

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ЦЕНТР АГРОХИМИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ «ОМСКИЙ»



ПАМЯТКА

по применению минеральных удобрений при возделывании
сельскохозяйственных культур
в Омской области



УДК

Рекомендации подготовили: В.М. Красницкий, А.Г Шмидт, О.А. Матвейчик (федеральное государственное бюджетное учреждение «Центр агрохимической службы «Омский»).

В памятке дана информация о формах минеральных удобрений, их агрохимическая и агрономическая характеристики, расчет доз и внесение под сельскохозяйственные культуры

Памятка предлагается для работников агрохимической службы, специалистов сельского хозяйства, руководителей, фермеров, научных работников и преподавателей.

Ответственный за выпуск: В.М. Красницкий, директор ФГБУ «ЦАС «Омский», доктор сельскохозяйственных наук, профессор.

Получение удобрений является одним из важнейших направлений отечественной химической промышленности. Российские химкомбинаты не только полностью обеспечивают внутренние потребности страны в данной продукции, но и активно экспортируют ее за рубеж. Согласно данным статистики, более 80% производимых в России минеральных удобрений отправляется на **экспорт**.

Сегодня в России работает более трех десятков крупных химкомбинатов и десятки мелких цехов, совокупно выпускающих около 20 млн. тонн удобрений в год, что составляет около 7% мирового производства. Из них основными производителями минеральных удобрений являются:

- АО «Аммоний» info@ammoni.ru;
- АО «Апатит» www.phosagro.ru;
- АО «Минудобрения» www.minudo.ru;
- АО «МХК «ЕвроХим» www.eurochem.ru;
- АО ОХК «УРАЛХИМ» www.uralchem.ru;
- КАО «Азот» www.sbu-azot.ru;
- ОАО «Гидрометаллургический завод» gmz-kmv.ru;
- ООО «Газпром нефтехим Салават» www.gpns.ru;
- ООО «Менделеевскаязот» www.mendeleevskazot.ru;
- ПАО «Акрон» www.acron.ru;
- ПАО «КуйбышевАзот» www.kuazot.ru;
- ПАО «Тольяттиазот» www.toaz.ru;
- ПАО «Уралкалий» www.uralkali.com;
- ПАО «ФосАгро» www.phosagro.ru.

Содержание

Минеральные удобрения.....	6
1 Азотные удобрения.....	7
2 Фосфорные удобрения.....	10
3 Калийные удобрения.....	13
4 Мезоэлементы.....	16
5 Микроудобрения.....	19
6 Комплексные удобрения.....	22
6.1 Сложные удобрения.....	22
6.2 Смешанные удобрения.....	27
6.3 Водорастворимые удобрения.....	29
7 Программирование урожайности сельскохозяйственных культур.....	31

Минеральные удобрения



Удобрения - это разнообразные минеральные и органические вещества, содержащие необходимые для растений элементы питания (удобрения прямого действия) или улучшающие свойства почвы и благоприятствующие питанию растений (удобрения косвенного действия). К косвенным удобрениям относят бактериальные удобрения, известь и гипс. По химическому составу удобрения делят на

органические и минеральные.

Среди химических средств интенсификации земледелия, повышения его продуктивности и эффективности главными как по масштабам, так и по экономическим результатам являются **минеральные удобрения**.

К минеральным удобрениям относят вещества минерального происхождения, вносимые в почву для обеспечения растений питательными элементами, улучшения ее физико-химических свойств и получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур. Их делят на **простые** и **комплексные**. **Простые**, или односторонние, удобрения содержат один основной элемент питания. К ним относятся азотные, фосфорные, калийные удобрения и микроудобрения. **Комплексные**, или многосторонние, удобрения содержат два и более основных элемента питания.

1 Азотные удобрения



Азоту принадлежит ведущая роль в повышении урожая сельскохозяйственных культур. Академик Д.Н. Прянишников подчеркивал, что главным условием, определяющим средний уровень урожая в разные эпохи, была степень обеспеченности сельскохозяйственных растений азотом.

Громадное значение азотных удобрений в увеличении урожайности сельскохозяйственных культур обуславливается исключительно важной ролью азота в жизни растений. Азот входит в состав белков, являющихся главной составной частью цитоплазмы и ядра клеток, в состав нуклеиновых кислот, хлорофилла, ферментов, фосфатидов, большинства витаминов и других органических азотистых соединений, которые играют важную роль в процессах обмена веществ в растении.

Основным источником азота для растений являются соли азотной кислоты и соли аммония.

Поскольку содержание азота в почве очень динамично и зависит от климатических условий, предшествующей культуры, основной обработки почвы и других приемов агротехники, определять данный показатель необходимо ежегодно. Учет почвенного азота позволяет достаточно точно прогнозировать потребность в дополнительном внесении азотных удобрений.

Разработанная на основе многолетних исследований в условиях Сибири профессором А.Е. Кочергиным и его школой система почвенной диагностики позволяет достаточно точно определить обеспеченность и потребность полевых культур в азотных удобрениях в зависимости от содержания нитратного азота в слое почвы 0-40 см осенью или весной.

В тоже время исследованиями, проведенными профессором Г.П. Гамзиковым установлена тесная корреляционная связь между содержаниями нитратного азота в слоях 0-20 см и 0-40 см. Что позволяет достаточно точно делать прогноз по обеспеченности этим элементом в корнеобитаемом слое (табл. 2).

В зависимости от содержания азота в почве определяется потребность сельскохозяйственных культур в этом элементе (табл. 1)

Таблица 1 – Потребность полевых культур в азотных удобрениях по методу ЦИНАО

Содержание N-NO ₃ , мг/кг почвы в слое 0-20см	Содержание N-NO ₃ , мг/кг почвы в слое 0-40см	Обеспеченность N-NO ₃	Потребность во внесении азотных удобрений
0 – 10	0 – 5	очень низкая	очень сильная
10 – 15	5 – 10	низкая	сильная
15 – 20	10 – 15	средняя	средняя
больше 20	больше 15	высокая	отсутствует

Химическая промышленность выпускает азотные удобрения в следующих трех основных формах:

1) **аммонийные** и **аммиачные**, содержащие азот, соответственно, в жидких азотных удобрениях аммиак может быть в несвязанном, свободном состоянии $((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4)$;

2) **нитратные (селитры)**, содержащие азот в окисленной нитратной форме, то есть в виде солей азотной кислоты (NaNO_3) ;

3) аммонийно-нитратные, содержащие азот в аммонийной и нитратной форме (NH_4NO_3) ;

4) **амидные**, в которых азот связан в амидную форму - NH_2 $(\text{CO}(\text{NH}_2)_2)$.

Азотных минеральных удобрений множество, поэтому применение их связано с рядом условий (рельеф и геоморфология, агроклиматические условия и увлажненность территории, состав сельскохозяйственных угодий, бонитет почвы и др.), которые только после анализа агрономических свойств удобрения дают возможность выбрать наиболее подходящий вариант для применения (табл. 2).

