

Некоммерческая микрокредитная компания
«Оренбургский областной фонд поддержки малого предпринимательства»
Центр компетенций в сфере сельскохозяйственной кооперации
и поддержки фермеров Оренбургской области

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный аграрный университет»

УДОБРЕНИЯ.

Расчёт количества недостающих элементов.

Способы внесения удобрений.

Хранение и транспортировка удобрений.

(практическое пособие начинающему фермеру)



Некоммерческая микрокредитная компания
«Оренбургский областной фонд поддержки
малого предпринимательства»
Центр компетенций в сфере сельскохозяйственной кооперации
и поддержки фермеров Оренбургской области
Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный
аграрный университет»

УДОБРЕНИЯ.

Расчёт количества недостающих элементов.

Способы внесения удобрений.

Хранение и транспортировка удобрений

(практическое пособие начинающему фермеру)

УДК 631.812+631.816

ББК 40.40

У 31

Удобрения. Расчёт количества недостающих элементов. Способы внесения удобрений. Хранение и транспортировка удобрений (практическое пособие начинающему фермеру) / сост.: Шукин В.Б. [и др]. – Оренбург, 2022. – 76 с.

СОСТАВИТЕЛИ:

Шукин Виктор Борисович – доктор сельскохозяйственных наук, и.о. заведующего кафедры земледелия, почвоведения и агрохимии Оренбургского ГАУ

Петрова Галина Васильевна – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры земледелия, почвоведения и агрохимии Оренбургского ГАУ

Долматов Алексей Петрович – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры земледелия, почвоведения и агрохимии Оренбургского ГАУ

Васильев Игорь Владимирович – кандидат сельскохозяйственных наук, и.о. декана факультета агротехнологий, землеустройства и пищевых производств Оренбургского ГАУ

Сатункин Иван Викторович – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры земледелия, почвоведения и агрохимии Оренбургского ГАУ

Дерябин Сергей Николаевич – старший преподаватель кафедры земледелия, почвоведения и агрохимии Оренбургского ГАУ

Рецензент: заместитель директора ФГБУ Государственный центр агрохимической службы «Оренбургский» **Томин Александр Петрович**

В практическом пособии в доступной для начинающего фермера форме представлены сведения о современном состоянии и перспективах использования удобрений в Оренбургской области, видах удобрений и их свойствах, подборе видов удобрений и расчёте норм их внесения с учётом характеристик земельных ресурсов и возделываемых культур, способах их внесения. Приведены зональные особенности применения минеральных удобрений в Оренбургской области, расчёт их экономической эффективности. Рассмотрены условия хранения и транспортировки органических и минеральных удобрений, вопросы государственной поддержки сельскохозяйственных товаропроизводителей Оренбургской области на приобретение минеральных удобрений.

Предназначено для широкого круга специалистов сельскохозяйственных организаций, агропредприятий и фермерских хозяйств Оренбургской области, занимающихся возделыванием сельскохозяйственных культур.

Содержание

1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УДОБРЕНИЙ В ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ.....	4
2. ВИДЫ УДОБРЕНИЙ И ИХ ХАРАКТЕРИСТИКА	4
2.1 <i>Удобрения органические.....</i>	<i>13</i>
2.2 <i>Удобрения минеральные.....</i>	<i>15</i>
2.3 <i>Удобрения микробиологические.....</i>	<i>23</i>
2.4 <i>Удобрения на основе гуминовых кислот.....</i>	<i>25</i>
3. ПОДБОР ВИДОВ УДОБРЕНИЙ И РАСЧЁТ НОРМ ИХ ВНЕСЕНИЯ С УЧЁТОМ ХАРАКТЕРИСТИК ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ КОНКРЕТНОГО ФЕРМЕРСКОГО ХОЗЯЙСТВА И ВОЗДЕЛЫВАЕМЫХ КУЛЬТУР	26
4. ЗОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ В ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ.....	38
5. СПОСОБЫ ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ В ТЕХНОЛОГИЯХ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР: ОСНОВНЫЕ АГРОТЕХНИЧЕСКИЕ ПРИЁМЫ	45
6. ХРАНЕНИЕ И ТРАНСПОРТИРОВКА МИНЕРАЛЬНЫХ И ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ	50
7. РАСЧЁТ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ И ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ	59
8. ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПОДДЕРЖКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ТОВАРОПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ НА ПРИОБРЕТЕНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ.....	69

1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УДОБРЕНИЙ В ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ

Согласно данным Минсельхоза РФ, на текущий момент потребность в удобрениях постоянно возрастает. За прошедшие пять лет отечественный АПК увеличил потребление минеральных удобрений в 1,5 раза, и аналитики прогнозируют его удвоение к 2025 году. Это необходимо для реализации плана минсельхоза по увеличению объёмов применения удобрений. Для обеспечения растущих потребностей в минеральных удобрениях предприятия отрасли намерены существенно нарастить производственные мощности. В общей сложности вложения в их развитие до 2028 года составят 2,07 трлн руб.

В Оренбургской области научно обоснованный уровень внесения минеральных удобрений на 1 га пашни с учётом планируемой урожайности и выноса питательных веществ составляет в 2022 году 43,0 кг д.в. (действующего вещества), с увеличением до 49,0 кг в 2025 году. Для достижения этих показателей необходимо приобрести минеральных удобрений в 2023 году в действующем веществе 200,49, в 2024 году – 210,49, в 2025 году 220,98 тыс. тонн.

Для проведения сезонных работ в 2022 году согласно индикатору, установленному Минсельхозом России, нужно 127,6 тысяч тонн минеральных удобрений, или 13 кг д.в. на 1 гектар. Этот показатель больше уровня прошлых лет, но ещё значительно ниже научно обоснованного уровня (43,0 кг/д.в.).

2. ВИДЫ УДОБРЕНИЙ И ИХ ХАРАКТЕРИСТИКА

В системе применения удобрений используют их различные виды: органические, минеральные, микробиологические, удобрения на основе гуминовых кислот.

Представителями группы органических удобрений являются: навоз подстилочный и бесподстилочный (КРС, овечий, свиной, конский), птичий помёт (термически высушенный, сухой, подстилочный, бесподстилочный), торф, сидераты, солома, сапропель (осадочный ил открытых пресноводных водоёмов).

К минеральным удобрениям относят удобрения азотные, фосфорные, калийные, комплексные, микроудобрения. Комплексные удобрения представляют собой химические соединения, содержащие два и более

элемента питания в различных соотношениях друг с другом. К микроудобрениям относятся удобрения, содержащие химические элементы, необходимые растениям в небольших количествах: бор, марганец, медь, цинк, кобальт.

Удобрения микробиологические – биопрепараты на основе бактериальных штаммов, микробов, грибов. Как показывают исследования и практика, микроорганизмами переводят недоступные вещества в удобную для растений форму, разлагают пестициды, подавляют рост патогенов.

Удобрения на основе гуминовых кислот в основе своей имеют гуминовые кислоты. Гуминовые кислоты представляют собой сложную смесь высокомолекулярных природных органических соединений, образующихся в процессе гумификации органических остатков. Они входят в состав органической части торфа, углей, прежде всего бурых, почвы. Гуминовые кислоты – фракция, растворимая в щелочах и нерастворимая в кислотах (при $\text{pH} < 2$). Основным источником гуминовых кислот – отходы добычи бурого угля, откуда их извлекают при обработке слабыми водными растворами щелочей.

Основная задача применения органических и минеральных удобрений – обеспечение растений элементами питания, необходимыми для их жизнедеятельности в полной мере. Элементы питания подразделяются на макроэлементы и микроэлементы. Макроэлементы составляют от 10 до 0,01%. К ним относятся (кроме наиболее распространённых углерода, кислорода и водорода) и достаточно широко используются в составе удобрений азот, фосфор, калий, кальций, магний, сера.

Азот (N) – минеральный элемент, необходимый растению в наибольших количествах, входящий в состав любой аминокислоты, и, следовательно, в состав всех белков. Азот является составной частью нуклеиновых кислот, обеспечивающих передачу наследственных свойств, хлорофилла, входит в состав АТФ, являющегося одним из важнейших компонентов энергетического обмена. Регуляторная роль азота обусловлена тем, что ферменты являются белками, поэтому снабжение растения этим элементом может влиять на скорость химических реакций, а следовательно на скорость физиологических процессов.

Недостаток азота встречается почти на всех почвах, прежде всего лёгких. Факторами, влияющими на доступность и усвоение азота растениями, даже при высоком содержании элемента в почве, являются холодная погода, уплотнённая и холодная почва, слабая микробиологическая деятельность, запахивание большого количества соломы, недостаток влаги.

При длительном дефиците азота листья становятся бледно-зелеными, а затем окраска листьев приобретает различные тона жёлтого цвета, листья с красно-фиолетовыми жилками высыхают и преждевременно опадают. Недостаток азота тормозит рост побегов, что приводит к сокращению площади фотосинтезирующей поверхности. При недостатке азота накапливаются углеводы, которые не могут быть использованы для синтеза аминокислот и других азотных соединений. Уменьшение содержания хлорофилла при недостатке азота приводит к снижению интенсивности фотосинтеза, что, в свою очередь, приводит к снижению урожая. Недостаток азота приводит к снижению синтеза белков, что отражается на качестве продукции зерновых культур. Растениями-индикаторами на недостаток азота являются кукуруза, рожь и другие зерновые хлеба, горох, фасоль, цветная и кочанная капуста, картофель, фруктовые деревья.

Внесение азота не рекомендуется при возделывании бобовых культур (нут, соя, горох и др.), поскольку они сами производят азот. Азотфиксирующие почвенные организмы (клубеньковые бактерии), связанные с корнями бобовых, улавливают атмосферный азот и делают его доступным для растений.

Фосфор (P) крайне необходим в начальный период роста и развития растений, так как он влияет на интенсивность формирования корневой системы, что особо важно для регионов с засушливыми условиями. В растении всегда есть запас фосфора либо в виде ортофосфорной кислоты, либо в виде фитина. Во время засухи растение не может активно поглощать вещества из почвы, поэтому использует фосфор фитина. Как и азот, фосфор участвует практически во всех физиологических процессах. Без фосфора невозможны ни фотосинтез, ни дыхание. Он ускоряет переход растений к репродуктивной фазе развития, положительно влияет на формирование генеративных органов растения.

