технику, что и для жидких комплексных удобрений, аммиачной воды и гербицидов.

Таким образом, использование КАС в сельском хозяйстве имеет несомненные преимущества перед твёрдыми удобрениями: обеспечивается полная механизация всех погрузочно-разгрузочных работ, резко уменьшаются потери, снижаются затраты на производство и применение, улучшаются условия труда, исключается слеживаемость удобрений, обеспечивается высокая равномерность внесения азота, упрощается приготовление необходимых тукосмесей, в том числе с добавкой микроэлементов и пестицидов.

1.7 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 внесении аммиакатов в почву соблюдают необходимую глубину их заделки. Следует учитывать, что в почве диффузия аммиака, как правило, не превышает 8–10 см, поэтому расстояние между сошниками при внесении аммиакатов не должно быть более 20–25 см. При использовании аммиакатов для подкормки пропашных культур расстояние между сошниками устанавливают по ширине междурядий.

По действию на урожай сельскохозяйственных культур аммиакаты (в сопоставимых нормах) 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.

1.8 Медленнодействующие формы азотных удобрений

Производство медленнодействующих форм азотных удобрений 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.

Производство медленнодействующих удобрений развивается несколькими направлениями: 1) получение соединений с ограниченной растворимостью в воде (уреаформы); 2) покрытие частиц удобрений различными веществами (воск, парафин, масла, смолы, полимеры); 3) производство удобрений, содержащих ингибиторы нитрификации. Учитывая, что большинство медленнодействующих азотных удобрений получают на основе конденсации концентрированных эквимолекулярных растворов мочевины и формальдегида, логично рассмотреть их одновременно с амидными удобрениями.

Медленнодействующие удобрения подразделяются на две группы:

1) первая группа объединяет слаборастворимые в воде удобрения (конденсаты мочевины и различных альдегидов) и включает мочевино-формальдегидные удобрения или уреаформ (МФУ), оксамид, изобутилендимочевину (ИБДМ), кротонилидединмочевину (КДМ), мочевино-формальдегидное удобрение (МФАА);

2) вторая группа представлена капсулированными удобрениями.

Мочевино-формальдегидные удобрения или уреаформ (МФУ) представляют продукт конденсации мочевины $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ и формальдегида – CH_2O . Содержат 38–40 % азота, в том числе 28–32 % нерастворимого в воде. Представляют белый, рассыпчатый, малогигроскопичный, не слеживающийся порошок.

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

Азот мочевино-формальдегидного удобрения используется культурными растениями в течение нескольких лет. Обуславливается это тем, что под влиянием протекающих в почве биохимических и физико-химических процессов он переходит в легко доступные для растений аммонийные, а затем нитратные формы.

Преимущество МФУ заключается в следующем: 1) внесение всей нормы азота на планируемый урожай в один срок, что позволяет значительно сократить затраты; 2) из-за пониженной растворимости этих удобрений в воде предотвращаются потери азота через улетучивание, вымывание, а также его переход в труднорастворимые органические соединения; 3) при применении МФУ повышается коэффициент использования азота растениями, предотвращается накопление его избыточных количеств в растениях, особенно в нитратной форме.

Мочевино-ацетальдегидное удобрение (МАУ) содержит от 36 до 38 % азота. По свойствам близко к мочевино-формальдегидному удобрению. Получается при конденсации мочевины со смесью формальдегида и ацетальдегида.

Кротонилидендимочевина (КДМ) содержит около 32,5 % азота. Получается конденсацией кротонового альдегида с мочевиной. Азот КДМ используется растениями медленнее, чем азот мочевины и аммиачной селитры.

Изобутилендимочевина (ИБДМ) получается, как побочный продукт производства 2-этилгексанола. Промышленный продукт содержит 32,2 % азота, выпускается в гранулах, негигроскопичен.

Оксамид (амид щавелевой кислоты или CONH_2)₂ – это порошок белого цвета, очень слабо растворим в воде (0,02–0,1 г в 100 см³ при температуре 20 °С). Содержит 31,8 % азота. Выпускается в гранулированном виде. Получается в результате синтеза из метана и аммиака.

При внесении в почву весь азот оксамида постепенно переходит в доступную для растений форму, поэтому он является весьма перспективным медленнодействующим азотным удобрением для сельскохозяйственных культур. Предпочтительно его использование при орошении, так как при внесении мочевины и сульфата аммония, азот вымывается оросительными водами из корнеобитаемого слоя почвы. Эффективно использование оксамида под рис.

Недостатком медленнодействующих удобрений является высокая стоимость 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 их эффективность в год внесения. Вследствие этого, медленнодействующие удобрения пока не имеют широкого применения.

Для повышения эффективности водорастворимых форм азотных удобрений, коэффициента использования азота растениями широко применяют капсулированные азотные удобрения и ингибиторы нитрификации. При капсулировании водорастворимых форм азотных удобрений гранулы покрываются плёнками, через которые трудно и медленно проникает вода. Получаются своего рода медленнодействующие азотные удобрения.

В качестве покрытий чаще используется парафин, эмульсия полиэтилена, соединения серы, акриловая смола, полиакриловая кислота и другие вещества.

Такие гранулированные удобрения обладают улучшенными физико-механическими свойствами: они менее гигроскопичны, механически более прочны, не слеживаются при хранении.

Подбором состава и толщины покрытий можно получать удобрения с разной интенсивностью отдачи азота, то есть пролонгированного действия, с учётом биологических требований и периодичности питания азотом сельскохозяйственных культур. *Капсулированные азотные удобрения используются растениями в процессе вегетации равномернее, что положительно сказывается на росте урожаев и качестве продукции, как, например, белковости зерна злаковых культур.*

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 преимуществ перед растворимыми удобрениями. Однако из-за высокой стоимости применение их пока весьма ограничено.

Азотсерокальциевое удобрение получают прессованием карбамида с фосфогипсом. Содержание азота составляет не менее 30 %, серы – не менее 7 %.

Карбамид с гуминовой оболочкой. Содержит 46 % азота. Статическая прочность гранул несколько выше, чем у стандартного удобрения без гуминов. Положительный эффект от удобрения усиливается включением в состав оболочки биологического стимулятора роста – оксигумата или гидрогумата.

Карбамид с фосфатным покрытием. Медленнодействующее азотное удобрение, содержит не менее 39 % азота и более 7 % P_2O_5 . Растворяется в воде в полтора раза дольше, чем карбамид без покрытия.

Карбамид с полимерным покрытием. Содержит не менее 42 % азота и растворяется в воде вдвое дольше стандартной мочевины.

*Из ингибиторов нитрификации чаще всего включают **циангуанидин (дициандиамид)**, американский препарат **N-serve (2хлор-6трихлорметил) пиридин** и японский препарат **АМ (2-амино-4хлор-6метилпиримидин)**.*

При внесении в смеси с мочевиной в нормах 0,5–1 % N-serve, 1–3 % АМ от количества азота удобрений, ингибиторы тормозят процессы нитрификации в течение 1,5–2 месяцев, то есть в период интенсивного потребления азота растениями. Скорость разложения ингибиторов в почве, а следовательно, и продолжительность их действия в наибольшей степени зависят от гранулометрического состава почвы, её влажности, реакции, температуры и содержания гумуса.

Ингибиторы, подавляя нитрификацию азота удобрений, снижают его потери в газообразной форме, с поверхностным стоком воды и в результате вымывания нитратов. Это приводит к существенному повышению эффективности азотных удобрений и урожаев в условиях орошения или в районах повышенного увлажнения. Применение ингибиторов позволяет улучшить качество продукции, так как при этом предотвращается накопление токсических для человека и животных количеств нитратов в сельскохозяйственной продукции, снижается риск заболевания растений некоторыми болезнями, появляется возможность снизить нормы азотных удобрений вследствие повышения коэффициента использования азота. При этом возможна замена дробного внесения азотных удобрений однократным, что повышает экономическую эффективность их применения.

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 твёрдые аммонийные и жидкие аммиачные удобрения?

4. Расскажите об аммиачной селитре. Каковы её состав, свойства и применение?

5. Расскажите о мочеvine. Каковы её состав, свойства, превращение в почве и применение?

6. Что такое КАС, каковы их свойства и преимущества перед другими твёрдыми и жидкими азотными удобрениями?

7. Назовите пути повышения доступности растениям азота из разных форм минеральных удобрений.

8. Назовите сроки и способы эффективного применения азотных удобрений под различные сельскохозяйственные культуры.

ТЕМА 2. КЛАССИФИКАЦИЯ ФОСФОРНЫХ УДОБРЕНИЙ

Цель: изучить классификацию фосфорных удобрений, их химические и физические свойства, особенности применения.

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 страны 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 содержащих фосфор минеральных удобрений, не существует.

Фосфорные удобрения являются важнейшим средством повышения урожайности сельскохозяйственных культур и качества продукции. **Фосфорные удобрения принято подразделять на три группы:**

- 1. Растворимые в воде.**
- 2. Слаборастворимые в воде, но растворимые в слабых кислотах (цитратнорастворимые).**
- 3. Нерастворимые в воде, плохо растворимые в слабых кислотах, растворимые в сильных минеральных кислотах.**

К первой группе относятся простой, двойной суперфосфат и суперфос, получаемые промышленным путём из апатита или фосфорита, в которых большая часть фосфора представлена водным или безводным дигидрофосфатом (однозамещённым фосфатом) кальция или $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$.

К цитратнорастворимым (слаборастворимым) фосфорным удобрениям относятся промышленные удобрения – преципитат, обесфторенный фосфат, термофосфаты, активированные фосфаты и отходы металлургической промышленности (шлаки). Фосфор в этих удобрениях представлен в основном двухзамещенными фосфатами кальция (CaHPO_4 , CaNaPO_4), тетракальцийфосфатом $\text{Ca}_4\text{P}_2\text{O}_9$, октакальцийфосфатом $\text{Ca}_8\text{H}(\text{PO}_4)_3$ и др.

К нерастворимым в воде, плохо растворимым в слабых кислотах, растворимым в сильных минеральных кислотах относится фосфоритная мука, представляющая собой размолотые до состояния тонкой муки фосфориты.

2.1 Водорастворимые фосфорные удобрения

Из промышленных растворимых фосфорных удобрений получили распространение простой и двойной суперфосфат, а в последние годы суперфос и др. Суперфосфат является первым промышленным удобрением. Идея получения растворимого фосфорного удобрения связана с именем Ю. Либиха, который в 1840 г. предложил обрабатывать костяную муку животных серной кислотой.

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 двузамещённого фосфата кальция. Содержание P_2O_5 составляет 14–19,5 %. Содержание кислоты – 5–5,5 %. Монофосфат 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 (один процент оксида железа связывает 2 % P_2O_5 , а один процент оксида алюминия – один процент 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 слеживается, быстро теряет сыпучесть и рассеиваемость. В почве фосфат-ионы подвергаются химическому поглощению с образованием на нейтральных почвах двух и трёхзамещённых фосфатов кальция, а на кислых, – слаборастворимых и трудно усвояемых растениями фосфатов железа и алюминия.

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

Гранулированный суперфосфат в отличие от порошковидного не комкуется и не слеживается, 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 от одного до четырёх миллиметров. Гранулированный суперфосфат содержит меньше влаги (1–4 %), большое количество усвояемого P_2O_5 – 19,5–22,0 %, меньшее количество кислоты – 1,0–2,5 %.

Суперфосфаты не вызывают постоянного подкисления почвы, так как фосфорная кислота используется растениями для питания, а на кислых почвах связывается оксидами железа и алюминия.

Гранулированный простой суперфосфат применяется для основного предпосевного, при проведении посева и в подкормки под все культуры на всех типах почв. Однако наиболее эффективно его локальное внесение в рядки с

высеваемыми семенами. Это наиболее рациональный способ использования гранулированного суперфосфата. Однако, его доза при локальном внесении в три раза меньше, эффект от неё такой же, что и от порошковидного суперфосфата, равномерно распределённого по поверхности почвы перед вспашкой или культивацией почвы.

В простом суперфосфате в составе гипса содержится до 8–12 % серы, что особенно ценно для бобовых, зерновых и масличных культур в зонах с недостатком серы в почве. Для повышения эффективности суперфосфатов на кислых почвах, кислотность почвенного раствора необходимо известкованием довести до слабокислой или нейтральной реакции.

Двойной суперфосфат – высококонцентрированное фосфорное удобрение, получаемое из апатита или фосфорита обработкой фосфорной кислотой. Содержит фосфор в виде монокальцийфосфата и небольшого (до 2,5 %) количества свободной фосфорной кислоты. Основное его отличие от простого суперфосфата состоит в отсутствии гипса.

Лучший двойной суперфосфат получают из апатита. Это удобрение содержит 45–49 % усвояемого P_2O_5 , не менее 85 % водорастворимого 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.

Суперфосфат представляет собой универсальное удобрение. Его применяют на всех почвах в качестве основного и при проведении посева (посадки) удобрения. Внесение суперфосфата поверхностно в подкормку растений, без глубокой заделки в почву малоэффективно, так как фосфор не перемещается в почве (кроме песчаных), ареал его диффузии не превышает 1–3 см в год, поэтому для корневой системы растений он будет пространственно недоступен.

Это особенно важно для молодых растений, возделываемых на почвах, бедных фосфором, когда их корневая система ещё не развита, а также в зоне недостаточного увлажнения.

Гранулирование (2–4 мм) суперфосфата позволяет уменьшить контакт с почвой и скорость его растворения, повысить доступность растениям. Все суперфосфаты содержат небольшие количества микроэлементов (цинк, марганец, медь, молибден), присутствующих в фосфатных рудах.

Обогащённый суперфосфат получается из апатитового концентрата на основе обработки серной кислотой и небольшим количеством неупаренной экстракционной фосфорной кислоты. *Выпускается в порошкообразном и гранулированном виде. Обогащённый порошкообразный суперфосфат содержит не менее 23,5 % усвояемого растениями фосфора и не более 5 % свободной фосфорной кислоты, гранулированный – соответственно 24,5 и 1–2,5 %. Содержание гипса в обогащённом суперфосфате меньше, чем в простом. Применяется он также, как и простой суперфосфат.*

Суперфос новый перспективный вид концентрированного фосфорного удобрения длительного действия. Использование P_2O_5 из фосфорного сырья достигает 95 %. *Суперфос выпускают в гранулированном виде. По внешнему виду это угловатые тёмно-серые гранулы. Он содержит от 38 до 40 % P_2O_5 , из них 19–20 % в водорастворимой форме. Получают это удобрение на основе химического обогащения и активирования фосфоритной муки смесью серной и фосфорной кислот.*

Суперфос применяется в качестве основного удобрения на кислых и нейтральных почвах. По агрономической эффективности суперфос не уступает суперфосфатам.

2.2 Цитратнорастворимые и лимоннорастворимые фосфорные удобрения

Преципитат или $\text{CaHPO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$ – гидрофосфат кальция. В зависимости от исходного сырья он содержит от 25 до 35 % цитратнорастворимого доступного растениям фосфора. Его плотность составляет $0,8 \text{ т/м}^3$. Представляет собой тонкий, белый порошок, пылящий при внесении. Обладает необходимыми физическими свойствами: не слеживается, сохраняет высокую рассеиваемость, может смешиваться с любым удобрением. Растворяется в лимоннокислом аммонии, доступен растениям. Вносится в почву с кислой реакцией в качестве основного удобрения.

Преципитат можно применять как основное удобрение под различные культуры на всех почвах. На кислых почвах по действию на урожай он может даже превосходить суперфосфат, потому что последний в таких условиях подвержен ретроградации и в большей степени превращается в фосфаты полуторных окислов. На чернозёмах преципитат по эффективности близок к суперфосфату.

Обесфторенный фосфат. Получают путём термической обработки фосфорного сырья. В полученном продукте содержится от 30 до 32 % (из апатита) и от 20 до 22 % (из фосфорита) цитратнорастворимого P_2O_5 , обладает хорошими физическими свойствами. По внешнему виду удобрение представляет собой светло-серый тонкоразмолотый порошок. Обесфторенный фосфат обладает достаточными физическими свойствами: не гигроскопичен, не слеживается, легко рассеивается. Является ценным удобрением при основном внесении, особенно на кислых почвах. В подкормку не используется. Обесфторенный фосфат нельзя смешивать с аммонийными удобрениями. При основном внесении в качестве удобрения на дерново-подзолистых и черноземовидных почвах по эффективности не уступает суперфосфату.

Обесфторенный фосфат используют в основном для минеральной подкормки животных.

Полифосфат кальция. Перспективное фосфорное удобрение, содержащее 40–60 % P_2O_5 . В зависимости от температур, при которых получают полифосфат кальция, он подразделяется на плавленый и низкотемпературный. В последнее время большое внимание уделяется кислотнотермическому способу получения удобрения. Оно содержит 55–58 % цитратнорастворимого фосфора. Добавление к продукту на стадии грануляции водорастворимых ортофосфатов обеспечивает необходимое содержание водорастворимого фосфора в удобрении.

Разработан низкотемпературный способ получения полифосфатов кальция с достаточно высоким содержанием P_2O_5 (40–60 %). Конденсированные фосфаты, входящие в состав полифосфата кальция, в почве гидролизуются до ортофосфатов и, таким образом, становятся доступными для растений.

Метафосфат кальция или $Ca(PO_3)_2$ – это порошковидное концентрированное фосфорное удобрение, пригодное для применения на большинстве почв. В техническом продукте содержится 63–68 % P_2O_5 , растворимого в цитратном растворе. В химически чистом удобрении содержится 71,68 % P_2O_5 и 28,32 % CaO . Эффективность метафосфата кальция зависит от количества в нём водорастворимой и цитратнорастворимой P_2O_5 . Лучшее усваивается растениями удобрение, в котором преобладающая часть фосфора находится в водорастворимой форме.

Термофосфаты. К термофосфатам относятся удобрения, получаемые при прокаливании (или плавлении) природных апатитов и фосфатов с различными твёрдыми веществами (содой, карбонатами и силикатами магния, кальция и др.), а также отходы металлургии, содержащие фосфор. При высокой температуре (1 200–1 500 °C) происходит разрушение кристаллической структуры апатита и внедрение в неё катионов из добавленных солей, в результате чего образуются более растворимые фосфорные соединения.

Основным отличием (недостатком) всех слаборастворимых фосфорных удобрений (термофосфатов, преципитата, металлургических шлаков и др.)

от растворимых фосфорсодержащих удобрений (суперфосфата, комплексных удобрений) является довольно медленный переход их фосфатов в растворимую, доступную для растений форму непосредственно после внесения в почву. Поэтому применение их до посева (посадки) не в состоянии полностью обеспечить высокую потребность в фосфоре молодые интенсивно растущие сельскохозяйственные культуры на почвах с низким содержанием подвижных фосфатов.

Металлургические шлаки (томасшлак, доменные и мартеновские шлаки) представляют собой получаемые побочные продукты металлургии. Шлаки содержат 5–20 % P_2O_5 и 50–60 % CaO являются ценными фосфорными и известковыми удобрениями.

Различают доменные шлаки (5–10 % P_2O_5) , являющиеся отходом производства чугуна, и сталеплавильные шлаки: мартеновские, бессемеровские, томасовские и другие мартеновские шлаки (7–12 % P_2O_5), которые получили название по имени французского металлурга Б. Мартена, предложившего в 1864 г. печной метод переработки чугуна в сталь. Также выделяют томасшлаки (12–20 % P_2O_5), получившие название по имени английского инженера С. Томаса, предложившего конверторный (ковшовый) способ в 1879 г.

Наряду с фосфором и кальцием шлаки содержат: MgO – 2–4 %, MnO – 1–3 %, SiO_2 – 6–8 %, Al_2O_3 – 1–2 % , 20–70 мг/кг бора, 10–60 мг/кг меди, 5–10 мг/кг молибдена и 2–5 мг/кг кобальта. Металлургические шлаки представляют собой порошок тёмного цвета, в которых фосфор находится в форме цитраторастворимого тетрафосфата кальция ($Ca_4P_2O_9$) и силикокариотита ($Ca_5(PO_4)_2SiO_4$).