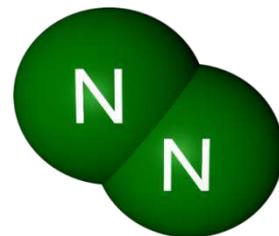


Таблица 2 – Основные агрономические свойства азотных удобрений

Удобрение	Форма соединения	Действие почвы на удобрение	Действие удобрения на почву (подкисление или подщелачивание)	Для каких почв и при каких условиях более пригодно	Для каких культур имеет особое значение	Для какого способа внесения в почву агрономически особенно ценно	В сочетании с какими удобрениями более эффективно
Аммиачная селитра (нитрат аммония)	аммиачная и нитратная	аммиачная половина связывается с почвой и не выщелачивается; нитратная половина подвижна и может выщелачиваться	подкисляет	для не кислых почв; для кислых почв при условии известкования или нейтрализации удобрения	для всех культур	для всех способов, но из-за гигроскопичности технически легче осуществим разбросом	на кислых почвах в сочетании (не в смеси) с нейтральными щелочными
Аммиак безводный	аммиачная	связывается с почвой в малоподвижное, но доступное для растений соединение, не вымывается осадками	сначала подщелачивает, затем после нитрификации подкисляет	для всех почв	для всех культур	предпосевное внесение с осени под урожай следующего года	с любыми, но ввиду физ.-химических свойств применять отдельно от обычных (сухих) удобрений
Аммиак водный	аммиачная	то же	то же	то же	то же	то же	то же
Известково-аммиачная селитра	аммиачная и нитратная	аммиачная половина связывается с почвой; нитратная половина свободна и подвижна	в общем нейтральное	для кислых	для всех культур	рядковое и основное, при поверхностных подкормках	со всеми видами удобрений
Карбамидо-аммиачная смесь (КАС)	аммиачная, и нитратная	растворяется в почвенном растворе, не вымывается осадками	подкисляет	для не кислых почв; для кислых почв при условии известкования или нейтрализации удобрения	для всех культур	для всех способов, но особенно для основного и поверхностной подкормки	на кислых почвах в сочетании (не в смеси) с нейтральными щелочными
Кальциевая селитра (нитрат кальция)	нитратная	не связывается почвой и может выщелачиваться осадками	слегка подщелачивает	для кислых	для всех культур; менее пригодно для картофеля, чая	для всех способов, но особенно для поверхностной подкормки	с растворимыми фосфорными и калийными удобрениями
Карбамид (мочевина)	амидная	в почве превращается в аммиачную форму	подкисляет	для не кислых почв; для кислых почв при условии известкования или нейтрализации удобрения	для всех культур	для всех способов, но в меньшей степени для рядкового внесения	с фосфатами
Натриевая селитра (нитрат натрия)	нитратная	не связывается почвой и может выщелачиваться осадками	слегка подщелачивает	для всех почв	для сахарной свеклы	рядковое припосевное, поверхностные подкормки	с воднорастворимыми и калийными удобрениями
Сульфат аммония (сернокислый аммоний)	аммиачная	связывается с почвой в малоподвижное, но доступное для растений соединение, выщелачивается, нитрифицируется	сильно подкисляет	для не кислых почв; для кислых почв при условии известкования или нейтрализации удобрения	для всех культур; особенно для картофеля, чая	для внесения в разброс	со щелочными или нейтральными видами фосфорных удобрений
Сульфонитрат	аммиачная	растворяется в почвенном растворе и диссоциирует, вымывается осадками	подкисляет	для не кислых почв; на почвах с пониженным содержанием серы	для всех культур	припосевное подкормки	со щелочными или нейтральными видами фосфорных и калийных удобрений

2 Фосфорные удобрения



Не менее важным элементом для сельскохозяйственных культур является **фосфор**, хотя он выносится растениями в значительно меньших количествах. **Фосфор**, по образному выражению академика А.Е Ферсмана, является «элементом жизни и мысли».

Фосфор оказывает многостороннее влияние на жизнь растений. При нормальном фосфорном питании значительно повышается урожай и улучшается его качество. Общее содержание фосфора менее важно для плодородия почв, чем обменные реакции, происходящие между различными формами фосфорных соединений. В растениях данный элемент содержится в органических (85-95%) и минеральных (5-15%) соединениях. Растения потребляют его главным образом в виде солей ортофосфорной кислоты (H_3PO_4), а также могут усваивать соли мета- и пиррофосфорных кислот.

Наибольший удельный вес и важную роль в жизни растений осуществляет фосфор, входящий в состав фосфатопротеидов, сахарофосфатов, фосфатидов и других.

Поступившие в растения ионы $H_2PO_4^-$ или HPO_4^{2-} образуют различные органические соединения. Фосфор, как и азот, входит в нуклеиновые кислоты и нуклеопротеиды, участвующие в построении цитоплазмы и ядра клеток.

Минеральные соединения фосфора в почве являются главным источником питания растений. По уровню содержания подвижных фосфатов в почве, судят об обеспеченности растений усвояемым фосфором (табл. 3), а, следовательно, и потребности культур в фосфорных удобрениях.

Таблица 3 – Группы обеспеченности почв подвижным фосфором по методу Чирикова

Группы	Содержание фосфора, мг/кг почвы	Обеспеченность подвижным фосфором
1	0 – 20	очень низкая
2	21 – 50	низкая
3	51 – 100	средняя
4	101 – 150	повышенная
5	151 – 200	высокая
6	больше 200	очень высокая

В отличие от азота, фосфор не имеет естественных источников восполнения запасов в почве, поэтому для получения высокого и качественного урожая сельскохозяйственных культур возникает потребность в применении удобрений.

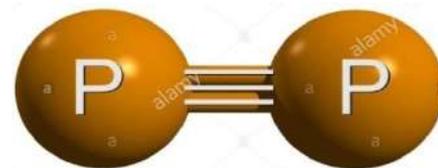
Потребность в фосфорных удобрениях особенно возрастает при достаточном обеспечении растений азотом. Фосфор является спутником азота, он концентрируется в репродуктивных органах там, где много азота и где интенсивно идут процессы синтеза органических веществ. Между азотом и фосфором существует определенная устойчивая связь.

Фосфорные удобрения в зависимости от растворимости и доступности для растений подразделяются на:

1) удобрения, хорошо растворимые в воде (суперфосфат простой);

2) удобрения, слабо растворимые в воде, но растворимые в слабых кислотах (2%-ной лимонной кислоте и лимоннокислом аммонии) - (преципитат);

3) удобрения, не растворимые в воде, полностью растворимые только в сильных кислотах (фосфоритная мука).



Учитывая агрономические свойства фосфорных удобрений, проводится выбор наиболее подходящих видов фосфорных удобрений, в определенных условиях, для применения под сельскохозяйственные культуры (табл. 4).

Таблица 4 – Основные агрономические свойства фосфорных удобрений

Удобрение	Форма соединения	Действие почвы на удобрение	Действие удобрения на почву (подкисление или подщелачивание)	Для каких почв и при каких условиях более пригодно	Для каких культур имеет особое значение	Для какого способа внесения в почву агрономически особенно ценно	В сочетании с какими удобрениями более эффективно
Двойной суперфосфат	воднорастворимая	почвой связывается в малоподвижные соединения и постепенно переходит в менее доступную форму	не подкисляет	для всех почв	для всех культур	для всех способов, но особенно для припосевного (рядкового) внесения и подкормок	на щелочных и нейтральных почвах с любыми видами удобрений, рекомендуемыми для этих почв; на дерново-подзолистых с щелочными удобрениями; с кислыми удобрениями при условии их нейтрализации
Преципитат	цитратно-растворимая	не растворим в воде, связывается с почвой в состоянии малодоступное для растений	несколько ослабляет кислотность	для всех почв	для всех культур	разбросанное внесение на кислых почвах	с любыми, но на дерново-подзолистых почвах сочетается с аммиачными (кислыми) удобрениями
Суперфосфат простой	воднорастворимая	почвой связывается в малоподвижные соединения и постепенно переходит в менее доступную форму	практически не подкисляет почву	для всех почв, особенно для нейтральных и щелочных	для всех культур	для всех способов, но особенно для припосевного (рядкового) внесения и подкормок	на щелочных и нейтральных почвах с любыми видами удобрений, рекомендуемыми для этих почв; на дерново-подзолистых с щелочными удобрениями; с кислыми удобрениями при условии их нейтрализации
Фосфоритная мука	растворима в сильных кислотах	кислые почвы постепенно переводят удобрение в состояние, доступное для растений	Ослабляет кислотность	для кислых подзолистых почв и выщелоченных черноземов. В сочетании с органическим веществом, а также с азотными и калийными удобрениями действие фосфорной муки усиливается на всех почвах	на соответствующих почвах для озимых, бобовых и следующих за ними культур	для внесения под плуг или культиватор, перед лущением озимой стерни, перед вспашкой на зябь, культивации почвы под озимые	в смеси с кислыми формами азотных удобрений, фосфорными и калийными удобрениями

3 Калийные удобрения



Большое значение для сельскохозяйственных культур имеет **калийное** питание. **Калий**, по образному выражению академика А.Е. Ферсмана, является «основой жизни» и относится к основным внутриклеточным катионам, необходимым для всех живых организмов. В отличие от азота и фосфора он не входит в состав органических соединений в растении, а находится в ионной форме в клетках растения, в виде растворимых солей клеточного сока и частично непрочных адсорбционных комплексах с коллоидами цитоплазмы.