Недостаток фосфора встречается почти на всех почвах, но прежде всего на суглинистых и глинистых, преимущественно кислых. Факторами, влияющими на доступность и усвоение фосфора растениями, даже при высоком содержании элемента в почве, являются низкая температура почвы и воздуха, избыток ионов Al, Fe, Mn, хлорид- и нитрат- ионов в почве.

При недостатке фосфора листья растений становятся синевато-зелёными, нередко с пурпурным или бронзовым оттенком, а старые начинают желтеть от краев к центру, появляются некротические пятна, затем листья засыхают. У растений образуются узкие листья, задерживается рост надземных органов и формирование плодов. У зерновых культур при

недостатке фосфора верхушки нижних листьев окрашиваются в фиолетово-красный цвет, кущение слабое. Чётко эти признаки проявляются во время выброса метелки или колоса.

Растениями-индикаторами на недостаток фосфора являются кукуруза, морковь, гречиха, просо, овёс, горох, фасоль, томаты.

Калий (К), наряду с азотом и фосфором, является одним из трёх основных макроэлементов, необходимых растениям. Несмотря на то что калий не входит в состав ни одного органического соединения, он участвует в активации более шестидесяти ферментов, участвующих в синтезе белков, витаминов, крахмала и целлюлозы, что определяет его огромный вклад в метаболизм растений. Таким образом, он влияет на процессы образования и преобразования сахаров и энергии; контролирует открытие и закрытие устьиц листа, которые регулируют водный режим растения; играет важную роль в синтезе крахмала и передвижении сахаров в растении. В целом, калий очень важен для богатых углеводами культур, таких как картофель и сахарная свёкла.

Калий не только увеличивает урожайность, но и улучшает питательную ценность зерна, клубней и плодов за счёт увеличения содержания белка и масла в семенах, крахмала в клубнях и семенах, а также витамина С и сахара в плодах. У растений, которым не хватает калия, наблюдается торможение роста побегов. В растениях снижается содержание макроэргических соединений, подавляется синтез сахарозы и её транспорт по флоэме, замедляется синтез белка.

Чаще всего недостаток калия наблюдается на тяжёлых почвах, пойменных и торфяных. Факторами, влияющими на доступность и усвоение фосфора растениями, даже при высоком содержании элемента в почве, являются теплая и сухая погода, высокое содержание ионов Са и Mg в почве.

Окраска листьев при дефиците калия – тёмно-зелёная с голубоватым или бронзовым оттенком. Хлороз появляется на кончике и краях листьев (т. н. «краевой ожёг листа»), хлорозные участки изменяют окраску от бронзовой до тёмно-бурой и отмирают. Междоузлия укороченные, более тесное расположение долек листа, неравномерный рост листовой пластинки, морщинистость листьев, недостаточное развитие механических тканей, потеря тургора. Растения выглядят вялыми и отмирают. На листьях могут появиться пятна, которые сливаются. Корни длинные, слизистые, пожелтелые, с малым количеством боковых корешков. Растениями-индикаторами на дефицит калия являются кукуруза, рожь, капуста, брюква, фасоль, овёс, горох.

Избыток калия в почве препятствует поглощению ионов кальция и магния.

Магний (Mg) необходим всем культурам, входит в состав молекулы хлорофилла, тем самым участвуя в процессе фотосинтеза. При отсутствии магния не идёт синтез белка, так как большая и малая субъединицы рибосом соединены лишь в присутствии магния. Ионы магния нужны для активации ферментов, участвующих в фотосинтезе, дыхании, синтезе нуклеиновых кислот. Именно с активацией ферментов связано влияние магния на образование и транспорт углеводов, синтез белков и жиров, а также на превращение фосфорных соединений, непосредственно связанных с дыханием и обменом энергии. Магний может инактивировать некоторые ингибиторы ферментативных реакций.

Недостаток магния чаще всего встречается на лёгких песчаных и супесчаных почвах, преимущественно кислых. Факторами, влияющими на доступность и усвоение фосфора растениями, даже при высоком содержании элемента в почве, являются высокие дозы удобрений, содержащих ионы K, Na, NH₄.

У растений, испытывающих недостаток магния, задерживается цветение, а сами цветки менее интенсивно окрашены. Дефицит магния заметно усиливает окислительные процессы в растениях, у старых листьев наблюдается межжилковый хлороз (тёмно-зелёные жилки с жёлтыми участками между ними). На этих пожелтевших или хлоротичных листьях образуются пятна отмершей ткани, а края листьев скручиваются. Так как магний подвижен в растении, нижние или старые листья всегда поражаются первыми. Типичным признаком недостатка ионов магния является опадение листьев до достижения ими взрослого состояния. Растениями-индикаторами на дефицит магния являются рожь, пшеница, фруктовые деревья, виноград, картофель, табак.

Кальций (Ca) содержится в растениях в различных количествах, входит в состав мембран, стабилизируя их структуру. При недостатке в среде кальция увеличивается проницаемость мембран растительной клетки и они перестают быть барьерами, препятствующими свободной диффузии ионов.

Во всех тканях растений можно найти кристаллы, друзы, рафиды оксалата кальция. Эти кристаллические образования не растворяются в клеточном соке. Однако небольшое количество кальция необходимо для роста молодых тканей; при исключении его из питательного раствора в водных культурах наблюдается резкое угнетение корневой системы. Показана так-

же роль Ca^{2+} как регулятора процессов созревания плодов и последующего их хранения. Поддержание относительно высокой концентрации ионов кальция в тканях плодов уменьшает скорость созревания, наблюдаемую по уменьшению интенсивности дыхания, снижению синтеза этилена и меньшему размягчению плодовой мякоти. Так, опрыскивание деревьев груши в период плодоношения растворами солей $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ и CaCl_2 слабой концентрации вызывало замедление созревания и обеспечивало более длительную сохраняемость плодов. Старение других тканей (листья и цветки) также тормозится введением Ca^{2+} .

Дефицит кальция наблюдается чаще всего на лёгких и кислых, торфяных и засоленных почвах. Факторами, влияющими на доступность и усвоение кальция растениями, даже при высоком содержании элемента в почве, являются сухая и тёплая погода, колебание влажности почвы, избыток NH_4 – ионов, калийных и магниевых удобрений.

Признаки недостатка кальция появляются главным образом на молодых листьях, точке роста. Точка роста отмирает, листья хлоротичные, деформированные. Молодые побеги гибнут (образуют крюк), листья жёлто-белые или жёлтые, изменение окраски начинается с кончиков и краёв листьев, черешок под соцветием ломается. Растения выглядят вяло, на листьях может появиться опробкование, отмирание плодов начинается с чашечки. Корни короткие и скользкие, тёмно-коричневые или чёрные. Растениями-индикаторами на дефицит кальция являются лён, томаты, цветная капуста, яблоня.

Сера (S) поглощается растением в виде анионов SO_4^{2-} . В восстановленной форме она входит в состав белков в виде сульфгидрильной ($\text{R}-\text{SH}$) и дисульфидной ($\text{R}-\text{S}-\text{S}-\text{R}$) групп. Сульфгидрильную группу содержит аминокислота цистеин, трипептидглутатион, а дисульфидную группу – аминокислота цистин. Аминокислоты участвуют в формировании серосодержащих кислот, глутатиону принадлежит важная роль в окислительно-восстановительных процессах. Установлено, что группа SH входит в сложную молекулу коэнзима А, при участии которого в результате биологического окисления фиксируется освобождающаяся энергия, используемая затем в различных синтезах. Цель использования серы в производстве – прежде всего, увеличить качество сельскохозяйственных культур за счет увеличения содержания белка в растениеводческой продукции.

Сера входит также в состав специфических эфирных масел лука, чеснока (горчичных сульфидов), некоторых гликозидов, изоцианидов и подобных им веществ, характерных для растений из семейства Капустные.

Недостаток серы встречается чаще всего на лёгких, выщелоченных, с низким содержанием органического вещества почвах. Факторами, влияющими на доступность и усвоение фосфора растениями, даже при высоком содержании элемента в почве, являются избыточные дозы фосфорных и азотных удобрений, высокая концентрация селена в почве, низкая температура. Признаки недостатка серы появляются главным образом на молодых листьях. Самые молодые листья бледно-зелёные, жёлтые, жёлто-коричневые или коричневые, часто с некротическими пятнами. Жилки листа бледнее, чем окружающая ткань. Стебель короткий, тонкий и хрупкий, рост скованный. Нижние листья могут быть толще и твёрже. Корни белые, сильно разветвлённые, их кончики отмирают. Растениями-индикаторами на дефицит серы являются бобовые, крестоцветные и лилейные растения.

Микроэлементы обнаруживаются в растениях в количестве от 0,001 до 0,00001%. Наиболее распространёнными микроэлементами, используемыми в составе удобрений, являются бор, медь, цинк.

Бор (В) является важным микроэлементом для растений, необходимым прежде всего для поддержания целостности клеточных стенок. Бор необходим для роста и развития всех высших растений, его основная функция заключается в укреплении и поддержании целостности мембран клеток и клеточных органелл. Бор играет важную роль в растяжении клеток, синтезе нуклеиновых кислот, реагировании клеток на действие гормонов. Бор не входит ни в один фермент, но при этом влияет на скорость ферментативных реакций, активируя или атактивируя не сами ферменты, а субстраты, на которых они работают. Важная роль бора – образование комплексных соединений с различными веществами. Так, образование комплекса бора с углеводами влияет на направление расположения мицелл целлюлозы, что увеличивает её эластичность. Образование комплекса бора с сахарозой помогает ей легче проникать через мембраны и быстрее передвигаться по флоэме, что влияет на формирование урожая.