По усвояемости растениями фосфаты шлаков близки к преципитату. Действуют они относительно медленно, поэтому их необходимо вносить заблаговременно. Особенно рационально внесение шлаков под многолетние плодовые насаждения, бобовые и злаковые травы: люцерну, клевер, люпин, костреч и др., где больше требуется не быстрое начальное, а длительное действие удобрений.

Термофосфаты и шлаки оказывают многостороннее благоприятное влияние на питание растений, так как действуют не только как фосфорное, но и как известковое удобрение, содержащее магний и микроэлементы. На кислых почвах они превосходят суперфосфаты, а на нейтральных и щелочных почвах термофосфаты уступают суперфосфату. На почвах, хорошо обеспеченных фосфором, разница в их действии значительно нивелируется.

2.3 Труднорастворимые фосфорные удобрения

Фосфоритная мука – тонкий, тяжелый порошок тёмно-серого (землистого) цвета разных оттенков. Насыпная плотность составляет от 1,4 до 1,8 т/м³. Фосфоритную муку получают размолотом фосфорита и выпускают четырёх марок: А, Б, В и Г, содержащих соответственно не менее 29, 26, 23 и 20 % P_2O_5 .

Фосфоритная мука не гигроскопична, не слеживается, может смешиваться с любым удобрением, кроме извести. Её влажность не должна превышать 3,7 %. При более высоком содержании воды фосфоритная мука теряет свою сыпучесть. Фосфор в фосфоритной муке содержится в виде соединений фторапатита, гидроксилапатита, карбонатапатита, то есть находится в основном в форме фосфата кальция. Эти соединения не растворимы в воде, слабых кислотах и слабо доступны для большинства растений.

На эффективность фосфоритной муки оказывают влияние происхождение и состав фосфоритов, тонина помола, биологические особенности удобряемой культуры, свойства почвы и кислотность сопутствующих удобрений.

Эффективность фосфоритной муки повышается при применении ее для компостирования с органическими удобрениями и для нейтрализации физиологически кислых удобрений. Фосфоритную муку применяют как основное удобрение. Вносить её лучше заблаговременно, с осени, обязательно с глубокой заделкой. Наиболее эффективно внесение фосфоритной муки вместе с

навозом в пару под озимые культуры, а также под пропашные – сахарную свеклу, картофель, кукурузу. Положительное действие фосфоритной муки продолжается несколько лет. Чем больше норма этого удобрения, тем эффективнее и продолжительнее его действие.

Контрольные вопросы

1. На какие основные группы подразделяют фосфорные удобрения?
2. Какие агроруды служат сырьём для производства фосфорных удобрений?
3. Назовите растворимые фосфорные удобрения. Определите их состав, свойства и условия эффективного применения.
4. Что такое суперфосфат, каковы его состав, свойства, превращение в почве, применение?
5. Каким способом применяют удобрения второй группы (преципитат, томасшлак, термофосфаты и обесфторенный фосфат)?
6. Назовите цитратнорастворимые фосфорные удобрения. Охарактеризуйте их состав, свойства, особенности применения.
7. Расскажите о фосфоритной муке. Каковы её состав, свойства и особенности применения?

ТЕМА 3. КЛАССИФИКАЦИЯ КАЛИЙНЫХ УДОБРЕНИЙ

Цель: изучить классификацию калийных удобрений, их химические и физические свойства, особенности применения.

Теоретические сведения. Калий – один из основных элементов питания, потребляемых сельскохозяйственными культурами в процессе их роста и формирования урожая в большом количестве. 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 потребность в калийных удобрениях возникает при возделывании потребляющих большое количество калия культур: корнеплодов и клубнеплодов, силосных и овощных, подсолнечника и др. 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.

Калийные удобрения подразделяют на следующие основные группы:

1. Концентрированные калийные удобрения – продукты заводской переработки природных минералов (сырых солей). К ним относятся хлористый калий (KCl), сульфат калия или сернокислый калий (K_2SO_4), калимагнезия ($K_2SO_4 \times MgSO_4$).

2. Сырые калийные соли, включающие сильвинит ($KCl \times NaCl$), карнит ($KCl \times MgSO_4 \times 3H_2O$).

3. Смешанные удобрения, получаемые из сырых солей и концентрированных удобрений. К ним относится калийная соль ($KCl \times mKCl \times nNaCl$).

4. Отходы промышленности, содержащие калий (цементная пыль, калий углекислый (поташ), отработанный электролит и др.).

3.1 Концентрированные калийные удобрения

Хлористый калий, хлорид калия или KCl . Основное калийное удобрение, составляющее 80–90 % от общего производства калийных удобрений. В химически чистом хлориде содержится 63,1 % K_2O , влаги не более одного процента.

Выпускается в виде кристаллического рассыпчатого порошка или гранул следующих марок: марка «К», получаемая кристаллизацией из растворов сильвинита и марка «Ф», получаемая флотационным обогащением калийных руд. Выпускается третья форма методом гидроциклона – гранулированный хлористый калий. Марка «К» в зависимости от сорта содержит K_2O в процентах: высший сорт – 62,5, первый сорт – 62,0, второй сорт – 60,0.

Это мелкокристаллическая соль белого, сероватого, красноватого или других цветов. Характерной особенностью хлористого калия является однородность окраски. Продукт не гигроскопичен, не слеживается, сильно пылит. Для снижения слеживаемости в удобрения вводят различные органические добавки (амины, синтетические жирные кислоты), которые и окрашивают продукт.

Мелкий хлористый калий используют, как правило, в производстве комплексных удобрений – азофосок, нитрофосок и диаммофосок. Гранулированный хлористый калий пригоден для сухого смешивания и используется для изготовления смешанных и сложно-смешанных комплексных удобрений.

Хлористый калий – наиболее распространённое калийное удобрение и может применяться под все культуры и на любых почвах. Пригоден для основного, при проведении посева удобрения и подкормок. Не рекомендуется его внесение под культуры, чувствительные к хлору. Необходимо сказать, что ион хлора в хлористом калии в разумных дозах не только не опасен, но и благотворно сказывается на жизнедеятельности растений.

Сернокислый калий или K_2SO_4 . Высококонцентрированное бесхлорное удобрение. Представляет мелкий кристаллический порошок белого цвета (допускается желтоватый оттенок). Содержание K_2O достигает от 46 до 50 %, влаги – 1,2 %. Небольшие количества сульфата калия по разным сложным и энергоемким технологиям выпускают в АО «Уралкалий» (с 50 % K_2O), а также на глиноземных заводах при переработке нефелиновых и других горных пород. Не слеживается, транспортируется с завода в мешках или без тары.

Физиологически кислое удобрение, может применяться на любых почвах и под все культуры, чувствительные к хлору. Это удобрение широко используют в овощеводстве, особенно в защищенном грунте. Сульфат калия является ценным удобрением для картофеля, овощей, льна, табака, плодовых, зерновых культур и многолетних трав. Наличие в удобрении сульфат-иона может положительно влиять на урожай растений семейства капустовых и бобовых, потребляющих из почвы значительное количество серы.

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

Калимагнезия, сульфат калия-магния или $(K_2SO_4 \times MgSO_4)$. Выпускается в виде сильно пылящего порошка с сероватым оттенком или серовато-розовых гранул неправильной формы, содержит 29 % K_2O и 9 % MgO . Влажность удобрения не более 5 %, оно не слеживается, перевозится навалом

или в бумажных мешках. Это ценное удобрение под культуры, чувствительные к хлору (картофель, овощи, плодовые, гречиха, лён) на почвах легкого гранулометрического состава, бедных магнием. Можно применять на всех почвах, под все культуры различными способами внесения.

3.2 Сырые калийные соли

Сильвинит или ($KCl \times NaCl$) представляет размельчённую сильвинитовую породу. Цвет кристаллов – розовато-бурый с включением синих, содержание K_2O составляет 12–15 %, Na_2O – 35–40 %. Используется в незначительных количествах, перевозится без тары, слёживается, вносится под натриеволюбивые культуры (сахарная свекла, кормовые и столовые корнеплоды).

Недостатком этого удобрения является повышенное содержание хлора. Поэтому сильвинит необходимо вносить осенью для вымывания хлора, не поглощённого почвой. Из-за наличия натрия это удобрение лучше использовать на лугах и пастбищах, а также под кормовую и сахарную свеклу, исходя из их биологических особенностей этих культур. Из-за малого содержания действующего вещества сильвинит транспортировать на большие расстояния экономически невыгодно.

Каинит или ($KCl \times MgSO_4 \times 3H_2O$) с примесью хлорида натрия. Содержит 10 % K_2O . В его состав также входят 6–7 % MgO , 32–35 % хлора, 22–25 % Na_2O и 15–17 % SO_4 . Представляет собой размолотую каинито-лангбейнитовую руду. Это крупные кристаллы розовато-бурого, серого, белого или оранжевого цвета. Влажность не более 5 %. Не слёживается, транспортируют насыпью.

Недостаток каинита тот же, что и у сильвинита – повышенное содержание хлора. Вносить его следует под основную обработку почвы, чтобы создать благоприятные условия для вымывания ионов хлора.

3.3 Смешанные калийные удобрения

40-процентная калийная смешанная соль или ($KCl \times mKCl \times nNaCl$), представляет серый кристаллический порошок с включением розовых, голубых кристаллов. Соль получают как смесь хлористого калия с размолотым сильвинитом (до 35 %), а иногда каинитом. Содержит **40 % K_2O , 20 % Na_2O и 50 % хлора.** Влажность составляет не более 2 %, слёживается, перевозится без тары, физиологически кислое удобрение. Содержание хлора достигает 1,4–1,9 кг на один килограмм K_2O . Наиболее пригодна для культур, отзывчивых на натрий (сахарная свекла, кормовые и столовые корнеплоды).

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

3.4 Отходы промышленности, содержащие калий

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 и 36 % CaO , зола хвойных пород – 3–7 % K_2O , 2–2,5 % P_2O_5 и 25–30 % CaO . Зола необходимо хранить в сухом помещении, так как вода выщелачивает из неё калий и другие питательные вещества, и ценность удобрения снижается.

Печная древесная зола может применяться на всех почвах и под все культуры: картофель, овощные, клевер, многолетние травы. Как удобрение, содержащее известь, наиболее эффективна на кислых почвах, особенно на бедных калием песчаных, супесчаных и торфяниках.

Золу можно вносить как основное удобрение с осени или весной под культивацию зяби, а также в виде подкормки под пропашные (или при междурядных обработках), озимые культуры и многолетние бобовые травы (поверхностно, рано весной). Норма золы зависит от содержания в ней калия и фосфора. Золу от сжигания соломы и дров обычно рекомендуется вносить в норме 0,5–1,5 т/га под вспашку или культивацию.

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, кальций, полуторные окислы и некоторые микроэлементы. Калийные соли цементной пыли растворимы в воде и доступны растениям. Отход имеет щелочную реакцию, не содержит хлора и применяется на кислых дерново-подзолистых почвах под культуры, чувствительные к хлору в основном внесение.

Поташ (калий углекислый) или K_2CO_3 выступает побочным продуктом при переработке нефелинового сырья. Содержит 52–55 % K_2O . Это концентрированное, порошковидное, легкорастворимое, с высокой гигроскопичностью удобрение, имеющее щелочную реакцию. Поташ рекомендуется вносить под картофель и плодово-ягодные культуры на кислых почвах. Недостаток поташа – сильная гигроскопичность. Щелочность и отсутствие хлора делают это удобрение высокоэффективным на кислых дерново-подзолистых почвах.

Хлоркалий-электролит. Представляет продукт, получаемый при производстве магнезии из Соликамского карналлита. Содержит 32–45 %

K₂O в форме хлорида калия. Кроме того, в нём присутствуют около 30 % хлорида натрия и 2–3 % хлорида магния (16 % Na₂O и 0,2 % MgO).

Хлоркалий-электролит сильно пылящий мелкокристаллический порошок с жёлтым оттенком. Он не слеживается, его перевозят в бумажных мешках или насыпью. На Березниковском комбинате освоено производство гранулированного калий-электролита с содержанием 42 % K₂O и 6–7 % MgO. В качестве основного удобрения хлоркалий-электролит можно применять при внесении с осени под все культуры. По эффективности он приближается к хлориду калия. На бедных магнием, лёгких почвах более эффективен, чем хлористый калий.

Контрольные вопросы

1. Какое месторождение калийных солей используют для производства калийных удобрений в России?
2. Охарактеризуйте ассортимент промышленных калийных удобрений.
3. В чём 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?
6. Назовите оптимальные сроки и способы внесения калийных удобрений под различные сельскохозяйственные культуры?
7. Какое влияние оказывают калийные удобрения на урожайность растений в различных почвенных и климатических условиях?
8. Как влияют калийные удобрения на качество и сохранность (лежкость) полевых, овощных и плодово-ягодных культур?

ТЕМА 4. КРЕМНИЕВЫЕ УДОБРЕНИЯ

Цель: изучить виды кремниевых удобрений, их химические и физические свойства, особенности применения.

Теоретические сведения. Кремний – второй элемент после кислорода по распространённости в земной коре, который составляет 29,5 % её массы. Содержание кремния в почве определяется, главным образом, наличием в ней кварца и, в меньшей степени, – первичных силикатов и алюмосиликатов.

Растения по содержанию кремния делятся на две группы: кремнефобные и кремнефильные. Первая группа в основном объединяет двудольные растения. Содержание кремния в них не превышает 0,01–0,1 % сухой массы. К второй группе относится большинство однодольных растений. Содержание кремния в кремнефильных растениях может достигать до 20 %, но чаще находится в пределах 1–10 % сухой массы.

Растения поглощают кремний в виде истинных растворов мономерной ортокремниевой кислоты. Возможна его ассимиляция и в виде иона силиката. Поглощение кремния корневой системой связано как с конвективным переносом, так и с пассивной диффузией. Кремнефильные растения поглощают этот элемент и путём активного переноса против электрохимического потенциала.

В растениях обнаружены специальные ферменты «силиказы», обуславливающие ассимиляцию и метаболизм значительных количеств кремния. В листьях просо найден фермент, ответственный за включение кремния в органические соединения. В ассимиляции кремния рисом участвует оксидаза цитохром.

Вовлечение почв в сельскохозяйственное производство нарушает сложившийся баланс кремния, поскольку значительная часть этого элемента еже-

годно безвозвратно отчуждается с урожаем. Причём, растения выносят кремния больше, чем других элементов. Так, для картофеля эта величина колеблется от 50 до 70 кг/га, для зерновых – от 100 до 300 кг/га. Максимальное количество этого элемента выносится сахарным тростником – до 700 кг/га.

Нарастающий дефицит кремния вызывает ряд негативных последствий, так как кремний является не только питательным, но и конструктивным почвенным элементом. Дефицит монокремниевой кислоты и уменьшение содержания аморфного кремнезема приводит к разрушению органо-минерального комплекса почвы, ускорению деградации органического вещества, ухудшению минералогического состава.

Оптимизация кремниевого питания приводит к повышению устойчивости растений к неблагоприятным факторам окружающей среды и их продуктивности, к повышению агрегатированности, влагоёмкости, ёмкости обмена и буферности почв лёгкого гранулометрического состава. С помощью кремниевых удобрений можно снизить опасность водной эрозии почв, в результате чего создаются лучшие условия для роста и развития растений. Помимо этого, кремниевые удобрения, обладая высокой адсорбционной способностью, удерживают в корнеобитаемом слое почвы внесённые минеральные удобрения и тем самым опосредованно могут привести к повышению продуктивности сельскохозяйственных культур.

Виды кремниевых удобрений. В качестве кремниевых удобрений можно использовать:

- 1) метасиликат натрия $\text{Na}_2\text{SiO}_3(\text{Na}_2\text{SiO}_3 \times 9\text{H}_2\text{O}$, ионогидрат);**
- 2) метасиликат калия или K_2SiO_3 ;**
- 3) ортосиликат натрия или Na_2SiO_4 ;**
- 4) натрий кремнефтористый или Na_2SiF_6 .**

Перечисленные удобрения наибольший эффект дают при предпосевной обработке семян и некорневой подкормке вегетирующих растений. Обработку семян зерновых культур проводят 0,5–1,0 %, некорневую подкормку растений – 0,1–0,5 % водными растворами кремния. Для внесения в почву пригодны кремнекальциевые соединения. Этот способ наиболее эффективен на почвах, обеднённых подвижной кремниевой кислотой, к которым и относятся почвы с повышенной кислотностью.

Несмотря на малую растворимость, силикат кальция способен к обменным реакциям в кислых почвах. В результате кальций переходит в поглощённое состояние, вызывая снижение кислотности почвы, а кремниевая кислота – в свободно активное. Положительное действие кремнекислоты на кислых почвах заметно проявляется лишь при одновременном устранении или снижении почвенной кислотности. Следовательно, способность силиката кальция нейтрализовать кислотность почвы является предпосылкой для положительного действия самой кремнекислоты. Кремнекислота обладает защитным действием против вредного влияния на растения гидрата окиси алюминия, образующегося в почве в результате распада сложных силикатов. Её обезвреживание происходит в результате образования ферриалюмосиликатов, быстро выпадающих в осадок вследствие их ничтожной растворимости.

Контрольные вопросы

1. На какие две группы делятся растения по содержанию кремния?
2. Какие негативные последствия вызывает дефицит кремния?
3. К чему приводит оптимизация кремниевого питания?
4. Назовите виды кремниевых удобрений.
5. Назовите оптимальные дозы, сроки и способы внесения кремниевых удобрений под различные сельскохозяйственные культуры.

ТЕМА 5. УГЛЕРОДНЫЕ УДОБРЕНИЯ

Цель: изучить виды углеродных удобрений, их химические и физические свойства, особенности применения.

Теоретические сведения. Источником углерода для растений служит диоксид углерода (CO_2), ассимилируемый в процессе фотосинтеза растениями из атмосферы и корневой системой из почвенного раствора. В воздухе его содержится в среднем $0,3 \text{ см}^3/\text{л}$, в почве – примерно $3 \text{ см}^3/\text{л}$. Из почвы ежегодно выделяется в атмосферу 8 тысяч $\text{м}^3/\text{га}$ диоксида углерода. Концентрация его в воздухе над растениями колеблется в пределах $0,28\text{--}0,61 \text{ мг/л}$. Над полями, удобренными минеральными и органическими удобрениями, содержание диоксида углерода более высокое. *Растения удовлетворяют свою потребность в углероде примерно на 75–80 % из воздуха и на 20–25 % из почвы. Следовательно, преобладающим компонентом в углеродном питании растений является CO_2 атмосферы.*

Дефицит диоксида углерода (в воздухе содержится 0,03 %) в условиях защищённого грунта, особенно при гидропонной культуре, растения испытывают в дневные часы, в весенне-летний период. Это приводит к снижению интенсивности и продуктивности фотосинтеза, а, следовательно, и большому недобору урожая. Поэтому, в теплицах и оранжереях в дневные часы растения нуждаются в дополнительном обеспечении углеродом.

Виды углеродных удобрений. В качестве углеродных удобрений используются:

1. Газообразная углекислота.
2. Твёрдая углекислота (сухой лёд).
3. Продукты каталитического (беспламенного) горения газа и твёрдого топлива.

4. Минеральные карбонатные соли и органические удобрения.

Газообразная углекислота применяется для удобрения овощных культур в закрытом и открытом грунте. Газ подаётся из баллона в дневные часы. При подкормке углекислотой урожайность огурцов в закрытом грунте возрастает на 25–74 %. У помидоров сильно разрастается куст под влиянием газирования, но урожай плодов при этом увеличивается незначительно. Под действием подкормки углекислотой ускоряется процесс созревания растений и улучшается качество продукции.

В открытом грунте углекислоту подают вместе с поливной водой при дождевании. Этот приём увеличивает урожайность корнеплодов сахарной свеклы на 20–25 % и содержание сахара на 0,5–1,0 %.