Калий преимущественно находится в молодых жизнедеятельных органах растений. Калий влияет на развитие растений на протяжении всей жизни, способствуя образованию и перемещению в них углеводов.

Его физиологические функции также разнообразны. Только при достаточном калийном питании оптимизируются основные функции растительного организма. Он обеспечивает оптимальное функционирование 60 важнейших ферментных систем в растительном организме. Калий улучшает весь ход обмена веществ, стабилизирует водный режим. Оптимальные условия калийного питания, выровненное соотношение элементов в растениях и особенно азота и калия обеспечивают получение таких качественных параметров продуктивной части урожая, которые в наибольшей степени соответствуют данному виду и сорту культуры. Так возрастают качество и выполненность зерна у зерновых культур, устойчивость хлебов к полеганию, повышается морозоустойчивость, засухоустойчивость культур, улучшаются химический состав и внешний вид корнеплодов, продукция лучше хранится, повышается устойчивость растений к поражению болезнями и вредителями.

По уровню содержания подвижного калия в почве судят об обеспеченности растений этим элементом (табл. 5).

Таблица 5 – Группы обеспеченности почв обменным калием по методу Чирикова

Группы	Содержание калия, мг/кг почвы	Обеспеченность обменным калием
1	0 – 20	очень низкая
2	21 – 40	низкая
3	41 – 80	средняя
4	81 – 120	повышенная
5	121 – 180	высокая
6	больше 180	очень высокая

Для обеспечения систематического роста урожаев и поддержания плодородия почв калий, как и все остальные элементы, необходимо возвращать в почву в виде доступных нам способом, а именно применения удобрений.

Калийные удобрения по содержанию в них магния и хлоридов подразделяются на: магнийсодержащие и бедные магнием, свободные от хлора и хлорсодержащие калийные удобрения. Промышленные калийные удобрения подразделяют на **концентрированные** и **сырые**.

Как и все виды удобрений, калийные имеют свои условия применения и отличаются агрономическими свойствами (табл. 6).

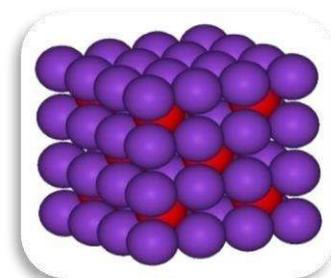
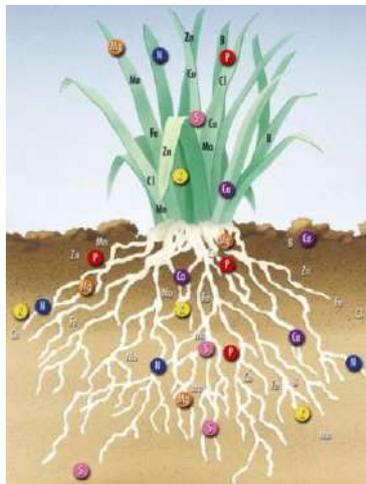


Таблица 6 – Основные агрономические свойства калийных удобрений

Удобрение	На 1 кг К ₂ O в удобрениях находится хлора (в кг)	Действие почв на удобрение	Действие удобрения на почву (подкисление или подщелачивание)	Для каких почв и при каких условиях более пригодно	Для каких культур имеет особое значение	Для какого способа внесения в почву агрономически особенно ценно
Калимаг	0,1	связывается или поглощается тем слоем почвы, в который был внесено удобрение; малоподвижен. Ион хлора почвой не связывается и вымывается атмосферными осадками; подвижность иона сульфата заметно меньше	на ненасыщенных основаниями почвах в точках соприкосновения кристаллов удобрения с почвой поглощается калий и выделяется из почвы обменный Н и подвижный Al, т. е. повышает кислотность почвы. Удобрение на кислых почвах вносят совместно с щелочными	для легких почв	картофель, многолетние травы; для сахарной свеклы совместно с хлористым калием	осенью под зяблевую вспашку; на легких почвах как основное удобрение и в подкормках
Хлористый калий	0,9 – 1,0	поглощается почвой и находится в обменном, доступном, а отчасти в необменном, труднодоступном состоянии	на почвах, насыщенных основаниями; не влияет на состояние почвы и только в засушливых условиях может создавать признаки засоления	для всех почв; на кислых почвах совместно с известью	для всех культур, в том числе и для чувствительных к хлору (при отсутствии сульфата калия): картофель, лен, табак виноград, клевер и др.	основное внесение осенью с глубокой заделкой плугом; пригоден для припосевного внесения (в рядки)

4 Мезоэлементы

Удобрения – вещества, применяемые для улучшения питания растений, свойств почвы, повышения урожаев. Их эффект обусловлен тем, что данные вещества предоставляют растениям один или несколько дефицитных химических компонентов, необходимых для их нормального роста и развития.



Сельскохозяйственные культуры не могут хорошо расти и развиваться без микро, макро и мезоэлементов, а также других важных соединений. **Мезоэлементы** требуются в среднем количестве, в отличие от макроэлементов, но также играют очень большую роль в жизни растения. К ним относятся кальций (Ca), магний (Mg), сера (S).

Мезоэлементы - это необходимые компоненты питания, обеспечивающие нормальную жизнедеятельность и развитие любого растения.

Сера (S) – один из самых важных элементов минерального питания растений, без которого их жизнь невозможна. Как и азот, она входит в состав всех белков растений, являясь незаменимым компонентом ряда аминокислот – цистеина, цистина, метионина. Сера является одним из составляющих витаминов, ферментов и т.д. Слезоточивое действие лука обусловлено полисульфидами – соединениями серы. В эфирных маслах многих растений семейства крестоцветных (капустных) также содержатся соединения серы – роданиды. Сера играет важную роль в окислительно-восстановительных процессах, активизации ферментов, синтезе белка, синтезе хлорофилла. Также она участвует в ассимиляции растениями нитратов, замедляет их накопление в клубнях картофеля и в других культурах. Вынос серы многими культурными растениями лишь немного меньше выноса фосфора, а у капустных даже превосходит его.

Сера в почве представлена органическими соединениями (80-90%), где она находится в восстановленной форме, и минеральными соединениями с кальцием, железом, калием, натрием, являющимися источником питания растений. Процесс окисления серы, входящей в состав гумуса и органических остатков, происходит под влиянием аэробных бактерий (сульфофикация). Баланс серы в земледелии складывается за счет выноса её с урожаем сельскохозяйственных культур, потери вследствие выщелачивания и поступления с атмосферными осадками и удобрениями (табл. 7). Положительный баланс серы достигается применением серосодержащих удобрений.

Таблица 7 – Группы обеспеченности почв подвижной (сульфатной) серой

Группы	Содержание серы, мг/кг почвы	Обеспеченность подвижной серой
1	0-6,0	низкая
2	6,0-12,0	средняя
3	больше 12,0	высокая

По данным агрохимического мониторинга содержание этого элемента в почвах Омской области низкое.

Кальций (Са) – необходим растению для быстрого роста наземных органов и корневой системы. Это вещество способно поддерживать жаростойкость растения, уменьшает токсическое воздействие некоторых микроэлементов (меди, цинка и железа), помогает быстрому транспортированию белков и углеводов, выработке хлорофилла.