При недостатке бора нарушается синтез нуклеиновых кислот, без бора тормозится аминирование органических кислот. Листья бледнеют, хлороз распространяется от кончиков листьев. Листья хрупкие, уродливые, асимметричные, недоразвитые, междуузлия укороченные, точка роста отмирает. В кочанах и корнеплодах появляются пустые места. У фруктовых и овощных культур плоды недоразвитые и уродливой формы. Корни слабые, щетинистые, с большим количеством боковых, на концах утолщённых корешков. Почвы, на которых чаще всего встречается недостаток бора: кислые и щёлочные, с избытком CaCO_3 , лёгкие и орошаемые. Факторами,

влияющими на доступность и усвоение бора растениями, даже при высоком содержании элемента в почве, являются длительная засуха или избыточное увлажнение, интенсивное освещение, избыток азотных и калийных удобрений. Растениями-индикаторами являются сахарная, кормовая и столовая свёкла, турнепс, люцерна, клевер, белый донник, люпин, чина, подсолнечник, сурепица, капуста кочанная и цветная, шпинат, яблоня.

Медь (Cu) участвует в транспорте электронов при дыхании и фотосинтезе. Участвует в азотном и белковом обменах за счёт активации фермента нитратредуктазы и протеазы.

При недостатке меди у однодольных наблюдается свёртывание молодых листьев около средней жилки, потеря тургора и увядание растений. Листья ломкие, кончики листьев от жёлто-белой до жёлто-зеленой окраски. Задержка фазы выхода в трубку, образование колосьев слабое, колосья пустые и белые. У двудольных могут образоваться жёлто-коричневые некротические пятна, генеративное развитие замедляется. Корни длинные и тонкие, с белыми боковыми корешками. Чаще всего встречается недостаток меди на почвах с высоким содержанием органического вещества, кислых и песчаных, торфяных и рекультивированных. Факторами, влияющими на доступность и усвоение меди растениями, даже при высоком содержании элемента в почве, являются высокая концентрация ионов P, N и Zn в почве, избыток растворимых соединений тяжёлых металлов в почве, жаркая погода. Растениями-индикаторами являются пшеница, овес, ячмень, турнепс, бобы, травы, салат, лук, морковь, цветная капуста, редька, столовая свёкла, шпинат, чеснок, укроп, груша, яблоня, слива, абрикос.

Цинк (Zn) требуется для поддержания активности многих ферментов, а также синтеза хлорофилла. В присутствии цинка ускоряется поглощение калия, марганца и молибдена. Цинк играет важную роль в образовании фитогормона ауксина (ИУК), что отражается на темпах роста растений.

Признаки дефицита цинка преимущественно локализованы. На листьях появляются хлороз, пожелтение и пятнистость, переходящая иногда и на жилки. Признаки быстро распространяются. При большом недостатке появляется некроз. Голодание сильно выражено сразу после распускания листьев. Рост застывший, асимметричность листьев, укороченные междоузлия, розетчатость и мелколистность. Листья бывают свёрнутые, хрупкие и ломкие. На концах побегов деревьев появляется розетчатость. Рост корней слабый и замедленный. Факторами, влияющими на доступность и усвоение меди растениями, даже при высоком содержании элемента в

почве, являются высокие дозы фосфорных и азотных удобрений, обильное известкование, низкая температура, уплотнённая почва, низкое содержание органического вещества. Растениями-индикаторами являются кукуруза, фасоль, соя, лён, хмель, чеснок, абрикосы, персики, сливы, виноград.

Марганец (Mn) активирует ферменты, катализирующие реакции цикла Кребса и восстановления нитратов, участвует в фотолизе воды, активирует ферменты, участвующие в окислении одного из фитогормонов – индолилуксусной кислоты, что имеет большое значение для гормональной регуляции роста.

Чаще всего встречается недостаток марганца на почвах с щелочной и нейтральной реакцией, избытком CaCO_3 . Факторами, влияющими на доступность и усвоение марганца растениями, даже при высоком содержании элемента в почве, являются сухая погода, низкая температура почвы, низкая интенсивность освещения, высокое содержание ионов P, Fe, Cu, Zn в почве.

При дефиците марганца хлорофилл быстро разрушается, на молодых побегах и листьях могут появиться хлоротические пятна с жёлтой, палёвой окраской. Позднее может появиться и некроз. У листьев с сетчатым строением пятна имеют округлую, а у листьев с параллельным жилкованием – удлинённую форму. Кончики листьев часто подсохшие, листья увядшие, в нижней или средней части бывают надломленные и обвисшие. У двудольных хлороз в виде мозаики. Образование корней слабое, корни малоразвитые и часто с коричневой окраской. Растениями-индикаторами являются овёс, ячмень, пшеница, сахарная, кормовая и столовая свёкла, бобы, фасоль, горох, огурцы, лук, шпинат, салат, чеснок, редис, редька, яблоня, абрикос, черешня, вишня, виноград, персик, слива.

Молибден (Mo) – необходим для работы нескольких ферментов, в том числе нитратредуктазы, участвующей в восстановлении нитратного азота в нитритный, и нитрогеназы, ответственной за превращение газообразного азота в аммонийный в азотфиксирующих микроорганизмах.

Чаще всего встречается недостаток молибдена на сильнокислых почвах, лёгких, с высоким содержанием органического вещества. Факторами, влияющими на доступность и усвоение марганца растениями, даже при высоком содержании элемента в почве, являются высокое содержание ионов Mn, Fe, Cu и сульфат-ионов в почве, высокие дозы нитратного азота. При слабом недостатке молибдена появляется жёлтая или бледно-коричневая окраска, или некротические пятна. При сильном недостатке хлорозная ткань отмирает. У крестоцветных – окраска зелёная или зелёно-синяя, листовая пластинка искривляется и редуцируется. Точка роста и сердечко

отмирают. Цветение и образование семян замедляются. Уменьшаются величина, количество, и изменяется цвет клубеньковых бактерий. Растениями-индикаторами являются люцерна, клевер, горох, бобы, вика, люпин, цветная капуста, шпинат, салат.

Кобальт (Co) особенно нужен растениям с белковым типом обмена веществ — многолетним и однолетним бобовым культурам. Кобальт участвует в ферментных системах клубеньковых бактерий, которые осуществляют фиксацию атмосферного азота, поэтому способность к накоплению этого элемента у бобовых культур выше, чем у злаковых. При недостаточном снабжении бобовых культур кобальтом на корнях образуется мало клубеньков, они мелкие и бледные, а их численность и масса составляет лишь 50 – 65% от возможного. Участие кобальта в жизни высших растений, не способных к фиксации азота, косвенное — он стимулирует клеточную репродукцию листьев.

2.1 Удобрения органические

К использованию рекомендуются прежде всего полуперепревшие и перепревшие формы подстилочного навоза.

Положительной стороной использования органических удобрений является дополнительное внесение в почву макро- и микроэлементов, а за счёт поступления органики – улучшение структуры почвы и её физических свойств, повышение численности и активности полезной микрофлоры, восполнение запасов гумуса, обогащение приземного слоя воздуха углекислым газом. Важным моментом их применения является возможность снижения количества минеральных удобрений, что позволяет избежать чрезмерного загрязнения водных источников, а также значительного накопления нитратов в растениеводческой продукции.

При неграмотном использовании органических удобрений возможны негативные последствия. К ним можно отнести: засорение почвы семенами сорных растений при использовании бесподстилочных форм или слабоперепревших подстилочных органических удобрений; снижение всхожести семян сельскохозяйственных культур при внесении высоких доз удобрений, особенно птичьего помёта; перевод минерального азота почвы в недоступные формы целлюлозоразрушающими бактериями при использовании соломы и слаборазложившегося навоза с высоким содержанием соломы; образование токсичных соединений при разложении соломы (например, различные производные фенола); в случае неравномерного распределения органического вещества по поверхности и пахотному слою возможно усиление пестроты плодородия почв.

Различные формы органических удобрений могут значительно различаться по удобрительной ценности. Наиболее ценным является термически высушенный птичий помёт, а далее в порядке снижения следуют сапропель, навоз КРС, а также навоз конский, свиной, овечий. Следует отметить, что в сравнении с другими видами органических удобрений в птичьём помёте макроэлементы находятся в более усвояемых для растений соединениях.

Качество органических удобрений оценивается прежде всего по содержанию в них основных элементов питания – азота (общего, белкового, аммонийно-аммиачно-амидного, нитратного), фосфора и калия. По данным, представленным Ряховским А.В. с соавторами (2004), в термически высушенном птичьём помёте содержание общего азота (N), фосфора (P_2O_5) и калия (K_2O) в % составляет в среднем, соответственно, 4,5-2,7-1,7. В подстилочных формах навоза содержание данных элементов в % составляет, соответственно: КРС – 0,55-0,20-0,60; свиного – 0,84-0,58-0,62; конского – 0,59-0,26-0,59; овечьего – 0,86-0,47-0,88; птичьего помёта – 2,1-2,5-0,9.

Весь урожай соломы, в качестве органического удобрения, за исключением расхода её на подстилку, необходимо оставлять при уборке зерновых культур на поверхности почвы в измельчённом виде, который затем будет разложен целлюлозоразрушающими бактериями, возвращая часть питательных веществ, поглощенных растением, и восполняя частично органическое вещество почвы. Содержание общего азота, фосфора и калия в соломе составляет (в %) в среднем 0,50-0,07-0,65. Вместе с тем, при разложении соломы целлюлозоразрушающими бактериями происходит иммобилизация азота. Снизить негативные процессы возможно за счёт азота минеральных удобрений. Азотные удобрения при этом вносятся в размере 1% от массы, оставляемой в почве соломы.

Ценным органическим удобрением является сапропель – это органические и минеральные донные отложения пресноводных водоёмов (прудов, озёр), которые сформировались из отмершей водной растительности, остатков живых организмов, планктона, также частиц почвенного перегноя. Сапропель содержит 12 – 80% органического вещества в расчёте на сухую массу. При этом, в среднем, содержание общего азота, фосфора и калия составляет здесь, соответственно, 2,2-0,5-0,6%.