Твёрдую углекислоту (сухой лёд) применяют на удобрение в закрытом грунте. Необходимое количество твёрдой углекислоты по расчёту на объём теплицы дробят на куски весом примерно 0,5 кг. Последние равномерно раскладывают на стеллажах по всей теплице. Твёрдая углекислота переходит в газообразное состояние, и теплицы газифицируются.

Продукты каталитического (беспламенного) горения используют для подкормки растений. Углекислоту получают при сжигании бытового газа или твёрдого топлива в специальных печах каталитического горения сравнительно несложной конструкции. Полученный газ, содержащий до 15 % диоксида углерода, вводят для газации растений в теплицу.

Минеральные карбонатные соли и органические удобрения могут служить источником углекислоты для удобрения сельскохозяйственных культур. При внесении в почву органических удобрений растения снабжаются не только азотом и зольными элементами, но и диоксидом углерода, поглощаемым как корнями, так и листьями. Размеры образования углекислоты в почве в процессе минерализации органического вещества зависят от количества внесённых органических удобрений и наличия растительных остатков в

почве. Наряду с органическими удобрениями и подкормкой растений углекислотой, в условиях закрытого и открытого грунта могут оказаться эффективными углекислые соли калия, натрия и аммония.

Эффективность углеродных удобрений в значительной степени зависит от условий минерального питания и температуры окружающей среды. Применять углекислоту на удобрение необходимо, прежде всего, в условиях закрытого грунта и при выращивании овощных культур гидропонным способом, где органические удобрения не вносят.

Контрольные вопросы

1. Назовите виды углеродных удобрений.
2. Как используется газообразная углекислота?
3. Где в основном используются углеродные удобрения?
4. От чего зависит эффективность углеродных удобрений?

РАЗДЕЛ II. МЕЗОУДОБРЕНИЯ

ТЕМА 6. ЖЕЛЕЗНЫЕ УДОБРЕНИЯ

Цель: изучить виды железных удобрений, их химические и физические свойства, особенности применения.

Теоретические сведения. Железо – один из распространённых элементов земной коры. Содержание его в почвах колеблется от 1 до 5 %. Особенно богаты железом красноземы, в которых его количество доходит до 10–11 %. Наиболее бедны железом легкие песчаные почвы, содержащие около одного процента этого элемента. Несмотря на довольно большие общие запасы железа в почвах, количество растворимых, усвояемых растениями соединений железа часто оказывается недостаточным.

Железо может поглощаться корнями растений в форме катионов Fe^{2+} и Fe^{3+} и в виде хелатных соединений. Возможно также его поглощение через листья. Кларк железа в растениях равен 0,02 % сухой массы. Однако его количество сильно колеблется, что определяется видовыми особенностями растений и почвенно-климатическими условиями произрастания. Хозяйственный вынос железа культурными растениями находится в пределах 1–10 кг/га. Недостаток этого элемента для растений чаще всего встречается на карбонатных и чрезмерно известкованных почвах. Значительно реже он наблюдается на кислых почвах.

Для обеспечения растений железом применяют удобрения, содержащие этот элемент: *чистые водорастворимые соли, хелаты и фритты.*

К водорастворимым солям относят: 1) сульфат железа (железный купорос) или $FeSO_4 \times 7H_2O$; 2) хлорид железа (II) или $FeCl_2 \times 4H_2O$; 3) хлорид железа (III) или $FeCl_3 \times 6H_2O$; 4) гипофосфит железа (III) или $Fe(H_2PO_2)_3$;

5) иодид железа (II) или FeI_2 ; 6) нитрат железа (III) или $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \times 9\text{H}_2\text{O}$; 7) ортофосфат железа (III) или $\text{FePO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$.

Из перечисленных водорастворимых солей наиболее эффективным является железный купорос, содержащий 47–53 % сернокислой закиси железа. Его получают в значительных количествах из отходов металлургической промышленности (травильных растворов). Он представляет собой крупно- или мелкокристаллическое вещество серого цвета, часто с белым, желтым или бурым налетом.

Фритты. Фритты производят как стекловидные соединения на основе спекания и последующего быстрого охлаждения. Основой их является силикат, в который включают тот или иной питательный элемент. Фритты являются источником постепенного и равномерного питания растений железом, так как содержат его в водонерастворимой, но усвояемой форме. Эти удобрения растворимы в 2-процентной лимонной кислоте. В кислой почве усвояемость их выше, чем в нейтральной или щелочной.

Почвой фритты не поглощаются. Тонко размолотые фритты вносят в почву совместно с органическими и минеральными удобрениями при основной обработке или локально при посеве. Норма удобрения зависит от требовательности растения к железу, и обеспеченности почвы этим элементом. Перспективно их применение в орошаемом земледелии, в частности в рисоводстве, где невозможно исключить вымывание водорастворимых форм удобрений фильтрационными и сбросными водами. Фритты вносят под рис непосредственно в почву из расчёта Fe_{25-50} .

Хелаты. Хелаты являются комплексными соединениями органических веществ с железом. Они хорошо растворимы, слабо поглощаются почвой, и в тоже время легко усваиваются растениями.

В качестве основы комплекса используются аминополуксусные кислоты. Наиболее перспективными являются комплексы железа с диэтилен-триаминпентауксусной (Fe-ДТПА), этилендиаминтетрауксусной (Fe-ЭДТА) и полиэтиленполиаминполуксусной (Fe-ПППУ) кислотами. Эти комплексы содержат 7–10 % железа и представляют собой тёмно-коричневые растворы без запаха с удельной массой 1,4 г/см³.

Fe-ДТПА получают при взаимодействии железного купороса с диэтилен-триамином, содержащим 13–15 % Fe-ДТПА. Большой интерес представляют удобрения семейства ДП–ДЛ, имеющие в своем составе железо в хелатной форме ДТПА. Удобрения этой серии отличаются полным отсутствием фитотоксичности при некорневых подкормках и высокой эффективностью при использовании их в системах малообъёмной гидропоники.

Применение железных удобрений. *Водорастворимые соли и хелаты железа в качестве удобрения можно вносить в почву, а также использовать для обработки посевного материала или некорневой подкормки вегетирующих растений. В почву их вносят в твёрдом виде или в виде водных растворов. При внесении в почву железо сравнительно быстро переходит в недоступное для растений состояние. Более эффективной является обработка посевного материала. Для этих целей используют 0,5 или 1-процентные водные растворы солей железа.*

Для устранения железного голодания растений используют некорневые подкормки растворами водорастворимых солей и хелатов железа. Последние действуют на листовой аппарат мягче и обеспечивают прибавку урожая. Для некорневой подкормки растений используют 0,1–0,5 % водные растворы железа. При корневой подкормке для проникновения хелата к корням растений необходимо обеспечить нормальную влажность почвы (поливом или мульчированием).

На гидропонике нормы железных удобрений колеблются и составляют от 0,1 до 0,5 кг/м³. Рабочие растворы готовят в стеклянной, деревянной или железной посуде. Они не должны соприкасаться с медными, латунными или цинковыми деталями.

Недостаток железа часто бывает вызван не отсутствием его в почве, а физиологическим нарушением поглощения и использования железа растениями. Поэтому некорневая подкормка вегетирующих растений железом более эффективна, чем внесение его в почву.

Контрольные вопросы

1. Какие формы и виды железа могут поглощаться корнями растений?
2. Какие железные удобрения обеспечивают растения железом?
3. Назовите водорастворимые соли железа.
4. Что такое фритты?
5. Что такое хелаты? Назовите их виды.

ТЕМА 7. КАЛЬЦИЕВЫЕ УДОБРЕНИЯ

Цель: изучить виды кальциевых удобрений, их химические и физические свойства, особенности применения.

Теоретические сведения. Недостаток кальция растения испытывают, прежде всего, на почвах, характеризующихся повышенной кислотностью. По результатам агрохимического обследования почв в Российской Федерации, в настоящее время 34 % пашни нуждается в известковании. Это, в основном, дерново-подзолистые и серые лесные почвы. Наибольшие площади кислых почв находятся в Северном, Северо-Западном, Центральном, Волго-Вятском и Дальневосточном экономических районах страны.

Кислотность этих почв – генетическое свойство, связанное с условиями почвообразования на бескарбонатных почвообразующих породах. Устранение избыточной кислотности достигается известкованием. **Известкованием называется удобрение почвы кальцийсодержащими соединениями, способными оказывать нейтрализующее действие на почвенную кислотность.** Мелиоративное известкование является не только важным средством устранения кислотности почв, но и одновременно дополнительным источником обеспечения растений кальцием.

Основная масса кальциевых удобрений, используемых для мелиоративного известкования кислых почв, представлена карбонатом кальция, который практически нерастворим в чистой воде. Растворимость CaCO_3 в воде, содержащей угольную кислоту, значительно повышается. Под влиянием угольной кислоты, находящейся в почвенном растворе, карбонат кальция постепенно превращается в растворимый гидрокарбонат кальция.

По способу получения кальциевые удобрения разделяют на три группы:

-
1. Промышленные (известняковая мука, гашеная известь).
 2. Местные (известковый туф, доломитовая мука, гаж, мергель, мел, известковые торфы).
 3. Отходы промышленности, содержащие кальций (металлургические шлаки: электроплавильные, доменные, мартеновские; дефека́т; цементная пыль; зола; отходы асбестовой промышленности: серпентиниты; отходы сернорудной промышленности; отходы свеклосахарного производства: дефека́т).

По химическому составу известковые удобрения разделяют на пять групп:

1. Необожженные известняки, содержащие кальций в форме CaCO_3 (мел, молотый известняк, мергель, доломит).
2. Жжёная или негашеная известь состоит в основном из CaCO_3 и гидроксида кальция (действующее вещество составляет 60–75 %).
3. Гашеная известь содержит в качестве нейтрализующей составной части гидроксид кальция.
4. Основные шлаки – отходы металлургической промышленности, которые содержат преимущественно силикаты кальция (доменный шлак, мартеновские шлаки).
5. Простые и комплексные кальциевые удобрения (кальбит С, кальциевая селитра, натриевая селитра, метафосфат кальция, суперфосфат, цианамид-кальция, известково-аммиачная селитра).

По содержанию магния различают кальциевые удобрения: не содержащие магния или бедные магнием, и магниесодержащие.

Контрольные вопросы

1. Назовите из чего, в основном, состоят кальциевые удобрения.
2. На какие группы по способу получения делятся кальциевые удобрения?
3. Как по химическому составу разделяют известковые удобрения?

ТЕМА 8. МАГНИЕВЫЕ УДОБРЕНИЯ

Цель: изучить виды магниевых удобрений, их химические и физические свойства, особенности применения.

Теоретические сведения. Проблема удовлетворения потребности растений в магнии с каждым годом приобретает все большую актуальность. Это связано с вымыванием его из пахотного слоя почв просачивающимися осадками и отчуждением с урожаем сельскохозяйственных культур.

Потребность растений в магнии зависит от вида культуры и уровня урожая. Много выносят данного элемента (в пересчёте на MgO) из почвы сахарная и кормовая свекла (60–70 кг/га), картофель, (40–60 кг/га), мало – зерновые культуры (10–14 кг/га) и злаковые травы (10–12 кг/га). Промежуточное место по выносу магния занимают люпин (20–40 кг/га), а также бобовые травы (33–49 кг/га).

Растения нуждаются в магнии в течение всей своей жизни. Наиболее чувствительны к его недостатку они в начале развития и в период плодоношения, поэтому магниевые удобрения следует вносить перед посевом. Меньшее влияние на урожайность сельскохозяйственных культур оказывают магниевые удобрения, внесенные при появлении у растений признаков магниевого голодания. На нуждающихся в магнии почвах его положительное действие на продуктивность культурных растений наблюдается как на низком, так и на высоком агротехническом фоне. *Средний прирост урожайности от внесения магниевых удобрений составляет 20–25 %.*

Природные запасы пород и солей, содержащих магний, в России огромны. Для непосредственного применения и переработки на удобрения используют: 1) силикаты магния – дунит, серпентинит, оливинит; 2) карбонатные породы – доломит, магнезит; 3) сырые природные соли – каинит, карналлит, лангбейнит, полигалит, кизерит.

В ассортименте магниевых удобрений наиболее широко представлены известково-магниевые и калийно-магниевые удобрения. По степени растворимости они подразделяются на три группы:

1. Растворимые в воде – сырые соли и продукты их переработки: эпсомит (сульфат магния), каинит, карналлит.

2. Растворимые в лимонной кислоте: магниевый плавленый фосфат. Питательные элементы из этого удобрения хорошо усваиваются растениями.

3. Нерастворимые в воде: доломитовая мука, магнезит, вермикулит, серпентинит. Это тонко размолотые природные материалы или породы. Их используют для известкования кислых почв, так как при взаимодействии с кислым почвенным раствором из них высвобождается магний.

Магниевого удобрения могут быть простыми и сложными. Сложные удобрения содержат два и более элементов питания: азотно-магниевые, фосфорно-магниевые, калийно-магниевые, бор-магниевые, известково-магниевые. Производится удобрение, содержащее три элемента питания – магний-аммоний-фосфат.

8.1 Простые магниевые удобрения

Эпсомит (горькая соль) – минерал класса сульфатов, или $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$. Обычны примеси железа, марганца, цинка и никеля. По происхождению – осадочный продукт выветривания. Эпсомит, применяемый в качестве удобрения, представляет собой белый кристаллический, хорошо растворимый в воде порошок. Удобрение не слеживается, хорошо высеивается. Содержит не более 8 % хлорида натрия, не менее 84 % собственно эпсомита и 13,7 % MgO .

Значительная часть магния эпсомита при внесении в почву из почвенного раствора переходит в обменное состояние. На песчаных почвах магний, содержащийся в эпсомите, может вымываться в грунтовые воды, поэтому его лучше вносить весной, перед посевом.

В настоящее время химическая промышленность в качестве магниевого удобрения выпускает чистую соль сульфата магния. В его состав входит 17 % магния и 13,5 % серы. Применяют сульфат магния совместно с азотными и фосфорными удобрениями при подготовке почвы. В течение вегетации проводят прикорневые и некорневые подкормки раствором сульфата магния.

Кизерит или $\text{MgSO}_4 \times \text{H}_2\text{O}$ содержит 25–30 % магния. Характеризуется такими же свойствами, как эпсомит. Рекомендуются для применения в интенсивном земледелии в условиях дефицита магния на слабокислых и нейтральных почвах. Кизерит также можно использовать на интенсивных лугах, в тепличных хозяйствах и в овощеводстве открытого грунта.

Удобрение имеет большое значение в устранении определяемого визуально острого недостатка магния путём проведения некорневой подкормки вегетирующих растений. В почве большая часть магния из этого удобрения переходит в обменное состояние.

Дунит или MgSiO_3 , FeSiO_3 – содержит 41–47 % MgO , 35–39 % SiO_2 и 3–8 % FeO . В воде почти не растворяется, но разлагается под действием органических кислот. С почвенно-поглощающим комплексом дунит взаимодействует медленнее, чем известь. При внесении в кислую почву, он разлагается с выделением магния, что способствует уменьшению кислотности почвы и обогащению её кремнием. На кислых почвах дунит вносят в количестве 500–1 000 кг/га под зяблевую вспашку. Предварительное смешивание дунита с кислым торфом увеличивает его растворимость в почве. Целесообразно вносить под картофель, лён, люпин.

Серпентинит (магниевый змеевик) или $\text{Mg}_3\text{H}_4\text{Si}_2\text{O}_9$ содержит 32–43 % MgO . *Труднорастворимое соединение. Применяют в тонкоизмельчённом виде на кислых почвах. По сравнению с удобрениями, содержащими более подвижные формы магния, серпентинит необходимо вносить в повышенных нормах. В связи с этим, несмотря на высокое содержание магния, это удобрение можно рассматривать как местное.*

Доломитовая мука или $\text{CaCO}_3 \times \text{MgCO}_3$ – продукт размола доломита. Содержит около 20 % MgO и 28 % CaO .

Доломитовая мука класса А должна иметь остаток на сите с размером сторон ячеек в свету 0,25 мм не более 32 %, класса Б – не более 60 %. Содержание суммы углекислых солей кальция и магния должна составлять не менее 65 %. Объёмная масса – 1,5 г/см³. *Применяют удобрение для известкования кислых почв в количестве 1,5–3 т/га. Одновременно почва обогащается магнием в количестве, достаточном для питания растений в течение одной – двух ротаций севооборота. Доломитовую муку перевозят навалом всеми видами транспорта.*

Магнезит или MgCO_3 представляет карбонатную породу, состоящую из минерала магнезита с различными примесями, чаще всего в виде кварца и талька. В зависимости от примесей магнезит может иметь самый различный цвет – от белого до чёрного. *Применяется как магниевое удобрение на кислых почвах. Норма внесения составляет от 60 до 120 кг/га действующего вещества.*

Полуобожженный доломит или $\text{CaCO}_3 \times \text{MgO}$ – продукт обжига доломита. Содержит около 27 % MgO , 2 % CaO и 57 % CaCO_3 . *Магний этого удобрения хорошо доступен растениям. Его используют для известкования кислых почв.*

Обожженный доломит – отход металлургического производства. Кальций и магний в обожженном доломите находятся в виде окисей, гид-

роокисей и карбонатов. Благодаря хорошей растворимости в воде он может применяться как поверхностное удобрение под травы. Обожженный доломит нельзя смешивать с аммонийными удобрениями, так как при их взаимодействии улетучивается аммиак.

Оксид магния (жженая магнезия) или MgO получают при обжиге высокосортного магнезита. Из магнезита-сырца получают оксид магния (магнезит каустический) трёх классов с содержанием окиси магния соответственно не менее 87, 83 и 75 %. Упаковывают его в водостойкие мешки, которые помещают в мешки из прорезиненной ткани или другого водонепроницаемого материала. Перевозят навалом в крытых железнодорожных вагонах и хранят в сухом помещении. Все разновидности окиси магния можно использовать в качестве магниевых удобрений. Оксид магния растворяется в воде и уменьшает кислотность почвы, но для известкования почв не рекомендуется, так как большое количество магния на песчаных почвах может вызвать кальциевое голодание.

8.2 Сложные магниевые удобрения

Азотно-магниевые удобрения включают:

1. Аммошени́т (сульфат магния-аммония или азотомagneзия) или $(NH_4)_2SO_4 \times MgSO_4 \times 6H_2O$ – двойная соль сульфата аммония и сульфата магния. Представляет собой кристаллический продукт от светло-коричневого до серого цвета. Содержит не менее 7 % N и 10 % MgO . Растворимость аммошени́та в воде небольшая (18 г/л). Магний удобрения хорошо усваивается растениями. Упаковывают аммошени́т в водонепроницаемые мешки с тремя бумажными слоями, пропитанными битумом.

2. Доломит-аммонийная селитра или $NH_4NO_3 \times CaCO_3 \times MgCO_3$ – механическая смесь доломитовой муки и аммонийной селитры в соотноше-

нии по весу (1:1), приготовляемая непосредственно в хозяйствах. Не подкисляет почву и содержит 17 % N, 10 %, MgO и 14 % CaO. Вносится в нормах, рекомендованных для азотных удобрений. За рубежом изготавливают сплав из этих двух удобрений в виде гранулированного продукта.

Фосфорно-магниевые удобрения представлены:

1. Магний-аммоний-фосфат (МАФ). Концентрированное удобрение, содержащее три элемента питания: 10,9 % N, 45,7 % P_2O_5 и 25,9 % MgO. Фосфор находится в лимоннорастворимой форме, поэтому хорошо доступен растениям, но вносить его нужно в виде порошка. Азот в этом удобрении находится в нерастворимой в воде форме, соответственно вносить его следует заблаговременно как основное удобрение, в том числе на орошаемых почвах и в условиях избыточно влажного климата. При норме 45–60 кг/га по фосфору вполне удовлетворяются потребности растений и в магнии.