Кальций располагается по растительному организму не равномерно, так в листьях и стеблях его количество гораздо больше, чем в семенах. Кальций, который был использован растениями и остался в растительных остатках, возвращается в почву и в процессе преобразования становится снова доступен.

Магний (Mg) – принимает участие в процессах передачи химической энергии и ее накопления (фотосинтез, дыхание и т.д.) в клетках растений. Магний, как и калий, способствует построению пектиновых веществ стенок клетки. Более 300 различных ферментов активируются с помощью магния. Перенос и усвоения растением азота проходит быстрее благодаря этому веществу.

В растениях он используется в семенах, молодых органах. Его содержание в расчете на сухое вещество составляет от 0,01% до 3,0%. Магний способен переходить из старых листьев растения в молодые, а из них – в семена.

По уровню содержания серы, кальция и магния в почве оценивают обеспеченность их растениями (табл. 8) и в соответствии с полученными данными определяют необходимость, согласно основным агрохимическим свойствам (табл. 9), применения того или иного удобрения.

Таблица 8 – Группы обеспеченности почв обменным кальцием и магнием

Группы	Са	Mg	Содержание элемента
1	0 – 2,5	0 – 0,5	очень низкое
2	2,6 – 5,0	0,6 – 1,0	низкое
3	5,1 – 10,0	1,1 – 2,0	среднее
4	10,1 – 15,0	2,1 – 3,0	повышенное
5	15,1 – 20,0	3,1 – 4,0	высокое
6	больше 20,0	больше 4,0	очень высокое

Таблица 9 – Основные агрономические свойства серных, кальциевых и магниевых удобрений

Мезоэлемент	Формы удобрений (содержание действующего вещества в удобрении в %)	Признаки недостатка и избытка в растении	Для каких почв и при каких условиях более пригодно	Для каких культур имеет особое значение	Для какого способа внесения в почву агрономически особенно ценно
1	2	3	4	5	6
Серя (S)	известково-аммиачная селитра с серой (4%), сульфат аммония (24%), сульфат калия (18%), сульфонитрат (7%), суперфосфат простой (1%), азотно-кальциевое удобрение с серой (3%), азофоска с серой (2-3%), нитрофоска (2), трехкомпонентное NPK с серой (6-14%), сульфоаммофос (8-14%)	дефицит: приводит к прекращению роста и развития растений, желтению листьев, уменьшению устойчивости к болезням, высоким и низким температур. От серного голодания в первую очередь страдают молодые листья. Стебли постепенно истончаются, становятся ломкими и жестким\$ избыток: снижает урожайность растений из семейства крестоцветных, злаковых; наблюдается общее огрубение растений, листья мельчают, края их становятся коричневыми, затем бледно-желтыми	на всех типах почв, особенно для супесчаных и песчаных почв, дерново-подзолистых на легких малогумусных и переувлажненных почвах	для масличных, зернобобовых, зерновых, овощных, подсолнечника, особенно капустных (сурепицы, рапса, горчицы, капусты)	под озимые зерновые - предпосевное основное внесение; под яровые зерновые – внесение под предпосевную культивацию (основное внесение); пропашные культуры (картофель, турнепс, кормовая капуста) одинаково реагируют как на предпосевное, так и на подкормки серосодержащими удобрениями
Кальций (Ca)	кальциевая селитра (19%), известняки (75-100%), мергель (12-25%), мел (90-100%), жженая известь (70%), гашеная известь (35%), доломитовая мука (100%), известковые туфы (15-96%), фосфоритная мука (22%), сульфоаммофос (8-14%)	дефицит: замедляется рост корневой системы, вследствие чего происходит загнивание корней; на листьях – задержка роста и бурение их жилок, хлоротичные пятна и полосы; верхушки побегов скручиваются, засыхают и отмирают. Старые листья не испытывают кальциевого недостатка; избыток: затрудняет усвоение азота, бора и калия железа, что проявляется как межжилковый хлороз листьев и появление светлых бесформенных пятен отмирающих тканей листа	на всех типах почв, но наиболее эффективно на кислых и слабо кислых дерново-подзолистых почвах	для сои, овощных, плодово-ягодных, и декоративных культур	предпосевную культивацию, для подкормки растений во время вегетации
Магний (Mg)	карбонат магния (45%), доломитовая мука, (20%), сульфат магния (20%), каинит (6-7%), магний-аммонийфосфат (25,9%), калимагнезия (8-10%), калийно-магниевый концентрат (19%), фосфорно-калийное удобрение + кальций, магний, бор (2%), фосфорное удобрение с кальцием, магнием и микроудобрениями (3%)	дефицит: пятнистый (межжилковый) хлороз, влияет на развитие репродуктивных органов таких как корнеплоды, семена и клубни. Старые листья при становятся твердыми и ломкими, потом высыхают и опадают. Этот процесс начинается с основы побега и распространяется к верхушке, на которой остается несколько темно-зеленых листьев; избыток: листья слегка темнеют и незначительно уменьшаются; наблюдается сморщивание молодых листьев, при ясной погоде они отмирают; начинается увеличение вегетативной массы в урожае сухого вещества, из-за чего урожай основной продукции не растет	на кислых и слабо кислых, песчаных и супесчаных, дерново-подзолистых, торфяно-болотных почвах	для картофеля, сахарной свеклы, , овощных, зерновых, технических культур, сои, чая	при основном весеннем внесении удобрений в почву, для предпосевной обработки семян, некорневых подкормок растений

5 Микроудобрения



Для увеличения производства сельскохозяйственной продукции наряду с основными удобрениями большое значение имеют удобрения, содержащие микроэлементы. Микроэлементы необходимы растениям в очень небольших количествах — их содержание составляет тысячные и десятитысячные доли процентов массы растений. Однако каждый из них выполняет строго определенные функции в обмене веществ, питании растений и не может быть заменен другим элементом.

При выращивании сельскохозяйственных культур на почвах с недостаточным содержанием доступных форм микроэлементов снижается урожай и ухудшается качество продукции. Недостаток или избыток отдельных микроэлементов в растениеводческой продукции и кормах может вызывать заболевание человека и сельскохозяйственных животных.

В настоящее время в сельском хозяйстве применяют главным образом минеральные удобрения, содержащие бор (В), марганец (Mn), медь (Cu), молибден (Mo), цинк (Zn), кобальт (Co). Роль микроэлементов возрастает при интенсивном использовании макроудобрений и высоких урожаях сельскохозяйственных культур.



Для микроэлементов установлены уровни содержания подвижных форм их в почвах (табл. 10), и согласно агрономическим свойствам элементов, целесообразность применения микроудобрений (табл. 11).

Таблица 10 – Группировка почв по содержанию подвижных форм микроэлементов

Микроэлементы	Содержание микроэлементов		
	низкое	среднее	высокое
бор	меньше 0,33	0,34 – 0,7	больше 0,7
кобальт	меньше 0,15	0,16 – 0,30	больше 0,30
марганец	меньше 10	10 – 20	больше 20
медь	меньше 0,20	0,21 – 0,50	больше 0,50
молибден	меньше 0,1	0,11 – 0,22	больше 0,22
цинк	меньше 2,0	2,1 – 5,0	больше 5,0