Сидераты (зелёное удобрение) – это свежая растительная масса, запахиваемая в почву для обогащения её органическим веществом, обеспечивающим улучшение физических свойств почвы, и элементами питания. Содержание общего азота, фосфора и калия зависит от вида сидеральной

культуры. Чаще всего используются люпин, донник, чина, эспарцет, горчица и гречиха.

Торф образуется в процессе естественного отмирания и неполного распада болотных растений в условиях избыточного увлажнения и затруднённого доступа воздуха. Здесь они разлагаются не полностью по сравнению с почвой. Торф является ценным органическим удобрением. Различают торф верховой, формирующийся на возвышенных местах, и низинный, местом образования которого являются овраги и заболоченные речные поймы. Они различаются по уровню разложения и, соответственно, по содержанию макроэлементов. Содержание общего азота, фосфора и калия (в %) в верховом и низинном торфе составляет, соответственно, 1,10-0,10-0,07 и 3,0-0,4-0,2.

Вермикомпост (биогурус) – это продукты, получаемые в результате переработки дождевыми червями органического сырья (навоза, птичьего помёта, смесей различных отходов сельского и коммунального хозяйства, пищевой и деревообрабатывающей промышленности). Является сбалансированным органическим удобрением, содержащим 30% органических веществ (на сухое вещество), 0,8 – 3% азота, 0,8 – 5% фосфора, 1 – 2% калия, другие макро- и микроэлементы.

2.2 Удобрения минеральные

Удобрения азотные.

Растения в процессе жизнедеятельности не могут усваивать молекулярный азот, но могут использовать аммонийные, нитратные, нитритные формы азота, а также некоторые органические соединения азота – мочевины и аминокислоты. Эффективность использования той или иной формы азота определяется биологическими особенностями самих растений, агрохимическими свойствами почвы и свойствами удобрений. Так, в растениях, бедных углеводами, образование органических кислот осуществляется низкими темпами, что приводит к замедлению синтеза аминокислот. Аммиак при этом накапливается в растении в свободном виде, что может привести к отравлению растений. В то же время данное явление происходит не всегда, так как в растении имеются механизмы связывания свободного аммиака с образованием амидов – аспарагина и глутамина, которые впоследствии распадаются, вновь образуя аминокислоты и аммиак. Аминокислоты идут на образование белков, аммиак – на образование новых аминокислот.

Нитратные формы азота – основные формы поступления азота в рас-

тение из почвы. Вместе с тем, в какой бы форме ни поступал в растение азот, в синтезе аминокислот, белков и других азотсодержащих соединений он может участвовать только в восстановленной форме – в виде аммония. Поэтому нитратный азот в растении в результате окисления углеводов восстанавливается до аммиака.

Нитраты могут накапливаться в растениях до определённого предела без вреда. Нитраты – лучшая форма питания растений в молодом возрасте, когда листовая поверхность небольшая, вследствие чего в растениях ещё слабо проходит фотосинтез и не образуются в достаточном количестве углеводы и органические кислоты. С увеличением листовой поверхности усиливается фотосинтез углеводов, при окислении которых образуются органические кислоты, что, в свою очередь, способствует связыванию аммиака дикарбоновыми кислотами с образованием аминокислот, а затем и белков. Для культур, в которых содержится достаточное количество углеводов (например, клубни картофеля), аммиачные и нитратные формы азота в начале роста растений практически равноценны. Для культур, в семенах которых углеводов содержится мало (например, сахарная свёкла), нитратные формы азота имеют преимущество перед аммиачными.

Эффективность использования аммиачного или нитратного азота определяется реакцией почвы. Аммиачное питание лучше при нейтральной реакции (чернозёмные и тёмно-серые лесостепные почвы), а нитратное — при pH 5,5 и ниже (т.е. на слабо-кислых и кислых почвах). Аммиачный азот может использоваться более эффективно, чем нитратный, если устранить побочное явление физиологической кислотности аммонийных солей. Аммонийный азот быстрее используется растениями для синтеза аминокислот и белков, чем нитратный. Аммонийный азот, поступивший в корни, уже в течение 5 – 10 мин почти полностью используется на синтез аминокислот и в виде органических соединений поступает в листья на образование белков. При поступлении в растение ионы аммония увлекают за собой фосфатные ионы, что способствует лучшему использованию фосфатов на фоне аммиачного питания растений по сравнению с нитратным.

Различные формы азота меняют направленность физиолого-биохимических процессов в растениях. При аммиачных формах питания повышается восстановительная способность в клетках растения, вследствие чего образуются восстановленные органические соединения (масла, жиры). При использовании нитратных форм в питании преобладает окислительная способность клеточного сока, приводящая к усилению процессов образования органических кислот. В этом случае важно обеспечить

растение фосфором и молибденом. Недостаток молибдена тормозит восстановление нитратного азота до аммиака, что приводит к накоплению нитратов в растениях в свободном состоянии. Аммиачные и нитратные формы минеральных удобрений должны использоваться с учётом вида культуры и условий её возделывания (орошение, степень увлажнения, механический состав почвы). Учитывая более высокую подвижность в почве нитратов, можно повысить коэффициент использования азота правильными сроками, способами внесения удобрений и сочетанием аммиачных и нитратных форм.

Производство минеральных азотных удобрений осуществляется только промышленным способом на основе получения синтетического аммиака из молекулярного азота и водорода, природных газов и отходов коксохимического производства. В результате окисления аммиака получают азотную кислоту для производства нитратных удобрений. Сейчас в ассортименте азотных удобрений значительное место занимают аммиачные и амидные формы, в частности, аммиачная селитра и мочевина (табл. 1).

Таблица 1 – Характеристика основных азотных удобрений

Наименование удобрений	Содержание азота, %	Форма изготовления, цвет	Растворимость в воде	Гигроскопичность
Аммонийно-натриевые удобрения				
Селитра аммиачная (NH ₄ NO ₃)	34,4	гранулы белые	хорошая	высокая
Амидные удобрения				
Мочевина (CO(NH ₂) ₂)	46	гранулы белые	хорошая	высокая
Нитратные удобрения				
Селитра натриевая (NaNO ₃)	16	кристаллический порошок белый	хорошая	слабая
Селитра кальциевая (CaNO ₃)	16	кристаллический порошок белый	хорошая	высокая

Основное достоинство азотных удобрений – хорошая растворимость, что определяет их высокую подвижность в почве и лучшее усвоение корневой системой растений. Основной недостаток ряда азотных удобрений (селитра аммиачная, кальциевая и мочевина) – высокая гигроскопичность, которая при повышенной влажности воздуха приводит к перекристаллизации частиц удобрений в более крупные кристаллы, к образованию довольно слитных комков, что затрудняет их внесение в почву,

ухудшает равномерность распределения на единице площади, в конечном итоге способствует образованию очагов с чрезмерно высокой концентрацией почвенного раствора.

Удобрения фосфорные.

В условиях Оренбургской области проблема обеспеченности фосфором стоит очень остро, так как 45% пашни расположено на почвах с низким и 44% со средним содержанием фосфора. В целом возникает необходимость внесения фосфора на площади около 5 млн га.

В России залежи фосфатного сырья располагаются на Кольском полуострове. Это апатиты, в которых содержание P_2O_5 составляет 7 – 28%.

Промышленность выпускает несколько видов фосфорных удобрений (табл. 2).

Таблица 2 – Характеристика основных фосфорных удобрений

Наименование удобрений	Содержание азота, %	Форма изготовления, цвет	Растворимость в воде	Гигроскопичность
Суперфосфат простой ($Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$ +7CaSO ₄ +2HF	14-19	а) порошковая б) гранулированная	растворим в воде	высокая
Суперфосфат двойной ($Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$	42-49	гранулированная	растворим в воде	слабая
Преципитат ($CaHPO_4 \cdot 2H_2O$	25-35	порошковая	нерастворим	слабая
Фосфоритная мука ($Ca_3(PO_4)_2$	19-25	порошковая	нерастворима в воде и кислотах. Фосфор становится доступным в кислых и дерново-подзолистых почвах	слабая

Необходимый состав вносимого удобрения и его эффективность зависят от характеристик почвы, например, эффективность внесения фосфоритной муки зависит от рН почвы. Перемещение фосфора от места внесения составляет до 8 см, в связи с этим поверхностное внесение под боронование или культивацию будет неэффективно, так как гранулы удобрения будут сосредоточены практически на поверхности, кроме внесения

на орошаемых участках, когда фосфор передвигается по профилю почвы до глубины 30 см.

В современном производстве доля удобрений, содержащих в своём составе только один фосфор, падает и всё больше производится комплексных удобрений, содержащих два или три элемента питания.

Удобрения калийные.

Калий является макроэлементом, который не входит ни в одно из органических соединений в растении, а содержится в виде солей и их ионов, прежде всего в молодых органах растений. Несмотря на это калий играет важную роль в осмотических явлениях в клетках, в водном обмене растений. Калий активирует большое количество ферментов, участвующих в реакциях синтеза и гидролиза АТФ, а также в синтезе различных веществ, в том числе углеводов. Этим, прежде всего, определяется влияние калия на рост, развитие и формирование урожая сельскохозяйственных культур. Содержание калия в почве считается низким при 100 – 200 мг/кг почвы и очень низким при наличии в почве менее 100 мг/кг.

Калийные удобрения являются основным видом калийсодержащей продукции. Больше всего используется калий хлористый, на его долю приходится более 90% калия, используемого в качестве удобрений (табл. 3).