2. Плавленый магниевый фосфат (ПМФ) или $Ca_3(PO_4)_2 \times MgSO_4 \times SiO_2$. Побочный продукт металлургии, который содержит в усвояемой форме 19–21 % P_2O_5 и 8–14 % MgO. Высокоэффективное удобрение при основном внесении на всех типах почв.

3. Димагнийфосфат или $MgNH_4PO_4 \times nH_2O$. Удобрение содержит 10,9 % азота, 45,7 % фосфора и 25,9 % магния.

4. Дунитовый суперфосфат или $Ca(H_2PO_4)_2 \times MgHPO_4$ содержит 16 % фосфора, 24 % кальция и 4 % магния.

В состав калийно-магниевых удобрений входят:

1. Каинит или $KCl \times MgSO_4 \times 3H_2O$ – минерал с большой примесью хлорида натрия (составляет 45–47 % от общей массы). В нём содержится 10–12 % K_2O , 22–25 % Na_2O ; 6–7 % MgO, 15–17 % S_2O_3 и 32–35 % хлора. Удобрение неконцентрированное, поэтому в настоящее время применяется в основном на лугах и пастбищах, где оно часто имеет преимущество перед хлористым калием, благодаря наличию магния.

2. Калимагнезия или $K_2SO_4 \times MgSO_4 \times 6H_2O$. Представляет собой полупродукт переработки каинита для получения сульфата калия. Содержит 8–10 % MgO и 28–30 % K_2O .

3. Вермикулит (гидрослюда) содержит 14–30 % MgO и до 5 % K_2O . Небольшая часть магния (1,3–1,7 % массы минерала) находится в обменном виде и доступна для растений, остальная часть разлагается под воздействием почвенной кислоты.

4. Калийно-магниевый концентрат получают из каинитолангбейнитовой руды методом флотации. В состав удобрения входит в основном минерал лангбейнит, а также в небольшом количестве полигалит, галит и гипс. В среднем он содержит 30–38 % сульфата калия, 39–40 % сульфата магния, 4–5 % хлорида калия и 8–10 % хлорида натрия. Калийно-магниевый концентрат выпускают двух сортов: в первом – содержится не менее 19 % K_2O и 9 % MgO , во втором – не менее 17,5 % K_2O и 8 % MgO , с влажностью не более 5 %. Количество хлора не нормируется, но в удобрении первого сорта его содержится не более 8 %.

5. Полигалит или $K_2SO_4 \times MgSO_4 \times 2CaSO_4 \times 2H_2O$. Содержит 8–12 % MgO и до 11 % K_2O . В воде растворяется медленно, но и калий, и магний этого удобрения хорошо доступны растениям.

6. Хлоркалий-электролит (хлорид калия, хлорид магния и хлорид натрия) содержит 40 % калия и 1 % магния.

7. Карналлит $[KCl, MgCl_2 \times 3H_2O + NaCl]$ содержит 16 % калия и 14 % магния. Является одним из главнейших минералов в калийных соляных месторождениях.

Важным источником пополнения содержания обменных форм почвенного магния, а, следовательно, улучшения питания растений этим элементом являются органические удобрения. Систематическое их внесение заметно увеличивает накопление поглощённого магния в почве, что приводит к росту уро-

жаев сельскохозяйственных культур севооборота, особенно на дерново-подзолистых, песчаных и супесчаных почвах. Применение навоза снижает эффективность минеральных форм магниевых удобрений, что подтверждает важную его роль как источника магниевого питания растений. Однако применение одних лишь органических удобрений, даже в достаточно высоких нормах, не позволяет продолжительное время поддерживать содержание магния в почве на необходимом уровне.

С полужидким навозом крупного рогатого скота в количестве 40 м³/га, или птичьим пометом – 20 м³/га, или с подстилочным навозом – 30 т/га в почву вносится 40 кг/га магния. Средние же годовые нормы внесения магния на почвах легкого гранулометрического состава с учетом их низкой обеспеченности этим элементом и необходимости увеличения запасов в почве должны превышать потери магния на 100–110 кг. На супесчаных почвах в условиях дефицита магния максимальные урожаи могут быть получены при совместном применении органических удобрений и минеральных форм магния.

Контрольные вопросы

1. Какие породы и соли, содержащие магний, используют для применения и переработки на удобрения?
2. На какие группы по растворимости подразделяются магниевые удобрения?
3. Назовите простые магниевые удобрения.
4. Дайте характеристику эпсомита: химический состав, поведение в почве и использование под сельскохозяйственные культуры.
5. Назовите сложные магниевые удобрения.
6. Как подразделяются сложные магниевые удобрения?
7. Что является важным источником пополнения содержания обменных форм почвенного магния?

ТЕМА 9. СЕРНЫЕ УДОБРЕНИЯ

Цель: изучить виды серных удобрений, их химические и физические свойства, особенности применения.

Теоретические сведения. Сера по своему физиолого-биохимическому значению в жизнедеятельности растений находится в одном ряду с азотом, фосфором и калием. Тем не менее, при разработке системы удобрений до последнего времени вопросам питания растений серой не придавали особого значения, так как в составе применяемых удобрений содержалось большое её количество как сопутствующего элемента. Практически до 70-х гг. XX столетия общий баланс серы в земледелии Российской Федерации был положительным. В последние годы в отдельных регионах страны в результате освоения интенсивных систем земледелия наблюдается проявление серной недостаточности.

Дефицит серы в почве возник в связи с увеличившимся её выносом возросшими урожаями, а также вследствие сокращения поступления элемента в составе неконцентрированных удобрений. Недостаток серы в почвах вызван также уменьшением её поступления в атмосферу, за счёт сокращения использования богатого серой каменного угля. Определённая роль также принадлежит мероприятиям по охране окружающей среды, в частности очистке дымовых газов на промышленных предприятиях и тепловых электростанциях. Значительно сократилось использование серы как средства борьбы с вредителями и болезнями растений.

В нашей стране специальные серные удобрения не производятся. Однако серу содержат многие минеральные макро-, мезо- и микроудобрения, органические удобрения, химические мелиоранты почв и отходы промышленности. Из минеральных удобрений можно выделить сульфат аммония, калия, магния,

натрия, марганца, железа, цинка, меди; из органических – навоз и компосты, а также доломит, гипс, фосфогипс, сланцевую золу.

Виды серных удобрений. В качестве серных удобрений в земледелии используют гипс, фосфогипс, а также элементарную серу. Их эффективность зависит от обеспеченности растений азотом: чем она выше, тем в большей степени растения отзываются на применение серных удобрений. Гипс и элементарная сера сильнее влияют на продуктивность культурных пастбищ при увеличении содержания азота в составе полного удобрения.

Элементарная сера (S) как удобрение в стране применяется мало. Она становится доступной растениям после перевода ее микроорганизмами в сульфатную форму. Скорость этого процесса зависит от тонины помола удобрения и почвенно-климатических условий. Элементарная сера слабее выщелачивается из пахотного слоя почвы и отличается более длительным последствием по сравнению с гипсом и другими удобрениями, содержащими сульфаты.

Фосфогипс выпускается как побочный продукт при производстве двойного суперфосфата. Может служить серным удобрением местного значения. Его химический состав зависит от фосфатного сырья и в среднем включает 42,3–51,6% SO_3 , 31,5–37,2 % CaO , 0,5–3,5 % общего P_2O_5 , 0,2–3,0 % водорастворимого P_2O_5 , 0,2–0,6 % Al_2O_3 ; 0,1–0,3 % Fe_2O_3 , 0,1–0,4 % фтора. Недостатком фосфогипса является высокая влажность (от 30 до 35 %), значительная примесь фтора и стронция. Поэтому, при его применении в качестве удобрения необходимо постоянно контролировать накопление этих элементов в почве, растениях и продукции, не допуская превышения предельно допустимой концентрации.

Гипс (сульфат кальция) в настоящее время применяется как мелиорирующее средство на засоленных почвах. Является серным удобрением, содержащим серу в сульфатной форме, а также кальциевым удобрением.

Гипс и фосфогипс рекомендуется вносить под клевер и озимые зерновые ранней весной (поверхностно) в норме 300 кг/га, а под яровые – то же количество под предпосевную культивацию. Норму гипса (фосфогипса) под картофель, корнеплоды, кукурузу, крестоцветные следует увеличить до 500–600 кг/га и вносить также под предпосевную культивацию или перепашку зяби.

Контрольные вопросы

1. Назовите минеральные удобрения, содержащие серу.
2. Назовите органические удобрения, содержащие серу.
3. Назовите химические мелиоранты и промышленные отходы, содержащие серу.
4. Что используют в качестве серных удобрений в земледелии?
5. Расскажите об использовании серных удобрений в земледелии.

РАЗДЕЛ III. МИКРОУДОБРЕНИЯ

ТЕМА 10. КЛАССИФИКАЦИЯ МИКРОУДОБРЕНИЙ

Цель: изучить различные виды микроудобрений, их химические и физические свойства, особенности применения.

Теоретические сведения. Интенсивная система земледелия с культивированием наиболее продуктивных сортов, внесением высококонцентрированных безбалластных азотно-фосфорно-калийных удобрений привела к снижению содержания доступных растениям форм микроэлементов в почвах и, как следствие, к необходимости широкого применения микроудобрений, то есть удобрений, действующим веществом которых являются микроэлементы.

В Российской Федерации и странах ближнего зарубежья во внесении борных удобрений нуждается до 59,5 % пахотных земель, кобальтовых – 90,8, марганцевых – 41,3, медных – 64,5, молибденовых – 75,3, цинковых – 83,0 %. Потребность этих государств в борных удобрениях в данный момент составляет 12 350 т, кобальтовых – 310, марганцевых – 11 550, медных – 8 740, молибденовых – 2 100, цинковых – 7 450 т в пересчёте на элемент. Эти расчёты произведены на основании агрохимических анализов почв и сложившегося на данном этапе уровня урожайности основных сельскохозяйственных культур. При дальнейшем повышении продуктивности культурных растений потребность в микроудобрениях будет возрастать.

Для увеличения производства качественной сельскохозяйственной продукции, наряду с основными удобрениями, важное значение имеют микроудобрения, содержащие микроэлементы. **Микроэлементы необходимы растениям в очень небольших количествах: их содержание составляет ты-**

сячные и десятитысячные доли процента массы растений. Однако каждый из них выполняет строго определённые функции в обмене веществ, питании растений и не может быть заменён другим элементом.

В настоящее время известно более 250 ферментов, в состав которых входят металлы кобальт, медь, молибден, цинк и др. При дефиците бора у растений отмирают точки роста побегов и корней, не прорастает пыльца. Железо, марганец, медь, цинк входят также в состав ферментов и красящих веществ, придающих окраску цветам, ягодам и плодам. Таким образом, микроэлементы входят в состав отдельных ферментов или же активизируют их работу. Без микроэлемента фермент пассивен. Для растений микроэлементы необходимы в очень малых количествах, однако отклонение от оптимального их содержания приводит к необратимому нарушению обмена веществ в организме.

Способы внесения микроудобрений зависят от зоны, культуры и уровня обеспеченности почв микроэлементами. Используют в основном три способа применения микроудобрений: обработку посевного материала (семян, клубней, корнеплодов) растений микроудобрениями (опрыскивание или опыливание), некорневую подкормку вегетирующих растений раствором микроудобрений и внесение удобрений в почву.

При явном недостатке микроэлементов в почве микроудобрения вносят в качестве основного удобрения. На среднеобеспеченных микроэлементами почвах проводят опудривание (опрыскивание) семян или же некорневые подкормки вегетирующих растений. Наиболее рациональным способом применения микроудобрений являются некорневые подкормки овощных и плодовых культур. Подкормки микроудобрениями проводят, как правило, совместно с обработкой посевов средствами химической защиты растений.

10.1 Борные удобрения

Бор необходим растениям в течении всей жизни. Он не может реутилизоваться 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 используют вещества, содержащие в своём составе бор в виде борной кислоты.

Бормагниевое удобрение является отходом производства борной кислоты или H_3BO_3 . *Представляет порошок серого или тёмно-серого цвета с наличием частиц шлака; сухой, не гигроскопичен. Содержание бора достигает 2,2–2,3 %, MgO – 15–20 %. Можно использовать для внесения в почву, обработки семян и некорневой подкормки растений в период вегетации. Применяют под сахарную свеклу, кормовые корнеплоды, зерновые, бобовые, гречиху и лён. Вносят в почву в смеси с другими удобрениями в дозе 20 кг/га.*

Гранулированный боросуперфосфат представлен гранулами округлой формы, окрашенными красителем в синий цвет, с запахом ортофосфорной кислоты. *Содержание P_2O_5 составляет 18,5–19,3 %, бора – 0,2 %. Не гигроскопичен и не слеживается. В первую очередь, применяют под свеклу и лён, а также под кормовые корнеплоды, зернобобовые, гречиху, подсолнечник, огурец, овощи, плодово-ягодные. При основном внесении используют дозу 200–300 кг/га,*

в рядки при посеве – 100–150 кг/га. Под лён, огурец, овощи, плодово-ягодные вносят 150 кг/га, а под лён еще и в рядки – 50 кг/га.

Борная кислота или H_3BO_3 является солью белого цвета; мелкокристаллическая, высококонцентрированная, хорошо растворяется в теплой воде; содержит 17,1–17,3 % бора. Целесообразно использовать для обработки семян путем намачивания в слабых растворах (0,04 %) при 12-часовой экспозиции или смачивания из расчёта от 30 до 160 г бора на одну тонну семян. Является прекрасным удобрением для некорневых подкормок в виде 0,05–0,10-процентных растворов. Вносить в почву экономически невыгодно.

Техническая бура или $Na_2B_4O_7 \times 10H_2O$ представляет мелкокристаллическую соль светло-серого цвета, негигроскопична, не слеживается, хорошо растворима в воде, содержит 11 % бора, может использоваться для обработки семян, некорневых подкормок.

Эффективность борных удобрений зависит от содержания подвижного бора в почве, биологических особенностей культур.

Применение бора на почвах бедных этим микроэлементом приводит к улучшению качества продукции: увеличивается содержание белка в зернобобовых культурах (в отдельных случаях до 2 %), каротина – до 3–5 мг, витамина С – до 5–6 мг, снижается содержание свободных нитратов. При внесении с макроудобрениями применение экономически и энергетически выгодно даже при современных ценах на удобрения.

10.2 Медные удобрения

Физиологическая роль меди в значительной степени определяется её вхождением в состав медьсодержащих белков и ферментов. *Под действием меди увеличивается прочность хлорофилл-белкового комплекса, уменьшается разрушение хлорофилла в темноте. Недостаток меди вызывает задержку*

роста, хлороз, потерю тургора и увядание растений, задержку цветения и гибель урожая. Наиболее отзывчивы на медные удобрения пшеница, овёс, ячмень, травы, лён, корнеплоды, овощные и плодово-ягодные культуры. В перспективе потребность сельского хозяйства России в медных удобрениях целесообразно удовлетворять за счёт медного купороса и медно-калийных удобрений.

В качестве медных удобрений используются медный купорос, пиритные огарки, представляющие собой отходы сернокислотного и бумажно-целлюлозного производства, и карбамидно-аммиачная смесь, обогащённая медью. В качестве медных удобрений можно использовать также шлаки цинкоэлектролитных и медеплавильных заводов, содержащие 0,2–0,5 % меди, а также низкопроцентные окисленные медные руды с содержанием этого элемента около 0,9 %.

Сернокислая медь (медный купорос) или $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$ в своём составе содержит 25,4 % меди. По внешнему виду это кристаллическая голубовато-синего цвета соль, хорошо растворима в воде. Применяется для опудривания семян в дозе 50–100 г сульфата меди на 100 кг семян, для некорневых подкормок доза сульфата меди на один гектар посевов составляет 200–300 г.

Пиритные (колчедановые) огарки или $\text{CuSO}_4 \times \text{Cu}(\text{OH})_2 \times \text{CuS}_2$ – это отход химической промышленности, рассыпчатый аморфный порошок вишнёвого, тёмного цвета. В своем составе содержит медь в усвояемой для растений форме (от 0,3 до 0,7 %), небольшое количество примесей цинка, кобальта и молибдена. Применяют, в первую очередь, на осушённых болотах. Огарки вносят один раз в четыре – пять лет в дозе 500–600 кг/га, осенью под зяблевую вспашку или весной под предпосевную культивацию.

Медно-калийные удобрения представляют обогащённый сернокислой медью хлористый калий (56,8 % K_2O и 1,0 % меди). Это мелкокри-

сталлический порошок, предназначенный для внесения в почву под культивацию под зерновые, кормовые и овощные культуры на дерново-глееватых и торфоболотных почвах.

Эффективность меди. Эффективность применяемых медных удобрений в значительной степени зависит от содержания доступной меди в почвах и особенностей растений. Особенно бедны медью вновь освоенные низинные торфяники и заболоченные почвы с нейтральной или щелочной реакцией, а также дерново-глеевые почвы. Применение медных удобрений на этих почвах – неперемное условие получения высоких урожаев. Зерновые культуры на торфяниках без медных удобрений дают ничтожные урожаи зерна (0,2–0,3 т/га), а при их внесении урожайность повышается до 2,5 т/га. Хорошо отзываются на медь лён, конопля, сахарная свекла, подсолнечник, горчица, горох, тимopheвка. Менее отзывчивы – кормовая и столовая свекла, турнепс, морковь. Медные удобрения положительно влияют и на качество продукции: увеличивается содержание белка в зерне, сахара в корнеплодах, витамина С в плодах и овощах. Наиболее устойчивы к недостатку меди картофель, капуста и рожь.

На дерново-подзолистых и серых лесных почвах при внесении меди прибавки урожая на зерновых достигают 26 ц/га, на черноземах и каштановых – 1,5–3,0 ц/га. Внесение меди на картофеле и сахарной свекле увеличивает урожайность на 8–12 %, многолетних бобовых и злаковых трав – на 10–22 %.

10.3 Марганцевые удобрения

Основная часть марганца сосредоточена в листьях и хлоропластах. 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 исключении марганца из питательной среды накапливаются неорганические соединения основных макроэлементов, нарушается баланс основных макроэлементов в тканях растений. 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, слабо выщелоченных черноземах, солонцеватых и каштановых почвах под овёс, пшеницу, кормовые корнеплоды, картофель, сахарную свеклу, кукурузу, люцерну, подсолнечник, плодово-ягодные и овощные культуры.

В качестве марганцевых удобрений используют сернокислый марганец и различные отходы промышленности.

Сернокислый марганец или MnSO_4 . Содержание марганца составляет от 21 до 32 %. Применяют в основном для некорневых подкормок и предпосевной обработки семян. Один из способов применения сернокислого марганца заключается в **опудривании семян**: 50–100 г удобрения смешивают с 300–400 г талька, и этой смесью обрабатывают 100 кг семян. Для некорневых подкормок расходуют 200 г сернокислого марганца на один гектар; для плодовых и ягодных культур – 600–1 000 г/га. Из-за дороговизны сернокислого марганца его, в основном, используют для нужд тепличных хозяйств.

Марганизированный суперфосфат $(\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \times \text{H}_2\text{O} + \text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O} + \text{Mn})$ представляет обычный простой гранулированный суперфосфат с добавлением марганцевого концентрата. Имеет серовато-синеватый цвет. Содержит 20 % P_2O_5 и 1–2 % марганца. *Лучше всего применять при посеве в рядки или посадке в гнездо. При внесении в почву доза марганца в расчете на элемент составляет 2,5 кг/га.*

Марганезированная нитрофоска является гранулированным удобрением светло-розового цвета с содержанием марганца 0,9 %. Можно применять при посеве и в основное.

Марганцевые шламы – рассыпчатый порошок серого цвета, легко-растворимый, с содержанием марганца от 0,8 до 1,1 %.

Порошки, содержащие марганец в объёме от 18 до 22 %. Применяются также, как и сернокислый марганец.