Таблица 11 – Основные агрономические свойства микроудобрений удобрений

Вид удобрения	Формы удобрений (содержание действующего вещества в удобрении в %)	Признаки недостатка в растении	Для каких почв и при каких условиях более пригодно	Для каких культур имеет особое значение	Для какого способа внесения в почву агрономически особенно ценно
1	2	3	4	5	6
Борные	боросуперфосфат (0,2%), суперфосфат двойной с добавкой бора (0,4%), бормагниевого удобрения (2,3%), известково-аммиачная селитра, содержащая бор (0,1-0,2%), борная кислота (37,3%)	побледнение верхушки (хлороз) и огрубление верхних молодых листьев, отмирание точки роста, избыточное ветвление (у льна, хлопчатника), опадение бутонов, цветков и завязей, резкое снижение урожая семян; свеклы и корнеплодов – гниль сердечника и дуплистость корня; плодовых деревьев – частичное отмирание плодов с поверхности и внутри	для песчаных и супесчаных, дерново-глеявых и темноцветных заболоченных почв, известкованных дерново-подзолистых и насыщенных основаниями, выщелоченных черноземом и легких почв	под сахарную свеклу, лен, зернобобовые, люцерну, кукурузу, подсолнечник, клевер, рапс, корнеплоды, овощи и плодовые культуры	основного (в рядки и разброс) предпосевной обработки семян и некорневых подкормок
Кобальтовые	сульфат кобальта (21%), хлорид кобальта (47%)	у растений, не обладающих способностью к фиксации молекулярного азота, при недостатке кобальта может снижаться содержание в листьях хлорофилла, каротиноидов, витамина Е. Внешние признаки проявления недостатка кобальта у растений аналогичны симптомам дефицита азота. Наблюдается хлороз листьев, замедляется рост растений. Цикл развития растений укорочен	на низинных торфяниках, окультуренных и выщелоченных черноземах, глееватой дерново-подзолистой среднесуглинистой, на кислых песчаных дерново-подзолистых почвах после известкования	под бобовые, картофель, люцерну, клевер, горох, гречиху, сою, сахарную свеклу, лен, рожь озимую, ячмень, овес	при основном весеннем внесении удобрений в почву, для предпосевной обработки семян, некорневых подкормок растений
Марганцевые	сернокислый марганец, (21-22%), марганезированный суперфосфат (1,5-2%), марганезированная нитрофоска(0,9%), отходы марганцево-рудной промышленности — марганцевые шламы в труднорастворимых формах (9-15%)	пожелтение (хлороз) листьев, сначала пятнами, потом сплошное (картофель, капуста, помидор); у зерновых листья приобретают пятнистость с белыми или коричневыми и бурыми полосками; листья свеклы прямостоячие, треугольной формы, края листьев, извитые с желтыми пятнами; у плодовых деревьев пожелтение начинается с краев листовой пластинки и идет к ее середине	для черноземных и дерново-карбонатных почв с нейтральной или щелочной реакцией, особенно на песчаных и супесчаных, карбонатных торфяниках; при известковании кислых почв внесение удобрений может быть эффективным	под зерновые, силосные, масличные, люцерну, сахарную свеклу, кукурузу, картофель, овощные и плодово-ягодные культуры	при предпосевной (в рядки и разброс, под вспашку или культивацию), обработке семян – опудривание и для внекорневой подкормки

1	2	3	4	5	6
Медные	отходы сернокислотной промышленности — пиритные огарки, (0,25—0,6%), медный купорос (сернокислая медь) (23—25%)	кончики листьев белеют, по краям становятся желтовато-серого цвета; у зерновых колосья не выходят из листовых влагалищ, стебель засыхает, зерно становится щуплым, появляются белые колосья, не содержащие семян	для низинных торфяников и заболоченных почв с нейтральной или щелочной реакцией, легких песчаных и дерново-глеевых почв	под зерновые лен, коноплю, сахарную свеклу, подсолнечник, горчицу, люпин, люцерну, горох, овощи, плодово-ягодные культуры	основное с осени под зяблевую вспашку или весной, для некорневой подкормки и предпосевного обработки семян (опрыскивания или опудривания)
Молибденовые	молибденово-кислый аммоний (52%), порошок, содержащий молибден (14,5-16,5%), суперфосфат простой и двойной (0,1-0,2%) отходы электроламповой промышленности (0,3-0,4%)	бледно-желтая окраска листьев, остановка в росте, задерживается цветение, пятнистость. Часто развивается хлороз, особенно между жилками листа. У цветной капусты – недоразвитость листьев, у клевера – покраснение стеблей и черенков	для кислых дерново-подзолистых, серых лесных почв и выщелоченных черноземов	под зернобобовые и овощные культуры, многолетние и однолетние бобовые травы, на лугах и пастбищах с бобовым компонентом в травостое	в рядки при посеве, для предпосевной обработки семян, некорневых подкормок растений
Цинковые	сульфат цинка (21-23%), цинко-суперфосфат, (0,1%), отходы промышленности, в частности шлаки медеплавильных заводов (2-7%), цинковые полимикродобрения (ЦМУ) (19,6%)	заторможенный рост, пожелтение и пятнистость листьев, появляются бронзовые оттенки в окраске листьев, розетчатость и мелколистность, короткие междоузлия, маленькая поверхность листа. Рост побега обычно подавляется больше, чем рост корней. У картофеля на верхних и средних листьях появляется серовато-бурый, бронзовый оттенок. Клубни мелкие. У бобовых культур появляется крапчатость листьев. У пшеницы кроме признаков хлороза края листьев приобретают красноватый или коричневый оттенок	для карбонатных почв с нейтральной и слабощелочной реакцией, зафосфаченных почв, вследствие систематического применения высоких норм фосфорных удобрений	под зерновые, овощные, плодовые и ягодные культуры, сахарную свеклу, люцерну, кукурузу, фасоль, сою, картофель	в почву при посеве и в основное удобрение, для предпосевной обработки семян и некорневую подкормку растений

6 Комплексные удобрения



Разнообразие в уровне плодородия почв и особенности питания отдельных сельскохозяйственных культур обуславливает необходимость применять не только азот, фосфор и калий в виде соответствующих односторонних удобрений, но и два или три основных питательных элемента в определенном соотношении, а также микроэлементы.

Комплексные удобрения характеризуются высокой концентрацией питательных веществ, имеют хорошие физические свойства. В зависимости от особенностей культуры, почвенно-климатических условий, доз питательных веществ требования к соотношению элементов питания в удобрении могут быть различными. Значительная экономия труда и затрат на применение удобрений достигается в таких условиях применением **смешанных** и **сложных** удобрений.

6.1 Сложные удобрения

Сложными удобрениями называют удобрения, если они содержат два или три необходимых для питания растений элемента в составе одного химического соединения.

К сложным удобрениям могут быть отнесены комбинированные удобрения, получаемые в едином технологическом процессе и содержащие в грануле основные элементы питания растений. Они производятся путем специальной обработки различных одно- и двухкомпонентных удобрений или первичного сырья. К ним относятся нитрофоски, нитроаммофоски, фосфорно-калийные прессованные удобрения, сложно-смешанные гранулированные удобрения, жидкие сложные удобрения. Для них характерна высокая концентрация основных питательных элементов и отсутствие либо незначительное количество балластных веществ.

Отличительными особенностями комплексных удобрений от моно удобрений является расширенный спектр действия сразу нескольких элементов в почве на сельскохозяйственные культуры. Тем самым в зависимости от компонентов удобрения, как отдельно, так и в сочетании с другими, действия удобрений на почву, определены условия способы внесения под определенные культуры (табл. 12).