Таблица 3 – Характеристика основных калийных удобрений

Наименование удобрения	Содержание калия, %	Форма изготовления, цвет	Растворимость в воде	Гигроскопичность и слеживаемость
Калий хлористый(KCl)	54-60	розовый кристаллический порошок	хорошая	гигроскопичен, слеживается
Калий сернокислый (K ₂ SO ₄)	46-50	белый порошок	хорошая	слабая, слабая
Калимагнезия (K ₂ SO ₄ + MgSO ₄)	30	серо-розовый порошок	хорошая	слабая, слабая
Калийная соль, смешанная (KCl+NaCl)	40	розовый порошок кристаллический,	хорошая	сильная слеживаемость
Сильвинит(KCl+NaCl)	15	розово-бурые кристаллы	хорошая	сильная слеживаемость

Все калийные удобрения хорошо растворимы в воде. Сам калий, имея положительный заряд, поглощается твёрдой фазой почвы, в связи с чем перемещение его по профилю незначительное, в пределах 5 – 8 см от внесённых удобрений. Вместе с тем, поглощённый физико-химически калий может вытесняться из состава почвенно-поглощающего комплекса и хорошо усваиваться растениями. Степень его усвоения из состава минеральных

удобрений первой культурой составляет 25 – 35%, второй – 2 – 5% от внесённых доз.

Удобрения комплексные.

Производятся они в твёрдом и жидком виде и подразделяются на три группы:

- сложные, содержащие в своём составе 2 – 3 элемента питания и получаемые в едином технологическом процессе;

- сложно-смешанные удобрения, получаемые путём химической и физической обработки исходных компонентов одно- и двухкомпонентных удобрений;

- смешанные удобрения, получаемые посредством механического смешивания простых удобрений, отличаются различным соотношением элементов питания в зависимости от потребностей сельскохозяйственных культур. В ряде случаев, при механическом смешивании простых туков возможны нежелательные процессы, проявляющиеся в ухудшении физических свойств (повышение гигроскопичности, разрушение гранул, усиление слеживаемости), снижении растворимости, потере элементов питания из состава туков. Форма изготовления твёрдых комплексных удобрений – гранулы диаметром 2 – 4 мм.

Жидкие комплексные удобрения – это питательные растворы, содержащие в своём составе 2 – 3 макроэлемента (N-P-K), в ряде случаев Ca, Mg, S и микроэлементы (B, Mo, Co и др.).

Особые преимущества ЖКУ: устранение потерь при транспортировке, перегрузках, хранении и внесении, равномерность распределения по поверхности почвы, возможность растворения в них гербицидов, инсектицидов и фунгицидов, микроэлементов, ростовых веществ, более высокая экономическая эффективность по сравнению с твёрдыми туками.

Смешанные удобрения могут быть порошковидными и гранулированными. Преимущество таких удобрений заключается в том, что изготовить их возможно с любым соотношением питательных веществ.

К основным достоинствам комплексных удобрений можно отнести высокую концентрацию и одновременное внесение нескольких элементов питания, что обеспечивает эффект синергизма и увеличение в связи с этим степени усвоения макроэлементов из состава удобрений к гарантированному и более сильному положительному их воздействию на развитие растений, независимо от места их размещения в севооборотах, типа и подтипа почв (табл. 4).

Форма изготовления твёрдых комплексных удобрений – гранулы

Таблица 4 – Характеристика основных комплексных удобрений

Наименование удобрения	Содержание, %				
	Азот	Фосфор	Калий	Сумма	
Сложные					
Аммофос ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$)	12	54	0	62	
Диаммофос ($(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$)	18	50	0	68	
Селитра калийная (KNO_3)	13	0	45	58	
Сложно-смешанные					
Нитрофос ($\text{HNO}_3 + \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 +$ ($\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$)	24	14	0	38	
Нитрофоска (Нитрофос+KCl):	А	16	16	13	45
	Б	13	16	13	42
	В	12	12	12	36
Нитроаммофос ($\text{NH}_3 + \text{HNO}_3 + \text{H}_3\text{PO}_4$)		23	23	0	46
		16	24	0	40
Нитроаммофоска (Нитроаммофос +KCl):	А	17	17	17	51
	Б	13	19	19	51
ЖКУ (жидкие комплексные удобрения) ($\text{NH}_3 + \text{H}_3\text{PO}_4 + \text{HPO}_3 +$ NH_4NO_3)+KCl+ $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$		9	9	9	27
		10	34	0	44

диаметром 2– 4 мм. Жидкие комплексные удобрения (ЖКУ) – растворы солей, содержащие 2 – 3 макроэлемента (N-P-K), в ряде случаев Ca, Mg, S и микроэлементы (B, Mo, Co и др.). ЖКУ не содержат аммиак в свободной форме, поэтому допустимо их внесение на поверхность почвы с последующей заделкой почвообрабатывающими орудиями. К преимуществам ЖКУ можно отнести устранение потерь при транспортировке, хранении и внесении, равномерное распределение по поверхности почвы. На их основе легко приготовить баковую смесь с различными средствами защиты растений. В целом они имеют более высокую экономическую эффективность по сравнению с твёрдыми удобрениями.

Смешанные удобрения получают за счёт механического смешивания исходных компонентов, что позволяет приготовить удобрение с заданным соотношением питательных веществ в соответствии с потребностями возделываемых культур.

Микроудобрения.

К микроэлементам относят элементы минерального питания, содер-

жание которых в растениях достигает от 0,00001 до 0,01%. Несмотря на такое содержание, наличие микроэлементов в почве в усвояемой форме является необходимым условием выращивания высоких урожаев сельскохозяйственных культур. Микроэлементы входят в состав ферментов, витаминов и гормонов и таким образом участвуют в регуляции биохимических процессов, происходящих в растительных организмах, например, синтезе запасных веществ (белков, жиров, углеводов), что во многом определяет величину и качество урожая. При этом необходимость применения химических соединений, содержащих микроэлементы, обусловлена дефицитом их доступных соединений в почве.

Микроудобрения выпускаются как в виде отдельных химических соединений (соли, кислоты), содержащих в своём составе только по одному микроэлементу, так и в виде комплексных удобрений, содержащих не только микро-, но и макроэлементы. В настоящее время многие микроэлементы выпускают в форме хелатных соединений, имеющих более высокую эффективность при поступлении их в растение. Способы использования микроудобрений могут быть разными: 1) внесение в почву (до и при посеве), если микроэлементы входят в состав макроудобрений; 2) некорневые подкормки водорастворимыми соединениями микроэлементов; 3) предпосевная обработка семян химическими соединениями микроэлементов.

К основным удобрениям, содержащим микроэлементы, можно отнести:

Бормагниевое удобрение – содержит 2,2% В и 14% MgO. Используется на зернобобовых, гречихе, свёкле, моркови. Способ применения – взброс до посева, с заделкой в почву в дозе 20 кг/га.

К борным удобрениям относят борную кислоту (17% В). Используется для предпосевной обработки семян зерновых и овощных культур – 3 л/ц семян 0,02% раствора, корнеплодов и картофеля – 3 л/ц семян 0,01% раствора.

К медным удобрениям относят сернокислую медь, содержащую 25,4% Cu. Норма сернокислой меди для обработки посевов зерновых, зернобобовых и свёклы – 300 г/га + 300 л/га воды.

В качестве цинковых удобрений используют сернокислый цинк – для предпосевной обработки семян зерновых, зернобобовых, свёклы, подсолнечника используют дозу 0,35 кг/т, для некорневого внесения – 0,7 кг/га.

Марганцевые удобрения представлены сернокислым марганцем, содержащим 23% Mn. Для обработки семян пшеницы, кукурузы и гороха – 0,5 кг /т, для некорневой подкормки – 300 л/га 0,1% раствора.

Из кобальтовых удобрений наиболее известен сернокислый кобальт. Применяется на зерновых, зернобобовых и бобовых в дозе 0,2 кг/т для обработки семян и 0,2 кг/га при некорневом внесении.

Микроудобрения, в различных соотношениях, могут являться составными частями смешанных удобрений.

2.3 Удобрения микробиологические

По действующим препаратам микробиологические удобрения можно разделить на две основные группы:

Азотификсаторы – препараты, содержащие штаммы клубеньковых бактерий. Симбиотические бактерии образуют на корнях растения клубеньки с азотфиксирующими микроорганизмами, способными фиксировать молекулярный азот из воздуха и переводить его в доступную для растений форму. Этот азот используется растениями на рост, развитие и формирование урожая в течение всего периода вегетации. Положительным моментом здесь является то, что количество вносимого в почву минерального азота может быть уменьшено на 30 – 70%.

Фосфат-мобилизаторы – микроорганизмы, высвобождающие фосфор из грунтовой органики.

Внесение микробиологических удобрений повышает урожайность на 15 – 40% у большинства выращиваемых культур, резко снижает потребление других удобрений. Повышает биологическую активность почв, улучшает их экологические и агротехнические характеристики.

Примером микробиологических удобрений являются Азотовит и Фосфатовит.

Азотовит обладает азотфиксирующими свойствами, т.е. способствует переводу азота в форму, пригодную для питания растительного организма. В его состав входят живые клетки и споры бактерий *Azotobacter chroococcum*. Он обеспечивает растения азотным питанием; существенно снижает содержание вредных нитратов в почве и токсическое влияние фунгицидов на проростки растений; подавляет фитопатогенную микрофлору; позволяет выращивать экологически чистую продукцию с высоким содержанием витаминно-минеральных веществ полезных для человека; способствует развитию вегетативной системы растений (лист, стебель, соцветие); повышает урожайность; восстанавливает плодородие почв.

Фосфатовит обладает фосфатмобилизирующими свойствами почвенных бактерий, т.е. способствуют растворению силикатных минералов и высвобождению фосфора и калия из сложных соединений с переводом

их в доступные для растения формы. В его состав входят живые клетки и споры бактерий *Bacillus mucilaginosus*. Фосфатовит обеспечивает растения фосфорным и калийным питанием, существенно снижает содержание вредных фосфатов в почве и токсическое влияние фунгицидов на проростки растений, подавляет фитопатогенную микрофлору, повышает эффективность применения сложных минеральных удобрений, способствует развитию корневой системы растений, восстанавливает плодородие почвы.