Марганцевые удобрения применяют, главным образом, под сахарную свеклу, кукурузу, картофель, овощные, плодовые и ягодные культуры, что способствует значительному повышению урожайности. Так, применение марганцевых удобрений на черноземах позволяет получать прибавку урожайности сахарной свеклы 1,4–2,5 т/га, при одновременном увеличении сахаристости корнеплодов на 0,11–0,33 %. Увеличение урожайности озимой пшеницы достигает 0,32–0,47 т/га, капусты, картофеля, томатов и огурца – 3–5 т/га.

10.4 Молибденовые удобрения

Ключевой биохимической функцией молибдена в растениях является его участие в азотном обмене. В растениях молибден входит в состав фермента нитратредуктазы и оказывает влияние на процессы восстановления нитратов до аммиака, который идёт на образование аминокислот и белков, участвует в биохимических процессах, связанных с фиксацией клубеньковыми и свободноживущими микроорганизмами атмосферного азота. При недостатке молибдена в растениях накапливается большое количество свободных нитратов, вредных для организма животных и человека.

Молибден входит в состав фермента нитрогеназы, благодаря которой идёт связывание азота из атмосферы. Он входит в состав бактериальной ткани

клубеньковых бактерий, азотобактера, фиксирующих молекулярный азот атмосферы. В клубеньках бобовых культур усиливается активность дегидрогеназ – ферментов, обеспечивающих приток водорода, который способствует связыванию азота атмосферы.

Молибден участвует в ряде физиологических процессов у растений – биосинтезе нуклеиновых кислот, фотосинтезе, дыхании, синтезе пигментов, 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. Однако, промышленность в основном в качестве молибденовых удобрений поставляет молибденовокислый аммоний.

Молибденовокислый аммоний или $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \times 4\text{H}_2\text{O}$ – белое мелкокристаллическое вещество (кристаллы на солнце блестят). Является хорошо растворимым в подогретой до температуры 50–60 °С воде, сильно сыпуч. Содержание молибдена составляет 52–54 %. Применяется для смачивания семян и некорневых подкормок.

Молибдат аммония-натрия или $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4 \times \text{Na}_2\text{MoO}_4$ – беловато-желтоватого цвета аморфный порошок с наличием мелких кристаллов соды, при растворении в воде даёт эмульсию, напоминающую молоко. Содержание молибдена достигает 36 %. Применяется для смачивания семян и некорневых подкормок.

Простой гранулированный суперфосфат с молибденом. По внешнему виду не отличается от обычного суперфосфата. В своём составе содержит

18,7–19,0 % P_2O_5 и 0,1 % молибдена в водорастворимой форме. Используют как рядковое удобрение при посеве зернобобовых культур из расчета 15–20 кг P_2O_5 на один гектар.

Суперфосфат двойной гранулированный с молибденом. Гранулы серого цвета 2–3 мм округлой формы. В воде полностью не растворим. Содержит 43 % P_2O_5 и 0,2 % молибдена. Используется при внесении в рядки при посеве зернобобовых культур из расчета 15–20 кг P_2O_5 на один гектар.

Отходы электроламповой промышленности представляют порошок светло-серого цвета с содержанием молибдена от 5 до 8 %. Не гигроскопичны, растворимы в воде. Можно использовать для внесения в почву, в подкормки растений. Молибденовые отходы пригодны для производства молибденизированного суперфосфата и нитрофоски.

Эффективность молибдена зависит от биологических особенностей растений, содержания подвижного молибдена в почве, доз и способов применения. Наиболее эффективно применение молибдена под зернобобовые и овощные культуры, многолетние и однолетние бобовые травы, на лугах и пастбищах с бобовым компонентом в травостое на кислых дерново-подзолистых, серых лесных почвах. Подвижных форм молибдена в кислых почвах очень мало, так как при кислой реакции он находится в недоступной для растений форме. При известковании кислых почв увеличивается подвижность молибдена в почве и его доступность для растений, уменьшается или полностью устраняется потребность в молибденовых удобрениях.

Если в почве содержание молибдена больше 0,5 мг/кг почвы, дополнительное внесение молибдена нецелесообразно и может оказать вредное действие на организм животных через растение.

10.5 Цинковые удобрения

Цинк играет важную роль в жизни сельскохозяйственных растений. Цинк способствует образованию витаминов С (аскорбиновая кислота) и РР (никотиновая кислота), тимины, ростовых веществ. При резкой смене температур цинк повышает жароустойчивость 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 сильно-оподзоленных лёгких почвах, так и на карбонатных, бедных цинком, и на высоко гумусированных почвах. 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.

В качестве цинковых удобрений используют сернокислый цинк и различные отходы промышленности.

Сернокислый цинк. Выпускается двух видов: безводный (ZnSO_4) с содержанием элемента 45,5 % и водный ($\text{ZnSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$) с содержанием цинка около 24–25 %. По внешнему виду белая кристаллическая соль, хорошо растворима в воде. Используется для внекорневой подкормки и смачивания семян.

Цинкосодержащие молотые шлаки медеплавильных заводов содержат 2–7 % цинка и небольшие количества других микроэлементов. Применяются при внесении в почву в дозах 0,5–1,5 ц/га. При тонком размоле могут

быть использованы для предпосевного опудривания семян в дозах 200–400 г на один центнер семян.

Цинковые полимикроудобрения (ПМУ) – это отходы химических заводов цинко-белильного производства. ПМУ выпускаются различных видов. Наибольшее распространение получило ПМУ-7, выпускаемое Ростовским химическим заводом. В состав удобрения входит 19,6–25,0 % ZnO, 13,0 % CuO, 0,4 % MnO, 0,01 % бора, следы молибдена и других микроэлементов. Пермский лакокрасочный завод также освоил выпуск ПМУ-7 с содержанием цинка 12 %, небольшим количеством меди и марганца. Внешне такие удобрения представляют тонкоизмельчённый порошок тёмно-серого цвета с частицами шлака, негигроскопичный. Порошок не слеживается, цинк содержится в усвояемой форме.

Цинковые удобрения наиболее эффективны на песчаных и супесчаных почвах, карбонатных черноземах, каштановых почвах, сероземах, а также на почвах, богатых фосфором, содержащих большое количество медленно разлагающегося органического вещества, при возделывании зерновых, овощных, плодовых и ягодных культур.

Предпосевная обработка семян цинковыми удобрениями повышает урожайность яровых зерновых на 1,8–2,4 ц/га, кукурузы при возделывании на зелёную массу – на 38 ц/га, на зерно – на 6,8 ц/га. В овощных культурах цинк повышает содержание сухого вещества и сахаров.

10.6 Кобальтовые удобрения

В жизни растений кобальт, прежде всего, оказывает влияние на растяжимость тканей клеток в первоначальные фазы развития. Кобальт входит в состав витамина B₁₂. Его активность при достаточном количестве ко-

бальта в сто тысяч раз выше, чем неорганического. Это имеет огромное значение для животных и человека. Витамин В₁₂, получаемый с кормами и продуктами питания, из желудочно-кишечного тракта животных и человека всасывается в кровь и участвует в процессах кроветворения. Содержание кобальта в витамине В₁₂ составляет 4,5 %.

Кобальт активизирует работу фосфатаз, альдолазы, органазы, глицил-глициндепоптидазы, ферментов белкового обмена – лецитиназы и аминопептидазы.

В значительных количествах кобальт накапливается в пыльце растений, ускоряет её прорастание. В кобальте особенно нуждаются бобовые культуры, где он усиливает деятельность клубеньковых бактерий. Из злаковых растений кобальт требуется ячменю.

В качестве кобальтовых удобрений используют химически чистые соли: серноокислый, азотноокислый и хлористый кобальт, а также промышленные отходы.

Серноокислый кобальт или $\text{CoSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$. В своем составе содержит **20–21 % кобальта.** По внешнему виду представляет кристаллы бруснично-розового цвета, сильно гигроскопичен.

Хлористый кобальт или $\text{CoCl}_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$. Это красное кристаллическое вещество, сильно гигроскопичное, хорошо растворимо в воде при температуре 20 °С. Содержание кобальта достигает **21,2–24,8 %.**

Азотноокислый кобальт или $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \times 5\text{H}_2\text{O}$ – крупнокристаллическое вещество красного цвета. При внесении в почву приобретает фиолетовый цвет, хорошо растворимо в воде, сильно гигроскопичное. **Содержание кобальта – 20,3 %.**

Сульфат, хлорид и нитрит кобальта хорошо растворимы в воде. Эти удобрения необходимо применять для обработки семян и некорневых подкормок, при внесении в почву в составе комплексных и местных удобрений.

На применение кобальтовых удобрений отзывчивы пшеница, ячмень, лён, озимая рожь, свекла, капуста и виноград. На дерново-подзолистых почвах внесение кобальтовых удобрений способно повышать урожайность семян льна на 0,7–1,5 ц/га. Прибавка урожайности зерна ячменя от предпосевного смачивания и опудривания семян сернокислым кобальтом составляет 1,6–3,8 ц/га; сена клевера – 10,7–21,9 ц/га. Кобальт оказывает положительное влияние на качество культур. Применение кобальта на яровой пшенице обеспечивает рост содержания белка и сырого протеина и снижение количества клетчатки.

Применение кобальтовых удобрений на виноградниках увеличивает массу ягод в среднем на 35 %, сахаристость – на 14 %, и снижает кислотность на 10 %. Отмечено положительное влияние кобальта на капусте.

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 IV. КОМПЛЕКСНЫЕ УДОБРЕНИЯ

ТЕМА 11. КЛАССИФИКАЦИЯ КОМПЛЕКСНЫХ УДОБРЕНИЙ

Цель работы: изучить классификацию комплексных удобрений, их химические и физические свойства, особенности применения.

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 ($P + K$, $N + P$, $N + K$) и тройные ($N + P + K$) комплексные удобрения.

По способу производства эти удобрения подразделяются на сложные, сложно-смешанные (комбинированные) и смешанные, а по агрегатному состоянию – на твёрдые и жидкие. Чем больше питательных веществ в удобрении, тем оно ценнее. Высокая концентрация действующих веществ и одновременное содержание нескольких элементов питания – значимое 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: $N:P_2O_5:K_2O$, например, 1:1,5:0,5 (при этом азот принимается за единицу). Иногда удобрение характеризуют отношением элементов, например 12:18:6 или 12–18–6. Сумма чисел даёт общее содержание (N , P , K) действующих веществ в удобрении.

Наиболее распространёнными являются трехкомпонентные и двухкомпонентные удобрения. Однако соотношение между отдельными компонентами в составе комплексных удобрений не всегда соответствует потребностям куль-

тур при выращивании на почвах с различной обеспеченностью этими элементами. В таких случаях необходимо дополнять применение комплексных удобрений внесением односторонних удобрений или приготавливать соответствующие тукосмеси.

Преимущества комплексных удобрений по сравнению с простыми заключаются в следующем:

- 1) являются более концентрированными;
- 2) обеспечивают растения несколькими элементами питания в нужном соотношении;
- 3) существенно сокращаются затраты на транспортировку, хранение и внесение удобрений;
- 4) за счёт одноразового внесения уменьшается отрицательное действие техники на агрофизические свойства почвы;
- 5) отсутствие или более низкое содержание балластных элементов (хлор, сера, натрий и т. д.) создаёт меньшую концентрацию почвенного раствора;
- 6) более равномерное распределение элементов питания в почве;
- 7) лучшая позиционная доступность элементов питания для растений.

11.1 Сложные удобрения

Теоретические сведения. Сложные удобрения – это такие удобрения, в которых питательные вещества находятся в одной молекуле этих удобрений [KNO_3 , $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ и др.]. Эти удобрения получают в едином технологическом процессе при химическом взаимодействии исходных компонентов. В качестве компонентов используют аммиак и ортофосфорную кислоту, азотную кислоту, серную кислоту, аммиак, фосфорит или апатит и калийные соли. Они содержат два или три питательных элемента в составе одного химического соединения.

Аммофос (моноаммонийфосфат, однозамещённый фосфат аммония) или $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ и диаммофос (диаммонийфосфат, двузамещённый фосфат аммония) или $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ получают нейтрализацией ортофосфорной кислоты аммиаком. Удобрения мало гигроскопичны, хорошо растворимы в воде.

В аммофосе содержится 9–11 % N и от 42 до 50 % P_2O_5 , то есть соотношение N: P_2O_5 в удобрении чрезмерно широкое (азота в 4 раза меньше, чем фосфора). Его доля в общем выпуске фосфорсодержащих удобрений в России в последние годы составляет более 40 %. В диаммофосе может содержаться 19–21 % N и 49–53 % P_2O_5 , при соотношении N: P_2O_5 в 1:2,5. Таким образом, содержание фосфора несколько ниже, а азота – выше. Это физиологически нейтральное удобрение.

Диаммофос в сельскохозяйственном производстве страны используется очень мало, в основном производится на экспорт. Аммонийный азот этих удобрений при внесении в почву переходит в поглощённое состояние, не вымывается, но при благоприятных условиях подвергается процессу нитрификации, образуя азотную кислоту и её растворимые в воде соли селитры (нитраты калия, кальция и магния). Это высококонцентрированные удобрения, содержащие азот и фосфор в хорошо усвояемой растениями, преимущественно водорастворимой форме.

Аммофос и диаммофос используют в качестве основного удобрения, в рядки при посеве под все культуры и в подкормку для внутрипочвенного внесения под пропашные, технические и овощные культуры. Благодаря хорошим физическим свойствам и высокой концентрации питательных веществ, они служат хорошим компонентом для тукосмесей.

В небольшом количестве начат выпуск нового азот-фосфорного удобрения – аммофосфат. Его получают с меньшим расходом серной кислоты и энергоресурсов. Аммофосфат выпускают двух марок. Марка А содержит 46 %

P_2O_5 и 7 % N, марка Б – 39 % P_2O_5 и 5 % N. Фосфор примерно на 60–70 % от общего, водорастворим. Аммофосфат выпускают в гранулах тёмно-серого цвета, прочных и выровненных, 3–4 мм в диаметре. Он практически не слеживается.

Фосфоаммомагнезия ($MgNH_4PO_4 \times H_2O$) (магний-аммоний-фосфат) представляет слаборастворимое, сложное удобрение, содержащее 10,9 % азота, 45,7 % фосфора и 25,9 % магния. Нитрификация аммония этого удобрения в почвенных условиях идёт также 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 удобрения входит макроэлемент магний. Кроме этого, в состав соли могут быть введены и другие микроэлементы: железо, марганец, медь, цинк. Кроме азотно-фосфорного, это и соответствующее микроудобрение, применение которого имеет важное значение для использования в теплицах (гидропоника).

Калийная селитра или 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 аммония (МФА) или NH_4PO_3 , содержит 17 % азота и 80 % фосфора.

Метафосфат калия (МФК) или KPO_3 , содержит 60 % фосфора и 40 % калия. МФА и МФК также имеют два основных элемента питания в составе одного химического соединения. *Удобрения не растворимы в воде. Поэтому элементы питания не выщелачиваются из почвы, но, благодаря гидролизу, постепенно переходят в доступное для растений состояние.* Смеси, приготовленные на метафосфатах аммония и калия, имеют удовлетворительные физические свойства. Удобрения целесообразно применять под культуры, отрицательно реагирующие на хлор.

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 полифосфорных кислот получают тройной суперфосфат (55 % P_2O_5). При аммонизации (насыщении аммиаком) полифосфорных кислот под давлением получают полифосфаты аммония (табл. 2).

Таблица 2 – Характеристика некоторых полифосфатов аммония (В. И. Кобзаренко, 2002)

Удобрение	Формула	N, %	P_2O_5 , %	N: P_2O_5	N + P_2O_5 , %
Диаммоний пирогосфат	$(\text{NH}_4)_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$	13,0	66,9	1:5	79,9
Триаммоний пирогосфат	$(\text{NH}_4)_3\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$	18,3	62,0	1:3,4	80,3
Тетрааммоний пирогосфат	$(\text{NH}_4)_4\text{P}_2\text{O}_7$	22,7	57,7	1:2,5	80,4
Пентааммоний триполифосфат дигидрат	$(\text{NH}_4)_3\text{P}_3\text{O}_{10} + 2\text{H}_2\text{O}$	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.

Полифосфаты аммония обладают высокими физическими свойствами, их можно применять под все культуры. Полифосфат аммония – хороший компонент для тукосмесей и приготовления жидких комплексных удобрений.

На основе суперфосфорной кислоты можно производить и другие сложные твёрдые удобрения, например, полифосфат калия (ПФК) с содержанием 57 % P_2O_5 и 37 % K_2O , а также жидкие высококонцентрированные комплексные удобрения. Полифосфат калия хорошо использовать как самостоятельное фосфорно-калийное удобрение, а также для производства высококонцентрированных смешанных удобрений. Удобрение содержит менее 3 % хлора, поэтому может быть использовано под овощные культуры в защищенном грунте.

Метафосфаты и полифосфаты выпускаются в небольших количествах, производство их практически не налажено.

Фосфаты калия представляют собой безбалластные высококонцентрированные сложные удобрения, и состоят практически из элементов питания (табл. 3).

Таблица 3 – Фосфаты калия

Формула	Содержание, %			
	К	Р	K_2O	P_2O_5
KH_2PO_4	28,75	22,79	34,5	52,4
K_2HPO_4	44,94	17,81	53,9	40,9
K_3PO_4	55,18	14,62	66,1	33,6

Удобрения не гигроскопичны, хорошо растворимы. Приготовленные из них смеси не слеживаются при длительном хранении. Чистые калийортофосфаты широко используются в опытном деле. В качестве удобрения, калийортофосфаты применяют под сельскохозяйственные и прежде всего под

овощные и плодовые культуры на всех почвах страны. Однако из-за более высокой стоимости по сравнению с хлористым и сернокислым калием они используются, в основном, в защищённом грунте для приготовления питательных растворов и твёрдых питательных смесей для овощных культур.

11.2 Сложно-смешанные или комбинированные удобрения

Теоретические сведения. Сложно-смешанные или комбинированные удобрения получают в едином технологическом процессе. В их состав входит ряд солей, которые смешивают друг с другом в жидком виде. Мокрое смешивание необходимых компонентов с последующей их грануляцией позволяет получать удобрения с достаточно однородным химическим составом. Химический состав каждой гранулы одинаков, но химический состав удобрения трудно согласуется с названием удобрения. В отличие от сложных удобрений, точно выразить их состав формулой невозможно, поскольку долевой состав компонентов в них может быть различным. Комбинированные удобрения не представляют собой единого химического соединения и этим отличаются от сложных. В комбинированных удобрениях соли равномерно распределены во всей массе удобрения.

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, в результате чего 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: $\text{CaHPO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \times \text{H}_2\text{O}$, 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 %). Для сравнения в двух предыдущих способах её содержание не превышает около 55 % от усвояемой. При добавлении хлористого калия получается **фосфорная нитрофоска**.

Выпускается несколько марок гранулированных нитрофосок (табл. 4). Размер гранул нитрофосок от одного до четырёх миллиметров. Они достаточно прочные при кондиционировании на основе добавления небольших количеств минеральных масел и припудривании тальком или тонкоразмолотым известняком. Удобрение не слеживается при перевозке и хранении. Нитрофоски вносят в качестве основного удобрения, а также удобрения при посеве в рядки и в подкормку.

Таблица 4 – Характеристика нитрофосфатов (В. И. Кобзаренко, 2002)

Нитрофосфаты	N	P ₂ O ₅ (усвояемая)	K ₂ O	В процентах
				Содержание водорастворимой 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
* В процентах от общего содержания P ₂ O ₅ .				