Таблица 12 – Основные агрономические свойства калийных удобрений

Удобрение	Компоненты удобрения	Физико-химические свойства	Действие удобрения на почву (подкисление или подщелачивание)	Для каких почв и при каких условиях более пригодно	Для каких культур имеет особое значение	Для какого способа внесения в почву агрономически особенно ценно	В сочетании с какими удобрениями более эффективно
1	2	3	4	5	6	7	8
Азопреципитат	азотно-фосфорное	гранулированное, без посторонних примесей, повышенная прочность гранул, высокая усвояемость действующих веществ, хорошая рассыпчатость и текучесть	подщелачивает	для всех типов почв, но наиболее эффективно на кислых почвах	для всех культур	предпосевное весной или осенью с заделкой в почву, а также в качестве подкормки в течение вегетационного периода	с азотно-калийными удобрениями
Азотно-кальциевое удобрение с серой	азотно-кальциевое с серой	кристаллическая соль белого цвета, хорошо растворимая в воде, гигроскопична и слеживается	подщелачивает	для бедных основаниями, кислых типов почв, особенно на дерново-подзолистых почвах	корневая и некорневая подкормка для овощей, декоративных, цветочных, а также плодово-ягодных культур.	весной под предпосевную культивацию, корневую и некорневую подкормку под озимые и пропашные культуры,	с азотными и фосфорными удобрениями
Азотно-фосфорное удобрение (АФУ)	азотно-фосфорное	гранулированное, с повышенной прочностью гранул, хорошая рассыпчатость, несслеживаемость, рассыпчатость	нейтральное	для всех типов почв	для всех культур	для осеннего, предпосевного, припосевного внесения как основное удобрение, в подкормках под сельскохозяйственные культуры	с азотно-калийными удобрениями
Азотно-фосфатное удобрение (САФУ)	азотно-фосфорное	гранулированное, с повышенной прочностью гранул, хорошая рассыпчатость, несслеживаемость, рассыпчатость	нейтральное	для всех типов почв	для всех культур	для осеннего, предпосевного, предпосевного внесения как основное удобрение, в подкормках под сельскохозяйственные культуры	с азотно-калийными удобрениями

1	2	3	4	5	6	7	8
Азотофосфат	азотно-фосфорное	светлые однородные гранулы без посторонних примесей, повышенная прочность гранул, хорошая рассыпчатость и текучесть	нейтральное; временно после внесения подкисляет дерново-подзолистые почвы	для всех типов почв	для всех культур; особенно для зерновых, овощных	основного внесения под обработку почвы, а также в качестве подкормок в период вегетации	с калийными удобрениями
Азофоска (нитроаммофоска)	азотно-фосфорно-калийное	гранулированное, от белого до светло-розового цвета, рассыпчатое, средняя гигроскопичность и слеживаемость, хорошо растворимо в воде	нейтральное	особенно эффективно для глинистых, торфяно-болотных, черноземных и песчаных почв	для всех культур, включая цветы и декоративные растения	основного внесения на тяжелых глинистых грунтах и на черноземных почвах осенью, в легкие грунты - под весеннюю вспашку, предпосевного внесения, подкормок	если необходимо совместно с азотными, фосфорными и калийными удобрениями, микроудобрениями
Азофоска с серой	азотно-фосфорно-калийное с добавлением серы в минеральной форме	гранулированное, от белого до светло-розового цвета, рассыпчатое, не низкая гигроскопичность и слеживаемость, хорошо растворимо в воде	нейтральное	особенно эффективно для глинистых, торфяно-болотных, черноземных и песчаных почв	для всех культур, включая цветы и декоративные растения	основного внесения на тяжелых глинистых грунтах и на черноземных почвах осенью, в легкие грунты - под весеннюю вспашку, предпосевного внесения, подкормок	если необходимо совместно с азотными, фосфорными и калийными удобрениями, микроудобрениями
Аммофос (моноаммоний фосфат)	фосфорно-азотное	гранулированное, светло-серый цвет, безхлорное, безнитратное удобрение с наивысшей концентрацией фосфора негигроскопичен, не пылит, не слеживается	подкисляет	для не кислых почв; для кислых почв при условии известкования или нейтрализации удобрения	для всех культур	для всех способов, но особенно для основного (весной или осенью), предпосевного (в рядки, борозды, лунки)	с азотными и калийными удобрениями
Аммофоска	азотно - фосфорно - калийное	гранулированное вещество розоватого или светло-серого цвета сложное, негигроскопично и не слеживается	нейтральное; временно после внесения подкисляет дерново-подзолистые почвы	для всех типов почв; особенно эффективно на глинистых, песчаных и торфяно-болотных почвах	для всех культур; особенно для зерновых, картофеля, масличных бобовых, и др.	для предпосевного удобрения и для подкормки в течение всего вегетационного периода, вносится в сухом виде и совместно с поливной водой	с азотными и удобрениями

1	2	3	4	5	6	7	8
Диаммофос (диаммоний фосфат)	фосфорно-азотное	гранулированное, концентрированное, водорастворимое, негигроскопично, не пылит и не слеживается	в общем нейтральное	для всех типов почв	для всех культур; под овощные, зерновые, кормовые, плодово-ягодные и др. культуры.	для всех способов, но особенно для подкормки в сухом виде и растворе	с азотными и калийными удобрениями
Диаммофоска (ДАФК)	азотно-фосфорно-калийное	гранулированное розового или красного цвета, химическая однородность, концентрированное, безнитратное, водорастворимое, негигроскопично, не слеживается	нейтральное	для почв, хорошо обеспеченных азотом: торфянистых, распаханых залежных и старопахотных, а также на почвах бедных фосфором и калием	для озимых и яровых зерновых, технических, пропашных, многолетних бобовых, плодово-ягодных, льна, риса,	основное, предпосевное при локальном (ленточном) способе внесения; в зоне недостаточного увлажнения - на полную глубину вспашки, в регионах с высоким уровнем осадков – поверхностно; для корневых и внекорневых подкормок	другими удобрениями применяется для тукосмешения; в условиях защищенного грунта вместе с азотными и калийными удобрениями
Жидкое комплексное удобрение (ЖКУ)	азотно-фосфорное	это прозрачная, зеленовато-голубоватая жидкость, которая практически не содержит нерастворимых остатков, взвесей	практически не подкисляет почву	для всех типов почв, особенно для карбонатных почв	для всех культур	сплошным распределением по поверхности почвы перед вспашкой и культивацией, локально при посеве и для подкормки с/х культур	с азотными и калийными удобрениями
Калиевая селитра	калийно-азотное	белая кристаллическая соль, нелетучее, слегка гигроскопичная, хорошо растворимая в воде	нейтральное	для нейтральных типов почв, на кислых не действует азот, на щелочных - фосфор	для всех видов культур; особенно для овощных, плодово-ягодных картофеля, подсолнечника)	для корневых и внекорневых подкормок в течение всего вегетационного периода	с азотными и фосфорными удобрениями

1	2	3	4	5	6	7	8
Нитроаммофос (нитрофосфат)	азотно-фосфорное	гранулированное, без посторонних примесей, серого цвета, бесхлорное, не гигроскопично и не слеживается	нейтральное	для всех типов почв	для всех культур	основное, предпосевное и местное удобрение в условиях открытого и защищенного грунтов; весной или осенью с заделкой в почву	с азотными и калийными удобрениями
Нитрофоска	азотно-фосфорно-калийное	гранулированное, белого или голубого цвета смесь различных солей, различают - сернокислое, сульфатное и фосфоритное	нейтральное	для торфяных, песчаных, болотистых, глинистых почв на кислонейтральных грунтах	для всех культур	основное (осенью на глинистых и торфяных почвах, весной на песчаных) и подкормка для всех сельскохозяйственных культур; подкормка многолетних видов растений перед началом периода вегетации	если необходимо совместно с азотными, фосфорными и калийными удобрениями, микроудобрениями
Сульфаммофос	азотно-фосфорное с серой	водорастворимое, гранулированное, серо-белого цвета, обладает выровненным гранулометрическим составом, не слеживается, не гигроскопично, не пылит	слегка подкисляет	для нейтральных, слабощелочных и щелочных почв; для кислых почв при известкования	для всех культур	для основного, предпосевного внесения, а также для подкормки растений	с азотными и калийными удобрениями
Трехкомпонентное азотно-фосфорно-калийное удобрение (NPK)	азотно-фосфорно-калийное	гранулированное, не содержит балластных веществ и вредных примесей, не гигроскопично и не слеживается, хорошо растворимое в воде	нейтральное	для всех типов почв	для всех культур	основное, при вспашке весной и осенью, припосевное в рядки, борозды, лунки и для подкормки в сухом виде с заделкой в почву, поверхностно или в жидком виде	если необходимо совместно с азотными, фосфорными и калийными удобрениями, микроудобрениями

6.2 Смешанные удобрения

Смешанные удобрения, или тукосмеси, получают механическим смешиванием односторонних или многосторонних удобрений. Жидкие комплексные удобрения — это водные растворы питательных солей, содержащие два или три основных питательных элемента.