Кроме этого, у обоих препаратов следует подчеркнуть некоторые важные свойства:

- экологичность, является натуральным по своему происхождению, способствует восстановлению нормальной структуры микробиоценоза почвы;

- экономичность, меньший расход по сравнению с традиционными компостами и биогумусами за счёт того, что вносится непосредственно под корневую систему растения (возможно одновременно с его высаживанием в грунт), а не массово по всей поверхности почвы;

- эффективность, повышение урожайности до 40%;

- простота применения, растворяются в чистой воде прямо в рабочих ёмкостях, не требуют отстаивания, фильтрации и не засоряют опрыскивающее оборудование;

- применение для традиционных методов ведения личного подсобного хозяйства (совместимы со всеми видами органических и неорганических удобрений) и экологического земледелия;

- широкий спектр использования препаратов как для выращивания садово-ягодных культур, овощей, так и для декоративного, в том числе и комнатного цветоводства;

- биологическая безопасность подтверждена государственной регистрацией продуктов, свидетельствами ФГУП ГосНИИ Генетика, санитарно-эпидемиологическими заключениями Федеральной службы по надзору в сфере прав потребителя и благополучия человека;

- оказание мягкого, но мощного позитивного воздействия на рост растений и развитие;

- незаменимы в природоохранных и водоохранных зонах, где применение химических препаратов ограничено или запрещено.

Полный ассортимент микробиологических удобрений, разрешённых к использованию, представлен в «Государственном каталоге пестицидов и агрохимикатов, разрешённых к применению на территории Российской Федерации», который постоянно обновляется.

2.4 Удобрения на основе гуминовых кислот

Гуминовые кислоты, составляющие основу данных удобрений, не имеют токсичных, канцерогенных и мутагенных свойств, не обладают эмбриологической активностью. Они легко и быстро включаются в метаболизм, в связи с чем в остаточных количествах в растениях не обнаруживаются. При этом физиологической активностью обладают не сами гуминовые кислоты, а их соли одновалентных щелочных металлов и аммония. Это объясняется тем, что гуминовые кислоты нерастворимы в воде и не могут поглощаться растениями, в то время как соли одновалентных щелочных металлов и аммония гуминовых кислот хорошо растворяются в воде и становятся доступными для растений. Используют гуматы трёх модификаций: гумат натрия, гумат калия и гумат аммония.

Гуматы обладают разносторонней направленностью действия: регулирование биоэнергетических процессов, стимулирование обменных процессов, повышение интенсивности поступления элементов питания в клетки, усиление ферментативных систем, повышение устойчивости организма к стрессовым факторам. Всё это позволяет использовать их в качестве удобрений и в качестве регуляторов роста растений. Создаются и комплексные препараты, в которых кроме солей гуминовых кислот присутствуют микроэлементы, органические кислоты, аминокислоты, витамины.

В настоящее время производится более 60 различных препаратов, которые входят в группу «Удобрения на основе гуминовых кислот» и применяются для предпосевной обработки семян и некорневой обработки растений в различные фазы роста и развития. Препараты увеличивают устойчивость растений к неблагоприятным факторам среды, положительно влияют на урожайность зерновых, овощных и кормовых культур, повышают качество получаемой продукции. Наиболее отзывчивыми на гуматы культурами являются овощные, плодовые и кормовые (кукуруза на зерно, кормовая свёкла и др.).

При предпосевной обработке семян и некорневом внесении на посевах культур, удобрения на основе гуминовых кислот целесообразно совмещать со средствами защиты растений – гербицидами, инсектицидами, гербицидами. Это связано и с тем, что гуматы снижают стрессовое воздействие, оказываемое пестицидами на культурные растения. Примером удобрений на основе гуминовых кислот являются Гумат калия Суфлер, Гуми-30.

В практике использования гуматов на посевах сельскохозяйствен-

ных культур нужно ориентироваться на «Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешённых к применению на территории Российской Федерации».

3. ПОДБОР ВИДОВ УДОБРЕНИЙ И РАСЧЁТ НОРМ ИХ ВНЕСЕНИЯ С УЧЁТОМ ХАРАКТЕРИСТИК ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ КОНКРЕТНОГО ФЕРМЕРСКОГО ХОЗЯЙСТВА И ВОЗДЕЛЫВАЕМЫХ КУЛЬТУР

Почвы разных типов обладают различной степенью плодородия. Плодородие – это способность почвы обеспечивать растения питательными веществами, водой, теплом и воздухом, т.е. всеми компонентами, которые нужны для их нормального роста и развития. Как известно, одним из морфологических признаков почвы является её гранулометрический состав. По гранулометрическому составу почвы следует делить на глинистые, суглинистые и песчаные.

Глинистые почвы – это тяжёлые спрессованные почвы. Они отличаются повышенной плотностью и вязкостью, почти полной воздухо-непроницаемостью. По этой причине корни растений не получают достаточного количества кислорода. Без кислорода в глинистой почве не могут существовать микроорганизмы, которые являются важной частью процесса почвообразования. Они разлагают органические вещества, из-за нехватки воздуха замедляется распад органических компонентов почвы. Почвы беднеют, и растения не могут получить нужные им питательные вещества. К тому же, глинистые почвы практически не пропускают влагу, делая невозможным развитие внутренней капиллярной системы, которая создаёт оптимальную среду для роста растений. Увлажнённые, эти почвы слишком сильно слипаются, вода задерживается в поверхностных слоях, скапливаясь в прикорневой зоне высаженных растений. Из-за избытка влаги корни загнивают и растения погибают. Ещё одним существенным недостатком глинистых почв является то, что они плохо прогреваются весной солнечными лучами.

Биологические качества глинистых почв можно повысить с помощью внесения навоза. Однако навоз КРС способствует, в какой-то степени, засолению, поэтому на тяжёлых глинистых почвах лучше использовать конский или овечий навоз, а предпочтительней торф.

Для обеспечения глинистых почв макро- и микроэлементами можно применять натриевую или кальциевую селитру. Они являются щелочными удобрениями, которые рекомендуются к использованию на кислых почвах. Также на глинистых почвах будет эффективна азофоска. Азотно-фосфорно-калийное удобрение марки NPK на тяжёлых глинистых почвах целесообразней вносить с осени под основную обработку.

Суглинистые почвы являются промежуточными между песчаными и глинистыми грунтами, обладая достоинствами и тех и других, они почти не имеют недостатков. Такие почвы считаются наиболее пригодными для возделывания различных сельскохозяйственных культур. Неоспоримым преимуществом суглинистых почв является высокий уровень водо- и воздухопроницаемости. Эти почвы могут сохранять влагу, равномерно распределяя её по всей толще горизонта, и удерживать тепло. На таких почвах не требуется больших вложений труда и средств. Будет вполне достаточно регулярно вносить органические удобрения. На лёгких суглинках, где органика разлагается скорее, и питательные вещества быстро уходят в глубинные слои почвы, перепревший навоз лучше вносить на максимальную глубину.

Песчаные почвы в своей основной массе состоят из песка. Помимо него в них встречаются фракции минерального происхождения и небольшое количество перегноя. Основное свойство песчаной почвы – это повышенная водо- и воздухопроницаемость, но она не способна сохранять влагу и противостоять эрозии. В числе главных недостатков почвы с песчаным гранулометрическим составом – её низкие биологические качества и скромная популяция микроорганизмов. Для улучшения такой почвы нужно сначала повысить физические и химические характеристики песчаных почв путем внесения тех веществ, которые обладают связующими и уплотняющими свойствами, – это торф, сапрпель. Эти меры помогают нормализовать микрофлору почвенных горизонтов и создать самые благоприятные условия для почвообразования и нормального роста растений. Для предотвращения быстрого вымывания питательных компонентов лучше регулярно вносить удобрения, оказывающие быстрое действие, используя малые дозировки.

В процессе жизнедеятельности растения поглощают различные ионы, входящие в состав солей, из которых состоят азотные удобрения, в разных количествах, что приводит к изменению рН среды. В связи с этим удобрения подразделяют на физиологически кислые, щелочные и нейтральные.

Физиологическая кислотность удобрения – это его свойство подкислять почвенный раствор в связи с преимущественным использованием растениями катионов из состава соли. Такое явление происходит, например, при использовании аммония хлористого (NH_4Cl) и аммония сернокислого ($\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$). Вследствие более быстрого поглощения аммония (NH_4^+) растениями оставшиеся в почвенном растворе анионы Cl^- и SO_4^{2-} вызывают его подкисление.

Физиологическая щелочность удобрения – это его свойство подщелачивать почвенный раствор в связи с преимущественным использованием растениями анионов из состава соли. Это возможно при внесении в почву азотнокислых натрия (NaNO_3) и кальция (CaNO_3). Ион NO_3^- , как более необходимый растению элемент, поглощается в первую очередь, оставшиеся же в составе почвенного раствора катионы подщелачивают его.

Физиологически нейтральные удобрения – это те, у которых и катион и анион поглощаются равномерно, например, азотнокислый аммоний (NH_4NO_3), при этом реакция среды не меняется.

Физиологическую реакцию солей следует учитывать в практике применения удобрений с учётом pH почвы и сельскохозяйственной культуры, предпочитающей ту или иную реакцию почвенного раствора.

Определение оптимальной (нормы) дозы применения удобрения – один из наиболее важных и сложных вопросов агрохимии. Это обусловлено не только сложностью взаимодействия между растением, почвой, удобрением, агротехникой, погодными условиями, но и многообразием методов расчёта оптимальной дозы. Под оптимальной понимают такую дозу удобрения, которая обеспечивает получение запланированного урожая культуры с выходом продукции требуемого качества, даёт максимальный доход с одного гектара и возможность повышать или сохранять плодородие почвы на заданном уровне.

Следует различать норму и дозу удобрения. **Норма удобрения** – это количество удобрения в килограммах действующего вещества на гектар, вносимого под культуру за весь период её вегетации. **Доза удобрения** – это количество удобрения в килограммах действующего вещества на гектар, применяемого в один приём. В настоящее время имеется большое число методов определения потребности растений в удобрениях. Их можно объединить в три группы: статистические, нормативные и балансовые.

Статистические (эмпирические) методы определения норм удобрений под планируемый урожай основываются на многолетних экспериментальных данных. На основе обобщения результатов полевых опытов

устанавливают средние нормы удобрений полевых культур:

$$H_o = H_p \times K,$$

где: H_o – оптимальная доза, кг/га;

H_p – рекомендованная доза, кг/га;

K – поправочный коэффициент к рекомендованной дозе.