Нитроаммофос (NH₄H₂PO₄ + NH₄NO₃). Производится двумя способами: нейтрализацией аммиаком смеси азотной и фосфорной кислоты, или каждой в отдельности. Содержание азота и фосфора равное (примерно по 23 % каждого). При введении в смесь калийных компонентов получают нитроаммофоски. Содержание N, P₂O₅ и K₂O 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.*

Выпускается продукт пяти марок: 1:1:0; 1:1,5:0; 1:0,8:0; 1:2,2:0; 1:0,6:0. Размер гранул для всех марок: от 1 до 4 мм – не менее 90 %, от 4 до 5 мм – не более 5 %, меньше одного миллиметра – не более 5 %. Продукт не слеживается при хранении в течение одного месяца. Теоретический состав нитроаммофоса стандартных марок приведен в таблице 5. Нитроаммофос обладает хорошими физико-механическими свойствами и пригоден для механизированного внесения. Применяется в качестве основного, а также удобрения при посеве и в подкормки под все культуры на почвах, обеспеченных калием.

Таблица 5 – Состав нитроаммофосов

Соотношение N:P ₂ O ₅	Соотношение NH ₄ H ₂ PO ₄ :NH ₄ NO ₃	Содержание, %		
		N	P ₂ O ₅	N + P ₂ O ₅
1:0,8	35,0:65,0	27,1	21,6	48,7
1:1	41,4:58,6	25,6	25,6	51,2
1:1,5	54,7:45,3	22,5	33,8	56,3
1:2,2	70,0:30,0	19,0	43,1	62,1
1:0,6	30,0:70,0	28,2	18,3	46,5

Нитроаммофоска (NH₄H₂PO₄ + NH₄NO₃ + KCl) представляет гранулированное азотно-фосфорно-калийное удобрение светло-розового цвета. Его производят путём аммонизации смесей азотной и фосфорной кислоты или азотно-кислотного разложения апатита, в результате которого образуется аммонийная селитра, аммофос. Раствор упаривают, в него добавляют соли калия, затем перемешивают, подсушивают и гранулируют.

Нитроаммофоску получают с различным соотношением питательных веществ (табл. 6). Все соли, входящие в состав нитроаммофоски, растворимы в воде. Высокая концентрация питательных веществ, составляющая не менее 50 % в сумме N, P₂O₅ и K₂O, позволяет значительно сократить (в сравнении с простыми удобрениями) расходы на перевозку, хранение и внесение в почву. Действие нитроаммофоски на урожай обычно такое же, как и смеси простых удобрений в эквивалентном количестве.

Наиболее эффективны эти удобрения на черноземных и сероземных почвах при орошении, благодаря более интенсивному использованию фосфатного компонента, представленного в сложных удобрениях в виде фосфата аммония, фосфор из которого поступает в растения быстрее, чем из фосфатов кальция.

Нитроаммофоску применяют для основного и при проведении посева внесения, а также для прикорневых подкормок растений. При основном удобрении на черноземных почвах и на тяжелых глинистых почвах нитроаммофоску целесообразно вносить с осени под зяблевую вспашку, а на лёгких почвах – весной.

Таблица 6 – Характеристика нитроаммофосок

Содержание, %			Соотношение N:P ₂ O ₅ :K ₂ O
N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
17,5	17,5	17,5	1:1:1
18,0	15,0	18,0	1:0,8:1
15,0	15,0	23,0	1:1:1,5
13,0	19,5	19,5	1:1,5:1,5
13,0	26,0	13,0	1:2:1
10,5	21,0	21,0	1:2:2
17,0	17,0	17,0	1:1:1
17,5	14,2	17,7	1:0,8:1
20,5	20,5	10,2	1:1:0,5
14,8	14,8	22,2	1:1:1,5
18,0	15,0	18,0	1:0,8:1
11,5	23,0	23,0	1:2:2
15,0	22,5	15,0	1:1,5:1
14,0	21,0	21,0	1:1,5:1,5
13,5	27,0	13,5	1:2:1
12,0	18,0	24,0	1:1,5:2
17,5	17,5	17,5	1:1:1

Нитродиа́ммофос (диаммонитрофос) (NH₄NO₃ + (NH₄)₂HPO₄). Содержит 23 % азота (N) и 31 % фосфора (P₂O₅). Получают его так же, как и нитроаммофос, но с более глубокой нейтрализацией аммиаком фосфорной кислоты. Разработан технологический процесс производства нитродиа́ммофоса ретурным способом из термической фосфорной кислоты и экстракционной фосфорной кислоты, из флотационных концентратов апатитовой руды. Нитродиа́ммофос выпускают только в гранулированном виде с размером частиц от одного до четырёх миллиметров.

Характеризуется хорошими физическими свойствами и пригоден для внесения любыми туковывсевающими аппаратами. *Нитродиа́ммофос можно использовать для основного и при проведении посева внесения, а также для подкормок растений. Применяют на почвах, обеспеченных калием, под зерновые и кормовые культуры, а также на лугах и пастбищах. Эффективность нитродиа́ммофоса такая же, как и смесей простых удобрений.*

Нитродиамофоска ($\text{NH}_4\text{NO}_3 + (\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4 + \text{KCl}$) (диааммонитрофоска) представляет тройное азотно-фосфорно-калийное удобрение светло-розового цвета. Производство нитродиамофоски отличается от нитродиамофоса лишь добавлением калийного компонента на стадии гранулирования. Состав нитродиамофосок приведён в таблице 7.

Нитродиамофоска характеризуется хорошими физико-механическими свойствами и пригодна для внесения всеми туковысевающими аппаратами. *Рекомендуется для всех культур на всех почвах при различных сроках и способах внесения.*

Эти удобрения в нашей стране являются универсальными и применяются во всех климатических зонах в качестве основного и при проведении посева (посадки) удобрения. В зависимости от потребности сельскохозяйственных культур конкретной зоны в элементах питания химические заводы выпускают различные нитроаммофоски и нитродиамофоски.

Таблица 7 – Содержание и соотношение элементов питания в нитродиамофосках

Содержание, %			Соотношение N:P ₂ O ₅ :K ₂ O
N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
15,5	15,5	23,4	1:1:1,5
14,7	22,0	22,0	1:1,5:1,5
21,3	21,3	10,7	1:1:0,5
16,9	25,2	16,9	1:1,5:1
14,3	35,7	14,4	1:2,5:1
12,0	24,0	24,0	1:2:2

Карбоаммофос ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + \text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$). Содержит азот в амидной и аммонийной формах. Фосфор находится в водорастворимой форме. Получают из карбамида, фосфорной кислоты и аммиака. *Технологический процесс включает аммонизацию фосфорной кислоты до моноаммонийфосфата, добавление в полученную пульпу карбамида, сушку и гранулирование.*

Карбоаммофос можно производить, смешивая порошковидный аммофос с плавом мочевины, с последующей сушкой и грануляцией, Технология производства карбоаммофоса позволяет получать удобрения практически с любым соотношением питательных веществ, что особенно важно в нашей стране, с её многообразием почвенно-климатических условий и возделываемых культур (табл. 8).

Используется на почвах с высокой обеспеченностью калием. По эффективности не уступает смеси простых удобрений, а в условиях орошаемого земледелия превосходит их.

Таблица 8 – Химический состав карбоаммофосов

Соотношение N:P ₂ O ₅ :K ₂ O	Содержание, %				
	N (общий)	N (амидный)	N (аммонийный)	P ₂ O ₅	N + P ₂ O ₅
2:1:0	35,3	29,0	6,3	17,1	52,4
1:1,5:0	22,9	14,4	8,4	37,3	60,2
1:1:0	29,6	25,5	4,2	28,3	57,9

Карбоаммофоска (CO(NH₄)₂ + NH₄H₂PO₄ + KCl) – это трёхкомпонентное гранулированное удобрение с высокими физико-механическими свойствами. Его получают на основе плава мочевины, фосфатов аммония и хлористого калия, которые смешивают, подвергают аммонификации, грануляции и сушке. Азот в карбоаммофоске находится в амидной и аммонийной формах, фосфор – почти полностью в водорастворимой форме.

Содержание азота, фосфора и калия в карбоаммофосках варьирует в довольно широких пределах (табл. 9).

Карбоаммофоска, как водорастворимое удобрение, имеет преимущества перед нитрофоской. По концентрации питательных веществ она превосходит нитрофоску, нитроаммофоску и некоторые другие сложные удобрения. Азотный компонент карбоаммофоски представлен мочевиной, азот которой менее подвижен в почве, чем нитратный. Поэтому это удобрение, в

первую очередь, применяют на лёгких почвах в зоне избыточного увлажнения, на орошаемых землях, а также используют для основного внесения под все сельскохозяйственные культуры.

Фосфор в карбоаммофоске содержится в форме водорастворимого фосфата аммония, который во многих случаях имеет преимущество перед фосфатами кальция, особенно сильно проявляющееся на нейтральных и слабо выщелоченных почвах – черноземах и сероземах. Карбоаммофоска равноценна стандартным водорастворимым удобрениям, то есть смеси мочевины, суперфосфата и хлористого калия.

Таблица 9 – Химический состав карбоаммофосок

Соотношение N:P ₂ O ₅ :K ₂ O	Сумма действующих веществ, %	Содержание, %					
		N (общий)	N (амидный)	N (аммонийный)	P ₂ O ₅	K ₂ O	биурет
2:1:1	48,8	23,5	20,0	3,5	12,7	12,6	0,2
1:1:0,5	57,3	21,4	16,4	5,0	25,7	10,2	0,6
1:1:1	59,8	19,1	12,5	6,6	21,9	18,8	0,1

Полифосфаты аммония. Получают путем взаимодействия полифосфорной кислоты с мочевиной и последующей аммонизацией удобрения. Содержат 32–35 % N и 25–32 % P₂O₅. Обладают хорошими физическими свойствами, можно применять под все культуры. Удобрения отличаются высокой эффективностью на дерново-подзолистых и серых лесных почвах, при внесении под озимую и яровую пшеницу, лён, кукурузу, свеклу и другие культуры. Полифосфаты аммония – хороший компонент для тукосмесей и приготовления жидких комплексных удобрений.

Суперфоска – сложное фосфорно-калийное удобрение. Содержит 11–16 % P₂O₅ и 12–21 % K₂O. Получают разложением фосфоритов серной кислотой в присутствии хлорида калия. Удобрение порошковидное, используется под все культуры в качестве основного удобрения.

Карбоаммополифоска – трёхкомпонентное гранулированное удобрение, содержащее по 21 % азота, фосфора и калия. Часть фосфора в этом удобрении содержится в конденсированной форме. Карбоаммополифоска обладает хорошими физическими свойствами. Используется под все культуры в качестве основного удобрения и при проведении посева.

Кристаллин является комплексным азотно-фосфорно-калийным удобрением. Содержит 10–20 % N, 5–16 % P_2O_5 , 10–20 % K_2O , а также магний, серу и микроэлементы: бор, медь, молибден, цинк. Получают в едином технологическом процессе путем смешивания жидких или порошкообразных удобрений. В настоящее время производят восемь марок этого удобрения с различным соотношением $N:P_2O_5:K_2O$. Содержит от 41 до 66 % элементов питания. Кристаллин является водорастворимым удобрением без содержания хлора.

Удобрение широко используют при выращивании овощных культур в защищённом грунте, поскольку он хорошо растворяется в воде, не содержит хлора. В полевых условиях кристаллин не применяют из-за высокой стоимости удобрения.

Жидкие комплексные удобрения (ЖКУ). Получают при нейтрализации ортофосфорной и полифосфорной кислот аммиаком с добавлением азотсодержащих растворов (мочевины, аммиачной селитры) и хлорида или сульфата калия, а в отдельных случаях – и солей микроэлементов. При насыщении ортофосфорной кислоты аммиаком образуются аммофос и диаммофос.

Общее содержание питательных элементов в жидких комплексных удобрениях на основе ортофосфорной кислоты сравнительно невысокое (24–30 %), так как в более концентрированных растворах при низких температурах происходит кристаллизация солей и выпадение их в осадок. Соотношение азота, фосфора и калия в таких удобрениях может быть различным. Содержание N

составляет 5–10 %, P_2O_5 – 5–14, K_2O – 6–10 %. В нашей стране выпускают жидкие комплексные удобрения, как правило, с соотношением питательных веществ 9:9:9, а также 7:14:7; 6:18:6; 8:24:0 и др.

На основе полифосфорной кислоты получают жидкие комплексные удобрения с более высоким общим содержанием питательных элементов, которое превышает 40 %, в частности, удобрения состава 10:34:0 и 11:37:0, образуемые при насыщении суперфосфорной кислоты аммиаком. Эти «базисные» удобрения используют для получения тройных жидких комплексных удобрений различного состава, при добавлении к ним растворов мочевины и аммиачной селитры (КАС), хлористого калия.

Для повышения концентрации питательных элементов в жидких комплексных удобрениях используют стабилизирующие добавки (2–3 % коллоидной глины или торфа). Эти удобрения называют **суспендированными**. Базисное суспендированное удобрение имеет состав 12:40:0. На его основе можно готовить тройные жидкие комплексные удобрения различных составов (15:15:15; 10:30:10; 9:27:3 и др.). Коллоидная глина или торф удерживают соли от выпадения в осадок.

Данные удобрения по эффективности не уступают смеси твёрдых одно-сторонних туков и комплексным удобрениям типа нитроаммофоски. Их применение особенно эффективно на карбонатных почвах. Для перевозки, хранения и внесения жидких комплексных удобрений необходим комплекс специального оборудования. Вносить их можно теми же способами, что и твёрдые: сплошным распределением по поверхности почвы под вспашку и культивацию, локально внутрипочвенно в основное удобрение, а также в подкормки – при междурядной обработке пропашных или поверхностно в посевах многолетних трав. Данные удобрения содержат все питательные элементы в водорастворимой легкодоступной растениям форме. *Жидкие комплексные удобрения имеют некоторые преимущества по сравнению с твёрдыми:*

-
- 1) *повышается равномерность внесения удобрений за счёт снижения затрат на хранение, транспортировку и внесение;*
 - 2) *относительно низкая стоимость производства;*
 - 3) *возможность полной механизации всех работ;*
 - 4) *возможность в широких пределах регулировать соотношение элементов питания;*
 - 5) *возможность введения в состав микроэлементов, пестицидов.*

Сложно-смешанные гранулированные удобрения. Получают смешиванием простых и сложных порошковидных удобрений (аммофоса, простого или двойного суперфосфата, аммиачной селитры или мочевины, хлористого калия) в барабанном грануляторе, с добавлением аммиака для нейтрализации свободной кислотности суперфосфата и фосфорной кислоты (или аммофоса) для обогащения смеси фосфором. *Выпускаемые промышленные сложно-смешанные гранулированные удобрения имеют разное соотношение питательных элементов при их общем содержании от 25 до 60 %.*

Освоен выпуск новых высококонцентрированных комплексных удобрений: азофоски с различными добавками (в том числе серосодержащими), диаммофоски, нитродиамофоски и аммофосфата, которые уже поставляются на внутренний рынок.

В состав комплексных твёрдых и жидких удобрений в процессе их производства могут быть введены другие макро- и микроэлементы, а также пестициды и некоторые органические материалы.

В начале 70-х гг. XX в. стали выпускать в больших количествах комплексное удобрение **растворин**. Благодаря особой технологии он полностью растворяется в воде, поэтому нашёл широкое применение в тепличных хозяйствах.

Растворин представляет собой белый кристаллический порошок, обладает удовлетворительными физико-химическими свойствами, почти не слеживается при хранении в бумажных мешках. Содержание элементов питания в удобрении приведено в таблице 10.

Таблица 10 – Содержание питательных веществ в растворе (Муравин, 2010)
В процентах

Марка раствора	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO
А	10	5	20	6
Б	18	6	18	—
В	20	16	10	—

Растворин получают тремя методами:

1. Путем тукосмешивания, прессования и дробления до гранул следующих одинарных удобрений: NH_4NO_3 , KNO_3 , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$, $\text{NH}_2\text{H}_2\text{PO}_4$, K_2SO_4 , магнийсодержащих солей, микроудобрений.

2. Методом нейтрализации слабой азотной, термической фосфорной и серной кислот газообразным аммиаком и раствором гидроксида калия с последующей сушкой и дроблением.

3. На основе элементарного фосфора с добавлением азотных, магниевых и калийных удобрений. После сушки и дробления в растворе до 10 % P_2O_5 находится в слаборастворимой в воде форме.

Растворин может быть приготовлен с любым соотношением питательных элементов (макро- и микро-), в зависимости от биологических особенностей культур и содержания элементов в грунте. Он применяется под все культуры при внесении под культивацию и подкормки.

11.3 Смешанные удобрения – тукосмеси

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, удовлетворяющих разнообразным требованиям сельского хозяйства.

В зависимости от вида смешанных удобрений общее содержание питательных веществ в тукосмеси может изменяться от 25 до 30 %.

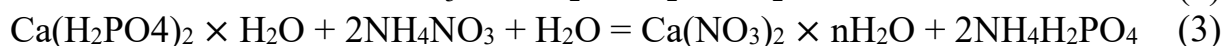
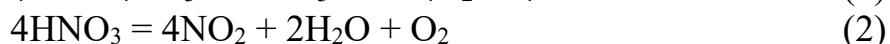
Существуют несколько способов получения сухих смешанных удобрений:

- 1. Смешивание непосредственно в хозяйстве при помощи стационарных или передвижных тукосмесительных установок.*
- 2. Использование стационарных высокопроизводительных установок производительностью от 40 до 60 тонн в час 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, то есть они расслаиваются, становятся неоднородными при хранении, перевозке, машинном внесении в почву. Количество гранул размером 1–3 мм должно быть не менее 90 %, диаметром 2–3 мм – не менее 50% и частиц менее 1 мм не более одного процента.

Однако не все удобрения можно смешивать друг с другом, так как в результате химических реакций между ними могут происходить нежелательные изменения: ухудшение физических свойств или уменьшение растворимости, или потеря необходимых питательных веществ.

1. *Заблаговременно нельзя смешивать суперфосфат с аммонийной селитрой, так как смесь быстро превращается в липкую массу из-за образования сильно гигроскопичной кальциевой селитры:*

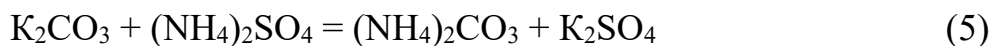


Реакции (1) и (2) указывают на возможность выделения окислов азота в воздух, а третья – на ухудшение физических свойств смеси в результате образования сильно гигроскопичной кальциевой селитры.

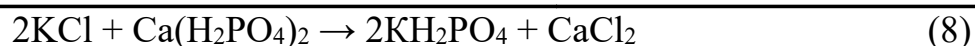
2. *Нельзя смешивать суперфосфат с сульфатом аммония, так как смесь сильно цементируется за счет образования гипса:*



3. *Нельзя смешивать аммонийные формы азотных удобрений со щелочными удобрениями, так как такие смеси теряют аммонийный азот:*



4. *Нельзя смешивать суперфосфат с хлористым калием, так как образуется хлорит кальция:*



Для получения высококачественных смесей целесообразно использовать нейтральные формы сложных удобрений (аммофос, диаммонийфосфат) с калийными.

Наиболее широко применяется диаммонийфосфат – примерно 95 % всего объёма выпускаемых тукосмесей. Он обладает благоприятными свойствами: имеет высокое содержание фосфора, совместим со всеми удобрениями, при хранении и загрузке – выгрузке не изменяет своих качеств. Такие же достоинства имеет аммофос. Смеси, приготовленные на диаммофосе, более концентрированные: в них 8–19 % азота, 14–23 % фосфора и 14–19 % калия.

Также популярен в смешивании и двойной суперфосфат, но он не полностью совместим с мочевиной, которая часто используется как источник азота. Двойной суперфосфат часто используется для приготовления безазотистых смесей или смесей с низким содержанием азота. В смесях, приготовленных на двойном суперфосфате, содержится 8–11 % N, 11–15 % P₂O₅, 11–16 % K₂O. Слеживаемость смеси значительно снижается, если в неё вносят нейтрализующие добавки (фосфоритная мука, костяная мука, известь) в количестве от 10 до 20 % от массы суперфосфата.