Тукосмеси могут состоять из наиболее распространенных односторонних удобрений — аммиачной селитры, суперфосфата и калийных солей; из сульфата аммония, суперфосфата и хлористого калия. В качестве азотного компонента смешанных удобрений может применяться и мочевина. Приготовление тукосмесей из аммиачной селитры и суперфосфата без нейтрализующих добавок не рекомендуется, так как приводит к ухудшению физических свойств смеси.

В зависимости от особенностей удобряемой культуры и свойств почвы тукосмеси могут быть различного состава. Необходимое количество каждого вида одностороннего удобрения (для приготовления тукосмеси) рассчитывается по формуле:

$$M = \frac{a}{b} \text{ где}$$

M — количество одностороннего удобрения ц на 1 га;

a — количество питательного вещества, кг на 1 га;

b — содержание питательного вещества в 1 ц удобрения.

До приготовления смешанных удобрений необходимо установить правильное соотношение в них N:P:K с учетом обеспеченности почв этими элементами питания и потребностей тех или иных культур (или их групп). Соотношения питательных веществ, рекомендуемые в настоящее время, приводятся ниже.

Соотношение N: P ₂ O ₅ : K ₂ O	Вид (или их групп) сельскохозяйственных культур
1:1:1	для многих культур, возделываемых на почвах с одинаковой потребностью во внесении азота, фосфора и калия;
1:0,7:1,2	для основного удобрения на серых лесных почвах под коноплю, сахарную свеклу, картофель и зерновые (включая кукурузу);
1:1:1,5	для картофеля, кормовых корнеплодов и сахарной свеклы на легких почвах;
1:1,5:1,5	для основного удобрения овощных культур и других пропашных (в том числе силосных) с азотной подкормкой летом;
1:1,5:1	для локального внесения при посеве зерновых, сахарной свеклы и посадке картофеля на различных почвах;
1:2:0	для южных районов при хорошей доступности почвенного калия и интенсивной мобилизации почвенного калия;
0:1:1	для бобовых культур и растений на торфянистых почвах.

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.

Схема смешивания удобрений

	Сульфат аммония	Аммофос, диаммофос	Аммиачная селитра	Натриевая селитра	Карбамид (мочевина)	Суперфосфат	Фосфоритная мука	Преципитат	Хлористый калий	Известь	Навоз, помет
Сульфат аммония	Blue	Blue	Blue	Yellow	Blue	Yellow	Yellow	Yellow	Blue	White	White
Аммофос, диаммофос	Blue	Blue	Blue	Yellow	Blue	Yellow	Yellow	Yellow	Blue	White	White
Аммиачная селитра	Blue	Blue	Blue	Blue	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	White	White
Натриевая селитра	Yellow	Yellow	Blue	Blue	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	White
Карбамид (мочевина)	Blue	Blue	Yellow	Yellow	Blue	Blue	Yellow	Yellow	Yellow	White	Yellow
Суперфосфат	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Blue	Blue	Yellow	Yellow	Yellow	White	Blue
Фосфоритная мука	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Blue	Yellow	Yellow	White	Blue
Преципитат	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Blue	Yellow	White	White
Хлористый калий	Blue	Blue	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Blue	White	Blue
Известь	White	White	White	Yellow	Yellow	White	White	White	Yellow	Blue	White
Навоз, помет	White	White	White	White	Yellow	Blue	Blue	White	Blue	White	Blue



- можно смешивать



- можно смешивать только при внесении



- смешивать нельзя

6.3 Водорастворимые удобрения

Водорастворимое NPK удобрение – это, комплексное (азотно-фосфорно-калийное) физиологически сбалансированное удобрение содержащее мезо- (магний, кальций, сера) и микроэлементы (медь, железо, цинк, марганец) в хелатной форме (хелатирующий агент ЭДТА), а также бор, молибден в минеральной форме. Ключевые компоненты в производстве водорастворимых NPK удобрений – водорастворимый моноаммонийфосфат МАФ, который является источником фосфора и азота, и калиевая селитра, являющаяся источником калия.

На рынке сейчас доступна целая линейка марок, отвечающих уникальным запросам в питании целого спектра различных культур.

Производители разделяют их по назначению, определенной технологии выращивания и технологии проведения подкормок. Водорастворимые NPK-удобрения классифицируются по четырем целевым назначениям:

- выращивание тепличных культур на различных грунтах ;
- выращивание тепличных культур в беспочвенной среде;
- корневая подкормка полевых культур, выращиваемых в открытом грунте;
- листовая подкормка.

Однако даже внутри каждого такого «назначения» марки могут быть классифицированы по стадиям роста растений и выращиваемым культурам (конкретные плодовые и технические культуры, злаковые).

Преимущества внесения водорастворимых удобрений:

- 1) высокая эффективность применения в любых климатических зонах, в том числе засушливых;
- 2) равномерное внесение, точная дозировка распределения по площади;
- 3) возможность использования на разных стадиях вегетации культур;
- 4) быстрое проникновение в почву без необходимости обязательной заделки;
- 5) возможность применять в системах mini-till и no-till;
- 6) пролонгированность действия;
- 7) сокращение технологических затрат благодаря возможности совмещения внесения в смеси с пестицидами и другими жидкими минеральными удобрениями;
- 8) низкая стоимость единицы действующего вещества по сравнению с гранулированными формами.

Все водорастворимые NPK удобрение в основном делятся на три основных марки в зависимости от содержания макроэлементов:

1) удобрения с повышенным **содержанием фосфора**. Благодаря сбалансированному соотношению питательных элементов, рекомендуется к применению на всех культурах. Специальная формула на начальных этапах роста стимулирует развитие корневой системы, повышает уровень усвоения питательных веществ корневой системой, способствует формированию урожая. Недостаток

фосфора не может быть восполнен на последующих стадиях развития, способствует улучшению процессов обмена веществ, деления и размножения в растительных клетках; на стадии бутонизации — цветения ускоряет образование и формирование репродуктивных органов, повышает товарные качества получаемой сельскохозяйственной продукции;

2) **равновесное** удобрение. Разработано для комплексного питания растений на всех фазах роста: обеспечивает правильное развитие растений в течение всего вегетационного периода; эффективно в периоды, когда растения испытывают стресс (засуха, переувлажнение, повреждение болезнями и вредителями и др.). Наибольший эффект в системах фертигации открытого грунта достигается на почвах с низким содержанием доступных питательных веществ (песчаные, тяжелые, кислые и щелочные грунты). Прекрасно подходит для использования в тепличном производстве и при проведении внекорневых подкормок.

3) удобрение с повышенным **содержанием калия**. Благодаря сбалансированному соотношению питательных элементов, рекомендуется к применению на всех культурах. Специальная формула на финальных стадиях вегетации повышает устойчивость растений к условиям засухи; способствует равномерному созреванию; способствует лучшему плодоношению; улучшает вкусовые качества, товарный вид и лежкость получаемой продукции, повышает сахаристость корнеплодов сахарной свеклы.

Каждое водорастворимое удобрение обогащено как набором микроэлементов, так и отдельно кальцием или магнием.

Мировое потребление водорастворимых NPK удобрений составляет в среднем 1011 тыс. тонн. Основные страны потребители водорастворимых NPK удобрений — Испания, Бельгия, Нидерланды, США, Турция, Италия, Франция, Германия, Мексика, Канада, Индия, Китай, Израиль и ОАЭ. При этом на долю европейских стран приходится около половины всего объема потребления.