Это направление обосновано работами Д.Н. Прянишникова, А.Н. Лебедянцева, А.В. Соколова и др.

В различных почвенно-климатических зонах страны полевые опыты с удобрениями проводятся опытными станциями и научно-исследовательскими институтами и зональными агрохимическими лабораториями по единым схемам. На основании обобщения результатов географических полевых опытов выявляются закономерности изменения эффективности удобрений в зависимости от почвенно-климатических условий, агротехники и других факторов, разрабатываются рекомендации по их рациональному применению.

В первую очередь минеральные удобрения вносятся под культуры, производство которых имеет важное народнохозяйственное значение. Географической сетью опытов с удобрениями ВИУА были установлены примерные средние дозы удобрений по зонам страны для основных культур и выявлены различия в плодородии полей, расположенных на одном почвенном типе. Агрохимические анализы позволили уточнить запасы отдельных элементов питания в почве и разработать поправки к средним дозам удобрений. Широко используемый в настоящее время способ определения доз удобрений с помощью поправок к рекомендуемым средним дозам позволяет избежать грубых ошибок, однако он не обеспечивает получение максимального эффекта от применения удобрений. Это объясняется тем, что средние дозы установлены чисто эмпирическим путем по эффективности удобрений при разных уровнях плодородия почв.

В течение многих лет развивается другое направление в разработке рациональных доз удобрений, принимающее за основу потребность растений в питательных элементах. В данном случае наряду с учётом потребностей растений принимается во внимание количество доступных растениям элементов питания в почве, на которой они будут выращиваться. При расчёте доз удобрений на планируемый урожай учитываются коэффициенты использования растениями 7 элементов питания из почвы и удобрений, которые устанавливают в полевом опыте. Эти исследования превращают по-

левой метод исследования из чисто эмпирического в аналитический, позволяющий от констатации прибавок урожая в данном полевом опыте перейти к прогнозированию эффективности удобрений.

Нормативный метод расчёта доз удобрений основан на использовании затрат удобрений на производство 1 т урожая основной продукции с учётом побочной. Дозы фосфорных и калийных удобрений определяют по формуле:

$$D = Y_n \times H \times K,$$

где: D – доза удобрений, кг/га д.в.;

Y_n – планируемая урожайность, т/га;

H – нормативы затрат удобрений на 1 т продукции;

K – поправочный коэффициент к дозам удобрений на агрохимические свойства почвы.

Расчётно-балансовый метод. Этот метод широко распространён, так как учитывает все статьи прихода и расхода питательных веществ.

При использовании метода элементарного баланса учитывают:

- 1) вынос питательных веществ урожаем культуры;
- 2) содержание подвижных питательных веществ в почве;
- 3) коэффициент использования питательных веществ из почвы;
- 4) коэффициент использования питательных веществ из удобрений.

При определении норм удобрений балансово-расчётным методом по выносу питательных веществ растениями на основе коэффициентов использования питательных веществ из почвы и удобрений учитывают вынос питательных веществ растениями, их содержание в почве и коэффициенты использования питательных веществ из почвы и удобрений. Расчётно-балансовый метод базируется на применении следующей формулы:

где: $N_{э.п.}$ – норма элемента питания на формирование запланированного урожая, кг/га;

B – вынос элементов питания урожаем, кг/га (урожайность основной продукции, т/га \times расход элементов питания, кг/т основной продукции);

P – запас элементов питания в слое почвы 0 – 30 см, кг/га

$$N_{э.п.} = \frac{(100 \times B) - (P \times K_n)}{K_y} - \frac{D_o \times C_o \times K_o}{100},$$

(содержание э.п., мг/кг $\times 3 \times$ объёмная масса почвы, г/см³);
 K_n , K_y , K_o – степень усвоения э.п. соответственно из почвы, минеральных и органических удобрений, %;
 D_o – норма органического удобрения, т/га;
 C_o – содержание элементов питания в 1 тонне органического удобрения, кг.

Этот метод учитывает вынос элементов питания запланированным урожаем, запасы и степень усвоения его из почвы и удобрений, а потому вполне удовлетворителен.

Примерный вынос питательных веществ с урожаем различных сельскохозяйственных культур показан в таблице 5.

Таблица 5 – Расход макроэлементов полевыми культурами

Культура	Основная продукция	Расход с 1 т основной продукции с учетом побочной.кг		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Озимая рожь	Зерно	31	13	27
Озимая пшеница	„	37	11	25
Яровая пшеница	„	42	10	20
Ячмень	„	30	10	20
Овес	„	28	14	27
Кукуруза	„	19	10	31
Просо	„	30	10	33
Гречиха	„	35	15	39
Горох, нут	„	65	15	20
Вика	„	62	13	16
Подсолнечник	Семена	60	26	186
Картофель	Клубни	6	2	8
Свекла сахарная	Корнеплоды	60	4	14
Свекла кормовая	„	4	1	7
Эспарцет	Сено	25	5	13
Люцерна	„	26	7	15
Суданская трава	„	16	6	14
Житняк + люцерна	„	20	6	14
Житняк	„	15	-	-
Овес + горох	„	10	5	20
Кукуруза на силос	Зел. масса	4	1,3	4,3
Подсолнечник на силос	„	5	1,0	6,0
Озимая рожь	„	3,0	2,5	5,0

Средние коэффициенты использования азота, фосфора и калия сельскохозяйственными культурами из разных почв приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Степень усвоения макроэлементов

Показатели	Культуры	%		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Почва	Зерновые	60 (нитратный)	1-10	9-20
	Пропашные	—”—	8-15	17-40
Минеральные удобрения	Зерновые	30-50	10-20	25-45
	Пропашные	50-70	20-25	60-70
Органические удобрения	Зерновые	20-30	25-35	50-60
	Пропашные	30-40	35-45	60-70

Значения этих коэффициентов непостоянные, они изменяются в зависимости от биологических особенностей сельскохозяйственных культур, плодородия почв, погодных, агротехнических и других условий. Это затрудняет получение объективных данных при расчёте норм удобрений с использованием усреднённых значений коэффициентов.

Расчёты осложняются и из-за того, что запасы питательных веществ учитываются только в пахотном слое, хотя они используются растениями и из более глубоких слоёв. Коэффициенты использования питательных веществ из удобрений менее изменчивы, чем коэффициенты использования питательных веществ из почвы. Но и они изменяются в зависимости от биологических особенностей культур, почвенных и погодных условий, форм и норм удобрений, способов их внесения и других условий.

Приведённые коэффициенты дают только некоторое представление об использовании элементов питания растениями из почвы и удобрений и являются весьма условными. Для каждого конкретного случая данные по выносу питательных веществ урожаем и коэффициентам их использования растениями из почвы и удобрений могут быть получены на станции химизации, обслуживающей соответствующую зону.

Нормы удобрений при расчётном методе определяют следующим образом. Например, на южном чернозёме, содержащем в 1 кг 24 мг подвижного фосфора и 250 мг подвижного калия, запланировано получить 40 ц зерна озимой пшеницы. Расход с 1 т основной продукции с учётом побочной у данной культуры составит по фосфору 11 по калию – 25 кг/т. Следовательно, вынос с планируемой урожайностью составит фосфора – 44 кг калия – 100 кг. Содержание подвижного фосфора в почве составит $(24 \times 3) = 72$ кг/га; калия – $(250 \times 3) = 750$ кг/га. Коэффициент использования питательных веществ из почвы условно примем для фосфора 10 и калия 20%, а из удобрений – соответственно 20 и 45%. Чтобы получить запланированную урожайность, потребуется 36,8 кг P₂O₅ (44 – 7,2), а вот калийных удобрений

не понадобится, так как 150 кг К₂О растения могут взять из почвы.

Таким образом, чтобы получить урожайность зерна озимой пшеницы 40 ц/га при заданном содержании подвижного фосфора и калия в почве, требуется внести из расчёта на 1 га 37 кг P₂O₅. При определении туков вносимых минеральных удобрений учитывают содержание питательных веществ в самом удобрении. Например, простой суперфосфат содержит 20% д.в., следовательно для обеспечения планируемой урожайности озимой пшеницы понадобится 184 кг/га простого суперфосфата.

В практике при наличии соответствующей информации используются и другие методы определения норм удобрений: на планируемую прибавку урожая, с использованием нормативов баланса питательных веществ за севооборот, по функциям продуктивности в системе почва – растение – урожай и др. Выбор того или иного метода для расчёта норм удобрений определяется наличием необходимой для этого информации.

Все используемые при расчётах норм азотных, фосфорных и калийных удобрений величины сильно изменяются в зависимости от сельскохозяйственных культур и их отдельных сортов, почвенных, погодных, агротехнических и многих других факторов. Поэтому при расчётах необходимо располагать разработанной применительно к местным почвенно-климатическим условиям исходной информацией. Нормы удобрений, рассчитанные с использованием усреднённых в целом по стране величин, будут весьма ориентировочными и неприемлемыми для производства.

Сегодня обеспечение продовольственной безопасности, улучшение качества жизни невозможно без технологий химизации сельского хозяйства, в которых едва ли не главную роль играют удобрения. Высокие цены на минеральные удобрения ставят перед производителем сельскохозяйственной продукции жёсткие условия, что вынуждает его искать новые технологии их внесения. Одним из элементов таких технологий является точное земледелие.

Дифференцированное внесение удобрений на сегодняшний день, по мнению многих, является ключевым элементом в точном земледелии, позволяющим экономить на внесении удобрений и, прежде всего, за счет увеличения выхода продукции с поля.

По мнению самарских учёных (Л.В. Орлова, 2010), наиболее перспективным является дифференцированное внесение фосфорно-калийных удобрений в режиме «off-line» и азотных – в режиме «on-line», поскольку содержание фосфора и калия в почве с течением времени значительно не меняется, а содержание азота варьирует весьма существенно в зависимости от

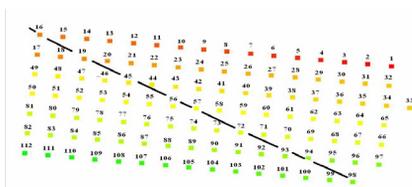
температуры, влажности и прочих физических и биологических факторов.