В условиях сельскохозяйственных предприятий используют следующие простые удобрения: из азотных – аммонийную селитру, сульфат аммония, мочевины, натриевую, калийную селитру; из фосфорных – суперфосфат (простой, двойной), преципитат, фосфоритную муку; из калийных – хлористый калий, калийную соль, сильвинит. *Для таких культур, как картофель, капуста, морковь для смеси лучше использовать сульфат калия. Хлорсодержащие калийные удобрения снижают качество урожая этих культур.*

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 11 показана схема смешивания удобрений.

Таблица 11 – Схема смешивания удобрений (Муравин, 2010)

Вид удобрения	Аммиачная селитра	Карбамид	Сульфат аммония	Суперфосфат нейтрализованный (простой и двойной)	Преципитат	Фосфоритная мука	Металлургические шлаки	Аммофос, диаммофос	Хлористый калий	Сернокислый калий
Аммиачная селитра	–	0	1	1	1	1	0	1	1	1
Карбамид	0	–	1	1	1	1	1	1	1	1
Сульфат аммония	1	1	–	2	2	2	0	2	1	2
Суперфосфат нейтрализованный (простой и двойной)	1	1	2	–	2	2	0	2	1	2
Преципитат	1	1	2	2	–	2	0	2	1	2
Фосфоритная мука	1	1	2	2	2	–	2	2	1	2
Металлургические шлаки	0	1	0	0	0	2	–	0	1	2
Аммофос, диаммофос	1	1	2	2	2	2	0	–	1	2
Хлористый калий	1	1	1	1	1	1	1	1	–	2
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.										

В хозяйствах чаще готовят смесь, состоящую из аммонийной селитры (сульфата аммония или мочевины), суперфосфата и хлористого калия с добавлением 20 % фосфоритной муки или 5 % оксида кальция или карбоната кальция. Если нет нейтрализующих добавок, то эту смесь можно готовить только в день её посева. Согласно агротехническим требованиям к тукоsmеси, исходные компоненты должны иметь влажность не выше : аммиачная селитра – 0,3,

мочевина – 0,2, суперфосфат – 4, аммофос – 1, гранулированный хлористый калий – 1,2 %. Свободная кислотность суперфосфатов должна быть не более одного процента (в пересчете на P_2O_5).

Смешивание большинства удобрений допустимо незадолго до внесения в почву. Механизированное приготовление и внесение тукосмесей даёт большой экономический эффект по сравнению с отдельным применением односторонних удобрений.

*За последние годы на российском рынке появились смешанные удобрения для различных культур. Голландская фирма «Гидро Агри» поставляет **кристаллин** различных марок, **Пи-Джи-Микс**, **Тенсо Коктейль**, **Гидрокомплекс**, **Альбатрос** и другие удобрения. Все перечисленные удобрения, кроме Тенсо Коктейля, содержат макро- и микроэлементы. Тенсо Коктейль применяется для компенсации дефицита микроэлементов. Удобрения, выпускаемые «Гидро Агри», нашли широкое применение в защищённом грунте при использовании капельного полива.*

*Буйский химический комбинат для защищённого грунта выпускает удобрение **Акварин**, в состав которого входят макро- и микроэлементы. Микроэлементы представлены в хелатной форме. Удобрение полностью растворимо в воде, может использоваться для корневых и некорневых подкормок. Недостатком является сильная гигроскопичность. Выпускают 16 марок удобрения с содержанием азота – 3–20 %, фосфора – 4,8–17,9 %, калия – 6,6–31,5 %, магния – 0,9–2,4 %, серы – 0,7–9,0 %, бора – 0,02 %, железа – 0,054 %, марганца – 0,042 %, молибдена – 0,004 %, цинка – 0,01 %, меди – 0,01 %.*

Финская фирма «Кемира» поставляют удобрение Кемира для различных культур с различным содержанием питательных веществ.

11.4 Расчёт доз комплексных удобрений

Дозы комплексных удобрений рассчитывают в зависимости от плодородия почвы, вида удобряемой культуры. Так как комплексные удобрения содержат разное количество питательных элементов, то массу удобрения на один гектар рассчитывают по одному, наиболее необходимому для растений элементу.

На луговых черноземовидных почвах таким элементом чаще выступает азот. Допустим, под яровую пшеницу на луговой черноземовидной тяжелосуглинистой почве необходимо внести 45 кг азота. Из удобрений имеется гранулированная нитроаммофоска с содержанием азота – 9, P_2O_5 – 12 и K_2O – 9 %. Доза нитроаммофоски, рассчитанная по азоту в физическом виде, составит: $(45/9) \times 100 = 500$ кг/га или 5 ц/га.

С таким количеством азота (45 килограмм в действующем веществе и 500 килограмм в физической массе) будет внесено 60 килограмм в действующем веществе P_2O_5 и 45 килограмм в действующем веществе K_2O на один гектар.

Если вносится комплексное удобрение с высоким и низким содержанием питательных элементов под культуру при соотношении N:P:K равном (1:1:1), то дозу в физической массе вначале устанавливают по элементу с самым высоким содержанием в удобрении.

Например, в хозяйстве имеется аммофос с содержанием азота 11 % и фосфора 50 %. Необходимо внести под картофель $N_{90}P_{90}K_{90}$. В аммофосе больше содержится фосфора. Тогда, его доза в физической массе составит: $(90/50) \times 100 = 180$ кг/га или 1,8 ц/га.

С дозой 1,8 ц аммофоса будет внесено азота: $1,8 \times 11 = 19,8$ килограмм в действующем веществе. Следовательно, недостает: $90 - 19,8 = 70,2$ килограмм в действующем веществе. В переводе на аммонийную селитру это составит: $(70,2/35) \times 100 = 206$ кг/га.

Такое количество аммонийной селитры необходимо добавить к аммофосу, чтобы внести 90 килограмм азота на один гектар.

В аммофосе нет калия, поэтому вносим хлористый калий в физической массе: $(90/60) \times 100 = 150$ кг/га.

Контрольные вопросы

1. Какие удобрения называют комплексными?
2. Как подразделяют комплексные удобрения по составу и способу производства?
3. В чём преимущество комплексных удобрений?
4. Перечислите наиболее распространённые трех- и двухкомпонентные комплексные удобрения.
5. Какие формы сложных и сложно-смешанных удобрений поставляют сельскому хозяйству?
6. Какие жидкие комплексные удобрения Вы знаете? Каковы особенности их применения?
7. Какие правила необходимо соблюдать при тукосмешивании? Какие удобрения и почему нельзя смешивать?
8. Назовите способы получения сухих смешанных удобрений.
9. Какие формы сложных удобрений целесообразно использовать для получения высококачественных смесей?

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кидин, В. В. Агрохимия : учебник / В. В. Кидин, С. П. Торшин. – М. : Проспект, 2016. – 608 с.
2. Куркаев, В. Т. Агрохимия : учебное пособие / В. Т. Куркаев, А. Х. Шеуджен. – Майкоп : «Адыгея», 2000. – 552 с.
3. Минеев, В. Г. Агрохимия : учебник / В. Г. Минеев. – М. : КолосС, 2004. – 720 с.
4. Михайлова, Л. А. Агрохимия : курс лекций. [В 3 ч.]. Ч. 1. Удобрения: виды, свойства, химический состав / Л. А. Михайлова. – Пермь : Издательско-полиграфический центр «Прокрость», 2015. – 426 с.
5. Муравин, Э. А. Агрохимия : учебник / Э. А. Муравин, В. И. Титова. – М. : КолосС, 2010. – 463 с.
6. Прокошев, В. В. Калий и калийные удобрения / В. В. Прокошев, И. П. Дерюгин. – М. : Ледум, 2000. – 185 с.
7. Шеуджен, А. Х. Агрохимия: учебное пособие / А. Х. Шеуджен, В. Т. Куркаев, Н. С. Котляров. – Майкоп : Издательство «Афиша», 2006. – 1076 с.
8. Ягодин, Б. А. Агрохимия : учебник / Б. А. Ягодин, Ю. П. Жуков, В. И. Кобзаренко. – М. : Мир, 2003. – 584 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

СОСТАВ АССОРТИМЕНТА МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

Таблица А.1 – Состав ассортимента минеральных удобрений

Название удобрения	Химическая формула или состав	Содержание действующего вещества в удобрении, %
Азотные удобрения		
Натриевая селитра	NaNO_3	N – 15,0–16,0 Na – 26,0
Кальциевая селитра	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	N – 15,5
Сульфат аммония	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	N – 20,5–21,8 высший сорт N – 21,0 S – 23,0–24,0
Сульфат аммония-натрия	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \times \text{Na}_2\text{SO}_4$	N – 16,0–17,0 N ₂ O – 8,0 органических примесей – 2,5
Хлористый аммоний	NH_4Cl	N – 24,0–25,0
Карбонат аммония	$[(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3]$	N – 21,0–24,0
Бикарбонат аммония	NH_4HCO_3	N – 17,0
Аммонийная (аммиачная) селитра	NH_4NO_3	N – 34,6
Известково-аммонийная селитра	$\text{NH}_4\text{NO}_3 \times \text{CaCO}_3$	марка А: N – 26,0; CaCO_3 – 17,0 марка В: N – 22,0; CaCO_3 – 27,0
Сульфонитрат аммония	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \times 2\text{NH}_4\text{NO}_3$	N – 25,0–27,0
Мочевина (карбамид)	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	N – 46,0
Цианамид кальция	CaCN_2	N – 20,0–22,0
Жидкий аммиак (безводный)	NH_3	N – 82,3 H ₂ – 7,7
Водный аммиак (аммиачная вода)	$\text{NH}_3 + \text{NH}_4\text{OH} + \text{H}_2\text{O}$	первый сорт: N – 20,5; NH_4OH – 25,0 второй сорт: N – 16,4; NH_3 – 20,0
Аммиакаты	раствор аммонийной селитры, мочевины или других азотных удобрений в водном аммиаке	N – 60,0–80,0
КАС	смесь водных растворов карбамида и аммонийной селитры	N – 28,0–32,0
Мочевино-формальдегидное удобрение или уреаформ (МФУ)	продукт конденсации мочевины $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ и формальдегида CH_2O	N – 38,0–40,0
Мочевино-ацетальдегидное удобрение (МАУ)	продукт конденсации мочевины со смесью формальдегида и ацетальдегида	N – 36,0–38,0

Продолжение таблицы А.1

Название удобрения	Химическая формула или состав	Содержание действующего вещества в удобрении, %
Кротонилидендимочевина (КДМ)	продукт конденсации кротонового альдегида с мочевиной	N – 32,5
Изобутилидендимочевина (ИБДМ)	побочный продукт производства 2-этилгексанола	N – 32,2
Оксамид (амид щавелевой кислоты)	получается в результате синтеза из метана и аммиака	N – 31,8
Азотсерокальциевое удобрение	получают прессованием карбамида с фосфогипсом	N – 30,0 S – 7,0
Фосфорные удобрения		
Суперфосфат простой порошковидный	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$	P_2O_5 – 14,0–19,5
Суперфосфат простой гранулированный	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$	P_2O_5 – 19,5–22,0
Двойной суперфосфат	$[\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2]$	P_2O_5 – 45,0–49,0
Суперфос	P_2O_5	P_2O_5 – 38,0–40,0
Преципитат	$\text{CaHPO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$	P_2O_5 – 25,0–35,0
Обесфторенный фосфат	$\text{Ca}_2(\text{PO}_4)_2$	из апатитового сырья: P_2O_5 – 30–32 из фосфоритового сырья: P_2O_5 – 20–22
Полифосфат кальция	$\text{Ca}_2(\text{PO}_4)_2$	P_2O_5 – 40,0–60,0
Метафосфат кальция	$\text{Ca}(\text{PO}_3)_2$	P_2O_5 – 63,0–68,0
Металлургические шлаки (томасшлак, доменные и мартеновские шлаки)	побочные продукты металлургии	P_2O_5 – 5,0–20,0 CaO – 50,0–60,0
Фосфоритная мука	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \times \text{CaF}_2$	марка А: P_2O_5 – 29,0 марка Б: P_2O_5 – 26,0 марка В: P_2O_5 – 23,0 марка Г: P_2O_5 – 20,0
Калийные удобрения		
Хлористый калий	KCl	K_2O – 63,1
Сернокислый калий (сульфат калия)	K_2SO_4	K_2O – 46,0–50,0
Сульфат калия-магния (калимагнезия)	$\text{K}_2\text{SO}_4 \times \text{MgSO}_4$	K_2O – 29,0 MgO – 9,0
Сильвинит	$\text{KCl} \times \text{NaCl}$	K_2O – 12,0–15,0 Na_2O – 35,0–40,0
40-процентная калийная смешанная соль	$\text{KCl} + (\text{mKCl} + \text{nNaCl})$	K_2O – 40,0 Na_2O – 20,0 Cl – 50,0

Продолжение таблицы А.1

Название удобрения	Химическая формула или состав	Содержание действующего вещества в удобрении, %
Каинит	$KCl \times MgSO_4 \times 3H_2O$ с примесью NaCl	$K_2O - 10,0$ $MgO - 6,0-7,0$ $Cl - 32,0-35,0$ $Na_2O - 22,0-25,0$ $SO_4 - 15,0-17,0$
Поташ	K_2CO_3	$K_2O - 52,0-55,0$
Цементная пыль	отход производства цемента	$K_2O - 10,0-35,0$
Хлоркалий-электролит	продукт, получаемый при производстве магния из Соликамского карналлита	$K_2O - 32,0-45,0$
Борные удобрения		
Бормагниевое удобрение	отход производства борной кислоты (H_3BO_3)	$B - 2,2-2,3$ $MgO - 15,0-20,0$
Гранулированный боросуперфосфат	$Ca(H_2PO_4)_2 + B$	$B - 0,2$ $P_2O_5 - 18,5-19,3$
Борная кислота	H_3BO_3	$B - 17,1-17,3$
Техническая бура	$Na_2B_4O_7 \times 10H_2O$	$B - 11,0$
Медные удобрения		
Сернокислая медь (медный купорос)	$CuSO_4 \times 5H_2O$	$Cu - 25,4$
Пиритные (колчедановые) огарки	$CuSO_4 \times Cu(OH)_2 \times CuS_2$	$Cu - 0,3-0,7$
Медно-калийные удобрения	обогащённый хлористой медью сернокислый калий	$Cu - 1,0$ $K_2O - 56,8$
Марганцевые удобрения		
Сернокислый марганец	$MnSO_4$	$Mn - 21,0-32,0$
Марганезированный суперфосфат	$Ca(H_2PO_4)_2 \times H_2O + CaSO_4 \times 2H_2O + Mn$	$Mn - 1,0-2,0$ $P_2O_5 - 20,0$
Марганезированная нитрофоска	—	$Mn - 0,9$
Марганцевые шламы	—	$Mn - 0,8-1,1$
Порошки, содержащие марганец	—	$Mn - 18,0-22,0$
Молибденовые удобрения		
Молибденовокислый аммоний	$(NH_4)_6Mo_7O_{24} \times 4H_2O$	$Mo - 52,0-54,0$
Молибдат аммония-натрия	$(NH_4)_2MoO_4 \times Na_2MoO_4$	$Mo - 36,0$

Продолжение таблицы А.1

Название удобрения	Химическая формула или состав	Содержание действующего вещества в удобрении, %
Суперфосфат простой гранулированный с молибденом	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 + \text{Mo}$	Mo – 0,1 P_2O_5 – 18,7–19,0
Суперфосфат двойной гранулированный с молибденом	$[\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2] + \text{Mo}$	Mo – 0,2 P_2O_5 – 43,0
Отходы электроламповой промышленности	–	Mo – 5,0–8,0
Цинковые удобрения		
Сернокислый цинк безводный	ZnSO_4	Zn – 45,5
Сернокислый цинк водный	$\text{ZnSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$	Zn – 24,0–25,0
Цинкосодержащие молотые шлаки медеплавильных заводов	–	Zn – 2,7–7,0
Цинковые полимикродобрения	отходы химических заводов цинко-белильного производства	ZnO – 19,6–25,0 CuO – 13,0 MnO – 0,4 В – 0,01 следы молибдена и других микроэлементов
Кобальтовые удобрения		
Сернокислый кобальт	$\text{CoSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$	Co – 20,0–21,0
Хлористый кобальт	$\text{CoCl}_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$	Co – 21,2–24,8
Азотнокислый кобальт	$\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \times 5\text{H}_2\text{O}$	Co – 20,3
Комплексные удобрения		
Аммофос	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	N – 9,0–11,0 P_2O_5 – 42,0–50,0
Диаммофос	$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$	N – 19,0–21,0 P_2O_5 – 49,0–53,0
Аммофосфат	NH_4HPO_4	марка А: N – 7,0; P_2O_5 – 46,0 марка Б: N – 5,0; P_2O_5 – 39,0
Фосфоаммомагнезия	$\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \times \text{H}_2\text{O}$	N – 10,9 P_2O_5 – 45,7 Mg – 25,9
Калийная селитра	KNO_3	N – 13,0 K_2O – 46,0
Метафосфат аммония	NH_4PO_3	N – 17,0 P_2O_5 – 80,0
Метафосфат калия	KPO_3	P_2O_5 – 60,0 K_2O – 40,0

Продолжение таблицы А.1

Название удобрения	Химическая формула или состав	Содержание действующего вещества в удобрении, %
Суперфосфат простой гранулированный с молибденом	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 + \text{Mo}$	Mo – 0,1 P_2O_5 – 18,7–19,0
Суперфосфат двойной гранулированный с молибденом	$[\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2] + \text{Mo}$	Mo – 0,2 P_2O_5 – 43,0
Отходы электроламповой промышленности	–	Mo – 5,0–8,0
Цинковые удобрения		
Сернокислый цинк безводный	ZnSO_4	Zn – 45,5
Сернокислый цинк водный	$\text{ZnSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$	Zn – 24,0–25,0
Цинкосодержащие молотые шлаки медеплавильных заводов	–	Zn – 2,7–7,0
Цинковые полимикродобрыя	отходы химических заводов цинко-белильного производства	ZnO – 19,6–25,0 CuO – 13,0 MnO – 0,4 В – 0,01 следы молибдена и других микроэлементов
Кобальтовые удобрения		
Сернокислый кобальт	$\text{CoSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$	Co – 20,0–21,0
Хлористый кобальт	$\text{CoCl}_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$	Co – 21,2–24,8
Азотнокислый кобальт	$\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \times 5\text{H}_2\text{O}$	Co – 20,3
Комплексные удобрения		
Аммофос	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	N – 9,0–11,0 P_2O_5 – 42,0–50,0
Диаммофос	$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$	N – 19,0–21,0 P_2O_5 – 49,0–53,0
Аммофосфат	NH_4HPO_4	марка А: N – 7,0; P_2O_5 – 46,0 марка Б: N – 5,0; P_2O_5 – 39,0
Фосфоаммомагнезия	$\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \times \text{H}_2\text{O}$	N – 10,9 P_2O_5 – 45,7 Mg – 25,9
Калийная селитра	KNO_3	N – 13,0 K_2O – 46,0
Метафосфат аммония	NH_4PO_3	N – 17,0 P_2O_5 – 80,0
Метафосфат калия	KPO_3	P_2O_5 – 60,0 K_2O – 40,0