В России производством водорастворимых NPK удобрений занимаются ряд предприятий, таких как:

- АО «ОХК «УРАЛХИМ» под торговой маркой «SOLAR»;
- ЗАО «ФЕРТИКА» под торговой маркой «FERTIKA»;
- ЗАО «Яра» под торговыми марками «YaraVita»; «KRISTALON», «FERTICARE» и «FOLICARE»;
- ОАО «Буйский Химический завод» под торговыми марками «Акварин» и «Растворин»;
- ООО «Агромастер» под торговыми марками «АгроМастер» и «Плантафид» и др.

В Россию ежегодно импортируется около 6-7 тыс. тонн водорастворимых NPK удобрений. Основные экспортеры водорастворимых NPK удобрений в Россию — компания NU3 и HaifaChemicals, на которых приходится около 50 % от всего импортируемого объема.

7 Программирование урожайности сельскохозяйственных культур

Оптимальное минеральное питание растений должно основываться на трех положениях: научном прогнозировании, планировании и практической реализации поставленной задачи путем выполнения комплекса мероприятий в конкретных природных условиях.

Эти положения взаимосвязаны и взаимообусловлены, и влияют на конечный результат – получение запрограммированного урожая высокого качества.

В настоящее время разработаны основные принципы программирования урожая на основе определения прихода фотосинтетически активной радиации и использования ее растениями, биогидротермического показателя, влагообеспеченности посевов, фотосинтетического потенциала посевов, потенциала посевов, потенциальных способностей культуры и сорта, потребности растений в элементах пищи с учетом эффективного плодородия почвы, комплекса агротехнических мероприятий для каждой культуры, а также разработки конкретных мер по борьбе с болезнями, вредителями и сорняками и многое.

Определение уровня урожайности сельскохозяйственных культур корректно определять по лимитирующим факторам, одним из которых в Омской области является влагообеспеченность.

Влагообеспеченность растений – степень удовлетворения фактической их потребности в воде, то есть отношение поступающего и имеющегося в почве запаса продуктивной влаги к количеству требуемых для нормального развития растения. Это отношение выражает величину возможного урожая за счет ресурсов продуктивной влаги: $ДВУв = \frac{W}{Kw}$, где

$ДВУв$ – урожай культуры, т/га;

W – суммарное водопотребление, мм;

Kw – коэффициент водопотребления, мм/т.

Суммарное водопотребление (W) - общий расход воды с 1 га поля в кубических метрах: $W = Wв + Wо + 0,7 Wн - Wу$, где

$Wв$ – количество продуктивной влаги перед посевом культуры, мм;

$Wу$ – количество продуктивной влаги перед уборкой культуры, мм;

$Wо$ – осадки за вегетационный период, мм;

$Wн$ – оросительная вода, мм.

Коэффициент водопотребления (Kw) – производительный (потребление воды культурными растениями) и непроизводительный (физическое испарение, потребление воды сорняками, потери влаги) расход воды на 1 т урожая:

$$Kw = \frac{W}{Y}, \text{ где}$$

W – суммарное водопотребление, мм;

Y – урожай, т/га.

Программирование урожаев должно быть на осуществление перехода от урожая в производстве к действительно возможному урожаю и потенциальному урожаю.

Расчет потребности в удобрениях сельскохозяйственных культур, правомерно, проводят согласно планируемой урожайности с учетом запасов элементов питания почвы:

$$D = \frac{ПУ*H - C*Kn}{Ky}, \text{ где}$$

D – сезонная норма питательного элемента для обеспечения плановой урожайности, кг/га;

ПУ – планируемый урожай основной продукции, т/га;

H – потребность растений для создания 1 т основной продукции, кг;

C – содержание питательного элемента в почве, кг/га ($C = m \cdot d \cdot h$);

(при *m* – мг/100 г почвы, *d* – объемная масса, г/см³; *h* – слой почвы, см);

Kn – коэффициент использования питательного элемента из почвы;

Ky – коэффициент использования питательного элемента из удобрений,

В тоже время следует отметить, что все вышеуказанные виды удобрений и технологии их применения будет эффективны лишь при условии систематического агрохимического обследования почв под каждую культуру и ведение книги истории полей.

В Омской области на основании проведенных исследований учеными ОмГАУ и СибНИИСХ, установлены примерные выносы элементов питания основными культурами (Приложение 1), а также на основании собственных исследований агрохимическая служба установила рекомендуемые нормы внесения удобрений под сельскохозяйственные культуры (Приложение 2).

Вынос элементов питания основной продукции с учетом побочной
сельскохозяйственных культур

Культура	Основная структура	Вынос элементов питания 1 т основной и побочной продукции (кг)		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
яровая пшеница	зерно	40	15	48
озимая рожь	зерно	34	12	45
яровой ячмень	зерно	35	12	25
овес	зерно	36,4	12	34
просо	зерно	35	10	33
гречиха	зерно	36	16	43
горох	зерно	61	19	46
чечевица	зерно	59	20	28
кукуруза	зеленая масса	3,3	0,9	3,2
	зерно	4,3	1,12	3,5
подсолнечник	зеленая масса	3,0	0,8	3,7
	зерно	59	29	180
суданская трава	зеленая масса	4,1	1,6	-
однолетние травы	зеленая масса	4,6	1,7	4,7
многолетние травы	зеленая масса	3,5	2,0	5,0
вико-овсяная смесь	сено	35	10	32
клевер 2-3 года	сено	45	14	22
люцерна	сено	0,31	6,5	15
лен масличный	семена	70	20	70
яровой рапс	семена	55	30	50
соя	семена	72	23	38
кормовая свекла	корнеплод	4,0	1,3	5,0
сахарная свекла	корнеплод	5,3	2,1	8,2
столовая свекла	корнеплод	4,0	1,6	6,5
картофель	клубни	4,5	1,8	10,0
огурцы	плод	3,0	1,4	5,0
томаты	плод	2,4	0,9	5,0
капуста бел.	кочан	4,1	1,2	4,9
морковь стол.	корнеплод	3,0	1,2	5,0
репчатый лук	луковица	3,0	1,0	3,8

Рекомендуемые способы и дозы внесения минеральных удобрений под
сельскохозяйственные культуры

Почва	Культура	Основное внесение удобрений			Рядковое внесение удобрений		
		Доза, кг/га д.в.	Урожай- ность ц/га	Прибавка ц/га	Доза, кг/га д.в.	Урожай- ность ц/га	Прибавка ц/га
Чернозем южный	пшеница по пару	P ₆₀	17,2	3,8	P ₃₀	16,9	2,1
	пшеница по пшенице	N ₃₀ P ₄₀	13,4	2,4	P ₃₀	13,2	1,7
	силосные	N ₆₀	182	27	-	-	-
Чернозем обыкновенный	пшеница по пару	P ₆₀	17,5	3,7	P ₃₀	16,8	3,4
	пшеница по пшенице	N ₃₀ P ₄₀	13,6	3,0	P ₃₀	13,2	2,4
Чернозем выщелоченный	пшеница по пару	P ₆₀	21,0	4,3	-	-	-
	пшеница по пшенице	N ₁₄ P ₆₀	14,7	4,5	-	-	-
	ячмень	N ₆₀ P ₆₀	16,2	4,8	-	-	-
Чернозем солонцеватый	пшеница по пару	P ₆₀	12,0	3,4	-	-	-
	пшеница по пшенице	N ₆₀ P ₆₀	18,4	5,1	-	-	-
Солонец глубокий	пшеница по пару	P ₆₂	19,2	2,9	P ₃₅	19,0	3,1
	пшеница по пшенице	N ₆₀ P ₆₀	17,0	3,6	N ₃₀ P ₃₀	15,0	3,5
Лугово-черноземные	пшеница по пару	P ₆₀	19,1	4,3	P ₃₀	20,2	3,9
	пшеница по пшенице	N ₃₀ P ₃₀	14,1	2,9	P ₃₀	13,2	1,5
	многолетние травы	N ₆₀ P ₆₀	13,7	3,4	-	-	-