Продолжение таблицы А.1

Название удобрения	Химическая формула или состав	Содержание действующего вещества в удобрении, %
Полифосфаты аммония	при аммонизации (насыщении аммиаком) полифосфорных кислот под давлением	P_2O_5 – 70,0–83,0
Нитрофос	–	марка А: N – 23,5; P_2O_5 – 17,0 марка Б: N – 24,0; P_2O_5 – 14,0
Нитрофоска	–	марка А: N – 16,0–17,0; P_2O_5 – 16,0–17,0; K_2O – 13,0–14,0 марка Б: N – 12,5–13,5; P_2O_5 – 8,8–9,5; K_2O – 13,0–14,0 марка В: N – 11,0–12,0; P_2O_5 – 10,0–11,0; K_2O – 11,0–12,0
Нитроаммофос	$NH_4H_2PO_4 + NH_4NO_3$	N – 23,0 P_2O_5 – 23,0
Нитроаммофоска	$NH_4H_2PO_4 + NH_4NO_3 + KCl$	N – 16,0–17,0 P_2O_5 – 16,0–17,0 K_2O – 16,0–17,0
Нитродиамофос (диаммонитрофос)	$NH_4NO_3 + (NH_4)_2HPO_4$	N – 23,0 P_2O_5 – 31,0
Нитродиамофоска (диаммонитрофоска)	$NH_4NO_3 + (NH_4)_2HPO_4 + KCl$	N – 12,0–21,3 P_2O_5 – 15,5–35,7 K_2O – 24,0
Карбоаммофос	$CO(NH_2)_2 + NH_4H_2PO_4$	N + P_2O_5 – 52,4–60,2
Карбоаммофоска	$CO(NH_4)_2 + NH_4H_2PO_4 + KCl$	KCl – 21,0 KH_2PO_4 – 13,3 $NH_4H_2PO_4$ – 14,4 $(NH_4)_2HPO_4$ – 9,7 $CO(NH_2)_2 \times NH_4Cl$ – 11,0 H_2O – 0,7

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИЗУЧЕНИЯ АССОРТИМЕНТА МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

Таблица Б.1 – Контрольное задание № 1

Вопрос	Вариант ответа
1. Назовите химическую формулу кальциевой селитры	1) CaSO_4 ; 2) $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$; 3) $\text{Ca}(\text{OH})_2$
2. Назовите содержание азота в кальциевой селитре	1) 22,0 %; 2) 12,0 %; 3) 15,5 %
3. В чём проявляется действие кальциевой селитры на почву?	1) на кислых почвах оказывает нейтрализующее действие; 2) подкисляет; 3) вначале подщелачивает, затем подкисляет
4. Укажите время внесения кальциевой селитры	1) осенью и весной; 2) только осенью; 3) весной и в подкормку
5. Как перевозят и хранят кальциевую селитру?	1) в мягких контейнерах БИГ-БЭГ; 2) во влагонепроницаемых мешках, пропитанных особым составом; 3) насыпью
6. К какой группе удобрений относится кальциевая селитра?	1) фосфорные; 2) азотные; 3) калийные
7. Под какие культуры более эффективна кальциевая селитра?	1) сахарная свекла, корнеплоды; 2) зерновые; 3) зернобобовые
8. Можно ли кальциевую селитру применять в подкормках?	1) нельзя; 2) можно; 3) можно только при корневых подкормках
9. Какова растворимость кальциевой селитры в воде?	1) хорошо растворяется в воде; 2) не растворима в воде; 3) слабо растворима в воде
10. Какой гранулометрический состав кальциевой селитры?	1) крупнокристаллическая; 2) гранулированная; 3) аморфный порошок

Таблица Б.2 – Контрольное задание № 2

Вопрос	Вариант ответа
1. Назовите химическую формулу сульфата аммония	1) NH_4SO_3 ; 2) $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$; 3) $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \times \text{Na}_2\text{SO}_4$
2. Назовите содержание азота в сульфате аммония	1) 18,0–21,0 %; 2) 21,0 %; 3) 20,5–21,0 %
3. Укажите форму азота в сульфате аммония	1) нитратная; 2) аммиачная; 3) амидная
4. Определите степень растворимости сульфата аммония в воде	1) сильная; 2) умеренная; 3) легко растворяется в воде
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 с суперфосфатом?	1) нельзя; 2) можно; 3) можно, только перед внесением
8. Какой внешний вид сульфата аммония?	1) аморфный порошок; 2) гранулированное удобрение; 3) кристаллическая соль
9. Какой элемент, кроме азота, содержится в сульфате аммония?	1) сера; 2) магний; 3) кальций
10. Можно ли применять сульфат аммония для внесения при посеве в рядки или под предпосевную культивацию?	1) нельзя; 2) можно; 3) только под предпосевную культивацию

Таблица Б.3 – Контрольное задание № 3

Вопрос	Вариант ответа
1. Назовите химическую формулу аммиачной селитры	1) $\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{CaCO}_3$; 2) NH_4OH ; 3) NH_4NO_3
2. К каким удобрениям по наличию питательных веществ относится аммиачная селитра?	1) простое; 2) сложное; 3) смешанное
3. Назовите содержание азота в аммиачной селитре	1) 30,5 %; 2) 34,6 %; 3) 38,5 %
4. Определите форму азота в аммиачной селитре	1) аммиачная; 2) нитратная; 3) аммиачно-нитратная
5. Укажите растворимость аммиачной селитры в воде	1) очень сильная; 2) умеренная; 3) слабая
6. Какое действие оказывает аммиачная селитра на почву?	1) подщелачивает; 2) подкисляет; 3) не изменяет реакции
7. Под какие культуры применяют аммонийную селитру?	1) зерновые, зернобобовые; 2) применяется под все культуры; 3) овощи, картофель
8. С какими удобрениями нельзя смешивать аммиачную селитру?	1) аммофос; 2) преципитат; 3) карбамид
9. Можно ли применять аммиачную селитру для внекорневой подкормки?	1) да; 2) нет; 3) в зависимости от культуры
10. На каких почвах эффективна аммиачная селитра?	1) на всех типах почвы; 2) черноземы; 3) дерново-подзолистые

Таблица Б.4 – Контрольное задание № 4

Вопрос	Вариант ответа
1. Каким удобрением является водный аммиак?	1) аммиачная вода; 2) гидроксид аммония; 3) аммиакат
2. В какой форме представлен азот в аммиачной воде?	1) NH_3 ; 2) NH_4OH ; 3) $\text{NH}_3 + \text{NH}_4\text{OH} + \text{H}_2\text{O}$
3. Назовите содержание азота в аммиачной воде	1) 16,4 %; 2) 20,5 %; 3) 16,4 и 20,5 % в зависимости от сорта
4. Какое действие оказывает аммиачная вода 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. Под какие культуры можно применять аммиачную воду?	1) бобовые, овощные; 2) зерновые, кормовые; 3) под все культуры
7. Какова доза внесения аммиачной воды в сравнении с твёрдыми азотными удобрениями?	1) выше на 25 %; 2) ниже на 25 %; 3) одинаковы
8. Укажите время внесения аммиачной воды	1) весной; 2) осенью; 3) весной и осенью
9. На какую необходимую глубину заделывают водный аммиак, чтобы препятствовать его испарению из грунта?	1) на глубину 20 см; 2) на глубину 10 см на тяжелых почвах и более 15 см – на лёгких почвах; 3) на глубину 10–12 см, независимо от почвы
10. Можно ли применять водный аммиак в подкормку?	1) нет; 2) да

Таблица Б.5 – Контрольное задание № 5

Вопрос	Вариант ответа
1. Укажите химическую формулу карбамида (мочевины)	1) CaCN_2 ; 2) $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$; 3) $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$
2. Назовите форму азота в карбамиде	1) NH_2 ; 2) NO_3 ; 3) CN_2
3. Сколько содержится азота в мочевины?	1) 36 %; 2) 46 %; 3) 56 %
4. Можно ли вносить мочевины до посева?	1) можно; 2) нельзя; 3) можно, за один – два месяца до посева
5. Назовите степень растворимости мочевины в воде	1) сильная; 2) слабая; 3) хорошо растворяется в воде
6. На каких почвах применяется мочевины?	1) только на черноземах; 2) на всех типах почв; 3) только на торфянистых
7. К какой группе удобрений относится мочевины по концентрации питательного элемента?	1) концентрированное; 2) высококонцентрированное; 3) простое
8. Можно ли мочевины 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) это зависит от сельскохозяйственной культуры
10. Под какие культуры применяется мочевины?	1) только под зерновые, зернобобовые; 2) под все культуры; 3) только под овощные и корнеплоды

Таблица Б.6 – Контрольное задание № 6

Вопрос	Вариант ответа
1. Укажите химическую формулу простого суперфосфата	1) $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$; 2) $\text{CaHPO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$; 3) $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$
2. К какой группе фосфорных удобрений относится простой суперфосфат?	1) содержащие фосфор в водорастворимой форме; 2) цитратнорастворимые; 3) содержащие фосфор, нерастворимый в воде
3. Назовите содержание фосфора в простом суперфосфате	1) 14–19,5 %; 2) 19–20 %; 3) 22–37 %
4. Назовите содержание фосфора в двойном гранулированном суперфосфате из апатита	1) 22–37 %; 2) 45–49 %; 3) 47–61 %
5. Определите действие простого суперфосфата на почву	1) слабо подкисляет; 2) не оказывает влияния; 3) подщелачивает
6. На почвах, насыщенных основаниями, какими катионами в большей мере связывается фосфат-ион?	1) Ca^{++} , Mo^{++} ; 2) Al^{+++} , Fe^{+++} ; 3) Na^+ , NH_4^+ , K^+
7. Назовите условия эффективного последствия суперфосфата	1) при внесении азотных удобрений; 2) зависит от сельскохозяйственной культуры; 3) нет условий
8. Из какого сырья получают лучший двойной суперфосфат?	1) фосфориты; 2) гидрослюды; 3) апатиты
9. Можно ли суперфосфат смешивать с аммиачной селитрой?	1) нельзя; 2) можно; 3) длительное хранение смесей не допустимо
10. Укажите время внесения суперфосфата	1) основное, при посеве и в подкормку; 2) при посеве; 3) основное

Таблица Б.7 – Контрольное задание № 7

Вопрос	Вариант ответа
1. Укажите химическую формулу преципитата	1) $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \times \text{H}_2\text{O}$; 2) $\text{CaHPO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$; 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. Назовите содержание фосфора в преципитате	1) 17–19 %; 2) 25–35 %; 3) 38–42 %
4. На каких почвах не целесообразно внесение преципитата?	1) черноземах; 2) дерново-подзолистых; 3) солонцах
5. Определите наиболее эффективный способ внесения преципитата	1) локальный; 2) рядковый; 3) вразброс, под вспашку
6. Укажите 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. Какое действие оказывает преципитат на почву?	1) подкисляет; 2) ослабляет кислотность; 3) не изменяет
9. Опишите внешний вид преципитата	1) жёлтый порошок; 2) белый порошок; 3) белый или светло-серый порошок
10. Как усваивается растениями фосфор из преципитата?	1) плохо; 2) удовлетворительно; 3) хорошо

Таблица Б.8 – Контрольное задание № 8

Вопрос	Вариант ответа
1. Укажите химическую формулу хлористого калия	1) $KCl-NaCl$; 2) KCl ; 3) $KCl + KCl-NaCl$
2. Назовите содержание K_2O в хлористом калии	1) 41–44 %; 2) 30–40 %; 3) 63,1 %
3. Какова растворимость хлористого калия в воде?	1) сильная; 2) хорошая; 3) умеренная
4. Можно ли смешивать хлористый калий с аммиачной селитрой?	1) можно; 2) нельзя; 3) можно перед внесением
5. Какие почвы больше нуждаются в калийных удобрениях?	1) серые лесные; 2) дерново-подзолистые; 3) торфянистые
6. На каких почвах не рекомендуется применение калийных удобрений?	1) красноземы; 2) черноземы; 3) солонцы
7. Какова слеживаемость хлористого калия при хранении?	1) сильная; 2) заметная; 3) отсутствует
8. Опишите внешний вид хлористого калия	1) кристаллическое вещество розового или белого цвета с серым оттенком; 2) порошок белого цвета; 3) кристаллическое вещество серого цвета с розоватым оттенком
9. Под какие культуры эффективно применять хлористый калий?	1) зерновые; 2) картофель, все виды свеклы; 3) зернобобовые
10. Определите рекомендуемые сроки внесения хлористого калия	1) основной; 2) при посеве; 3) в подкормку

Таблица Б.9 – Контрольное задание № 9

Вопрос	Вариант ответа
1. Укажите химическую формулу сульфата калия	1) $K_2SO_4 \times 2MgSO_4$; 2) K_2SO_3 ; 3) K_2SO_4
2. Назовите содержание калия в сульфате калия	1) 30–40 %; 2) 46–50 %; 3) 60 %
3. Укажите растворимость сульфата калия в воде	1) сильная; 2) умеренная; 3) хорошо растворяется в воде
4. Определите действие сульфата калия на почву	1) подкисляет; 2) подщелачивает; 3) не оказывает влияния
5. Назовите минеральное сырьё для получения сульфата калия	1) глазерит; 2) лангбейнит; 3) полигалит
6. Укажите химическую формулу лангбейнита	1) $K_2SO_4 \times 2MgSO_4$; 2) $K_2SO_4 \times MgSO_4$; 3) $MgSO_4$
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. Назовите недостаток сульфата калия	1) гигроскопичен; 2) слеживается; 3) высокая стоимость, связанная с производственными затратами

Таблица Б.10 – Контрольное задание № 10

Вопрос	Вариант ответа
1. Укажите химическую формулу основной составной части 40-процентной калийной соли	1) $KCl-NaCl$; 2) KCl ; 3) $KCl + (mKCl + nNaCl)$
2. Назовите содержание K_2O в 40-процентной калийной соли	1) 41–44 %; 2) 30–40 %; 3) 40 %
3. Какова растворимость калийной соли в воде?	1) сильная; 2) слабая; 3) хорошо растворяется в воде
4. Какие культуры более отзывчивы на внесение 40-процентной калийной соли?	1) зерновые; 2) все виды свеклы; 3) кормовые
5. Определите время внесения 40-процентной калийной соли в почву	1) осенью; 2) весной; 3) осенью и весной
6. Какие почвы больше нуждаются в калийных удобрениях?	1) серые лесные; 2) дерново-подзолистые; 3) торфянистые
7. На каких почвах не рекомендуется применение калийных удобрений?	1) красноземы; 2) черноземы; 3) солонцы
8. Какова слеживаемость калийной соли при хранении?	1) сильная; 2) заметная; 3) отсутствует
9. Укажите действие 40-процентной калийной соли на почву	1) подкисляет; 2) подщелачивает; 3) не оказывает влияния
10. Опишите внешний вид 40-процентной калийной соли	1) белый кристаллический порошок; 2) серый кристаллический порошок; 3) жёлто-серый кристаллический порошок

Таблица Б.11 – Контрольное задание № 11

Вопрос	Вариант ответа
1. Укажите химическую формулу сильвинита	1) KCl–NaCl; 2) KCl; 3) KCl + (mKCl + nNaCl)
2. Укажите химическую формулу каинита	1) KCl–NaCl; 2) KCl × MgSO ₄ × 3H ₂ O; 3) KCl + (mKCl + nNaCl)
3. Назовите содержание K ₂ O в сильвините	1) 20–25 %; 2) 12–15 %; 3) 8–12 %
4. Назовите содержание K ₂ O в каините	1) 10 %; 2) 12 %; 3) 8 %
5. Назовите цвет кристаллов в сильвините	1) розовато-бурый с включением синих кристаллов; 2) розовато-бурый; 3) розовый
6. Назовите цвет кристаллов в каините	1) розовато-бурый с включением синих кристаллов; 2) розовато-бурый; 3) розовый
7. Какова слеживаемость сильвинита при хранении?	1) сильная; 2) заметная; 3) отсутствует
8. Какова слеживаемость каинита при хранении?	1) сильная; 2) заметная; 3) отсутствует
9. Как транспортируются сильвинит и каинит до места внесения?	1) в мешках; 2) перевозятся без тары, насыпью; 3) в специальных ёмкостях
10. Под какие культуры предпочтительно внесение сильвинита?	1) зерновые и зернобобовые; 2) овощные; 3) все виды свеклы

Таблица Б.12 – Контрольное задание № 12

Вопрос	Вариант ответа
1. К какому виду удобрений относится аммофос?	1) сложное; 2) комбинированное; 3) смешанное
2. Укажите химическую формулу 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. Назовите содержание питательных веществ в аммофосе	1) N – 11–12 %, P_2O_5 – 46–60 %; 2) N – 10 %, P_2O_5 – 40 %; 3) N – 20 %, P_2O_5 – 44 %
4. Определите действие аммофоса на почву	1) слабо подкисляет; 2) не изменяет; 3) подщелачивает
5. В чём состоит недостаток аммофоса?	1) узкое соотношение N:P; 2) слабая усвояемость питательных веществ; 3) широкое соотношение N:P
6. Укажите химическую формулу диаммофоса	1) $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$; 2) $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$; 3) NH_4PO_3
7. Назовите содержание азота и фосфора в диаммофосе	1) N – 15 %, P_2O_5 – 40 %; 2) N – 19 %, P_2O_5 – 50 %; 3) N – 20 %, P_2O_5 – 60 %
8. В каком виде выпускается аммофос?	1) в гранулированном; 2) в порошковидном; 3) в кристаллическом и гранулированном
8. В каком виде выпускается диаммофос?	1) в гранулированном; 2) в порошковидном; 3) в кристаллическом и гранулированном
10. Можно ли смешивать аммофос и диаммофос с сульфатом аммония?	1) можно; 2) нельзя; 3) можно перед внесением

Таблица Б.13 – Контрольное задание № 13

Вопрос	Вариант ответа
1. К какому виду удобрений относятся нитрофосы и нитрофоски?	1) смешанные; 2) сложные; 3) сложно-смешанные
2. В чём отличие нитрофоски от нитрофоса?	1) содержит NK; 2) содержит NPK; 3) содержит NP
3. Выпускаются ли другие виды нитрофосок, кроме сульфатной?	1) да; 2) нет; 3) ограниченно
4. В качестве какого удобрения целесообразно внесение нитрофоски?	1) основного; 2) в подкормку; 3) в зависимости от культуры
5. Под какие культуры прежде всего рекомендуется вносить нитрофоску?	1) клевер, люпин, горох; 2) кукуруза, столовые корнеплоды; 3) лён, хлопчатник
6. Установите влияние нитрофоски на крахмалистость клубней картофеля	1) повышает; 2) не изменяет; 3) снижает
7. Какие кислоты используют в технологическом процессе производства нитрофосов и нитрофосок?	1) азотная и фосфорная; 2) азотная, фосфорная и серная; 3) фосфорная и серная
8. Сколько выпускается марок гранулированных нитрофосок?	1) две; 2) пять; 3) три
9. Сколько выпускается марок гранулированных нитрофосов?	1) две; 2) пять; 3) три
10. В каком виде выпускается нитрофоска?	1) в виде кристаллов; 2) в гранулированном виде; 3) в виде аморфного порошка

Таблица Б.14 – Контрольное задание № 14

Вопрос	Вариант ответа
1. Укажите химическую формулу молибдата аммония	1) $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \times 4\text{H}_2\text{O}$; 2) $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$; 3) $\text{NH}_4\text{NaMoO}_4$
2. Назовите содержание действующего вещества в молибдате аммония	1) 30 %; 2) 25 %; 3) 52 %
3. Определите степень растворимости молибдата аммония в воде	1) сильная; 2) умеренная; 3) слабая
4. Укажите лучший способ внесения молибдата аммония	1) в почву; 2) опрыскивание растений; 3) смачивание семян перед посевом
5. Под какие культуры более эффективно применение молибдата 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. Назовите признаки молибденового «голодания» растений	1) бледно-зелёная окраска листьев; 2) фиолетовая окраска листьев; 3) бурые пятна на листьях
9. Какой уровень эффективности молибдата аммония на почвах с содержанием подвижного молибдена 0,2–0,5 мг/кг почвы?	1) высокий; 2) средний; 3) низкий
10. Какое количество молибдата аммония требуется для обработки семян клевера?	1) 250–300 г; 2) 300–500 г; 3) 500–800 г

Учебное издание

Фокин Сергей Алексеевич, кандидат сельскохозяйственных наук

АССОРТИМЕНТ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

Учебное пособие

Подписано в печать 18.03.2022 г.
Формат 60х90/16. Уч.-изд. л – 4,89. Усл. печ. л. – 15,36.
Печать по требованию. Заказ 12.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Дальневосточный государственный аграрный университет»

Отпечатано в отделе оперативной полиграфии
Дальневосточного государственного
аграрного университета
675005, г. Благовещенск, ул. Политехническая, 86