В традиционном земледелии дозу удобрения рассчитывают усреднённо, одну на всё поле. Для этого поле разбивается на участки площадью чаще всего 20 – 25 га, с показаний которого после агрохимического анализа рассчитывается усреднённая норма на всё поле. Но чаще всего отбор почвенных образцов, для расчёта усреднённого значения, ведётся по диагоналям поля. Внесение удобрений по усреднённой норме предполагает одинаковую потребность в питательных веществах на всём поле, тогда как потребность в удобрении на разных участках поля может отличаться в разы. В результате внесения удобрений по усреднённой норме создаётся переизбыток удобрений на одних участках поля и нехватка на других, что соответственно влияет на количество и качество урожая, а также на плодородие и экологическую обстановку территории.

В системе же точного земледелия пробы отбираются с «проблемных» участков, которые определяются по электронной карте урожайности или методом «сеточного отбора», т.е. поле разбивается на элементарные одинаковые участки, например, по 1 га.

Из-за отсутствия электронной карты урожайности в ООО «Новотроицкое» Бузулукского района, т.е. в Западной зоне Оренбургской области, в октябре 2012 г. для взятия почвенных образцов был использован метод «сеточного отбора». Поле с помощью специальной программы было разбито на 112 элементарных участков, нумерация которых показана на рисунке.

Рисунок – Карта точек отбора почвенных проб для агрохимического обследования



На каждом из элементарных участков почва отбиралась в пяти местах методом «конверта», из которых были сформированы средние образцы для каждого участка. Затем в агрохимической лаборатории был проведён агрохимический анализ образцов на содержание элементов питания.

Полученные данные были использованы для расчёта норм удобрений в традиционном земледелии и в системе точного земледелия. Проведём на карте прямую линию по диагонали поля, например, в направлении с северо-запада на юго-восток, и запишем номера участков, которые «попали» в

диагональ: 16; 19; 45; 44; 57; 72; 93; 94 и 98, т.е. девять участков. Теперь в соответствии с номерами выпишем результаты агрохимического анализа на содержание в них фосфора и калия (табл. 7).

Таблица 7 – Содержание подвижных форм фосфора и калия в отобранных участках по диагонали поля

№ участка	16	19	45	44	57	72	93	94	98	Среднее значение
Содержание фосфора, мг/кг	22	12	19	15	20	17	14	13	24	17,3
Содержание калия, мг/100 г	11	14	19	14	14	15	20	18	33	17,6

Проведённые нами расчёты показали (табл. 8), что за счёт дифференцированного внесения удобрений по сравнению с традиционным внесением минеральных удобрений на площади 112 га экономится аммофоса – 1,7 т и хлористого калия – 20,0 т.

Таблица 8 – Нормы внесения минеральных удобрений (т) в традиционном и точном земледелии на поле площадью 112 га

Удобрение	Традиционное внесение удобрений	Дифференцированное внесение удобрений (точное земледелие)	Экономия удобрений при дифференцированном внесении удобрений	
			т	%
Аммофос	23,0	21,3	1,7	7,4
Хлористый калий	52,3	32,3	20	38,2

Таким образом, наиболее перспективным является дифференцированное внесение калийных удобрений. В то же время, при использовании фосфорных удобрений, нами не выявлено явного преимущества от дифференцированного и традиционного способа их внесения.

Работа по дифференцированному внесению удобрений в учебно-опытном хозяйстве ОГАУ способом off-line выполняется в следующем порядке. На I этапе создаётся электронная карта по обеспеченности почвы химическими элементами питания. Данную карту можно получить несколькими способами, отличающимися друг от друга набором используемого оборудования и технических средств картирования полей.

В нашем случае для получения электронного контура поля использовали систему картирования урожайности комбайна Claas Lexion 540С, которая обеспечивает определение урожайности на каждом участке. Данные по урожайности во время уборочных работ записываются на чип-карту бортового компьютера комбайна, затем обрабатываются на стационарном компьютере в программе Agro-Map Start, таким образом получают электронную карту поля по урожайности. Анализ урожайности позволяет определить «проблемные» участки, то есть участки с минимальным уровнем урожайности. Таким образом, использование элементов точного земледелия позволяет отбирать почвенные пробы не со всего поля, а с «проблемных» участков, что существенно экономит время и затраты на получение агрохимических исследований.

II этап – отбор почвы. Методика отбора почвенных проб заключается в выделении элементарных участков согласно методическим указаниям, разработанным ВНИИА. Так как при создании карты-задания для дифференцированного внесения удобрений опирались на данные урожайности, то выделение элементарных участков основано было на использовании результатов мониторинга урожайности. Применяя контуры урожайности в качестве элементарных ареалов, отобрали 20 почвенных образцов. Глубину отбора почвенных проб для выявления основных агрохимических показателей почвенного плодородия определяли мощностью пахотного слоя (0 – 30 см), а отбор проб в заданной точке осуществляли автоматическим пробоотборником Fritzmeier Profi 90. Технология отбора в точном земледелии состоит, прежде всего, в определении координат выделенных участков на электронной карте. Местонахождение таких участков на поле устанавливается с помощью высокоточного GPS-приёмника. Карта урожайности позволяет избежать отбора проб на границе участков с различным уровнем урожайности.

Данные результатов анализа свидетельствуют о неоднородности агрохимических показателей по опытному полю. Даже в границах одного контура с определённым уровнем урожайности соседствуют участки с содержанием гумуса от 1,9 до 4,7%, подвижных соединений фосфора – от 15 до 26 мг/кг и щёлочногидролизуемого азота – от 42 до 90 мг/кг почвы. Достичь нормативной окупаемости удобрений в таких условиях без технологии точного земледелия практически невозможно. Полученные результаты указывают напрямую на зависимость между содержанием гумуса, подвижного фосфора, щёлочногидролизуемого азота и урожайностью. Чем выше содержание гумуса, фосфора и азота в почве, тем выше уровень урожайности.

Участки полей с содержанием гумуса менее 2%, как правило, подвержены водной эрозии, когда заметен выход материнской породы на поверхность. Менее значимая зависимость получена по содержанию подвижного калия.

III этап – расчёт дозы удобрений на планируемый урожай. Учитывая рекомендации агрохимиков по эффективному использованию фосфорных удобрений в Оренбургской области, провели расчёт нормы фосфора Д_ф в килограммах действующего вещества на гектар (кг/га д.в.):

$$D_{\phi} = Y_x \cdot H \cdot \frac{\Pi}{\Pi_c},$$

где: Y – планируемая урожайность сельскохозяйственной культуры, т/га;

H – нормативные затраты фосфорных удобрений для получения 1 т основной продукции, кг/т;

Π – планируемое содержание подвижного фосфора в почве, мг/кг;

Π_с – содержание подвижного фосфора по данным агрохимического обследования, мг/кг.

Таким образом, в зависимости от урожайности была рассчитана норма внесения удобрений по элементарным участкам, которая составила от 25,4 до 46,2 кг/га д.в.

Рассчитанные значения норм внесения удобрений формируют в программе SMS-Advanced карту-задание на внесение удобрений, состоящую из элементарных участков, цвет которых соответствует заданной норме внесения фосфорных удобрений в физическом весе.

IV этап – дифференцированное внесение удобрений в режиме off-line. Карта-задание загружается в бортовой компьютер Insight. При движении агрегата по полю во время внесения удобрений бортовой компьютер Insight, используя данные высокоточного GPS-приёмника AgGPS 252, считывает информацию с карты-задания и с помощью бортового компьютера управляет положением дозирующих заслонок, увеличивая или уменьшая подачу удобрений. Причём изменение подачи удобрений на правый и левый диски разбрасывателя осуществляется независимо. Компьютер Insight позволяет контролировать различные параметры: скорость движения агрегата, норму внесения удобрений, обработанную площадь, количество внесённых удобрений.

Для точного движения агрегата используется навигационная система параллельного вождения AgGPS EZ-Guide Plus. По завершении работы в бортовом компьютере трактора Insight формируется карта выполнения за-

дания, отражающая истинное внесение аммофоса на определённом участке поля. Применение дифференциального внесения способом off-line при возделывании сельскохозяйственных культур позволяет рационально использовать дорогостоящие минеральные удобрения, по сравнению с традиционным методом.

4. ЗОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ В ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ

Среди многочисленных факторов, оказывающих влияние на эффективность применяемых удобрений, доминирующее значение принадлежит влагообеспеченности почв, которая в условиях Оренбургской области уменьшается с севера на юг и с запада на восток.

Количество атмосферных осадков и равномерность их распределения играют определяющую роль в эффективном использовании растениями питательных веществ удобрений. По данным исследований в засушливые годы эффективность НРК снижается в среднем на 36%, а во влажные годы возрастает на 42% по сравнению с действием удобрений в нормальные по увлажнению годы.

В степных районах влагообеспеченность является фактором, лимитирующим урожай и эффективность удобрений, поэтому все мероприятия, направленные на накопление и сохранение почвенной влаги, способствуют повышению эффективности удобрений. При запасах продуктивной влаги в слое почвы 0 – 100 см на уровне 60 – 70 мм перед посевом яровой пшеницы и проса общая норма удобрений в области не должна превышать 30 кг/га д.в.

В экстремально засушливые годы с осадками менее 200 мм за год азотные удобрения вносить нецелесообразно, так как они не дадут эффекта независимо от содержания азота из-за острого дефицита влаги.

В чернозёмной зоне с количеством осадков более 320 мм за год осеннее внесение аммиачной селитры уступает по эффективности весеннему. В зоне каштановых почв с годовыми осадками менее 300 мм сроки внесения аммиачной селитры не оказывали влияния на их эффективность, однако в годы с дождливой осенью эффективнее весеннее, а в годы с сухой весной — осеннее. Эффективность азотных удобрений возрастает с повышением содержания фосфора до оптимального уровня, для яровой пшеницы он составляет 35 мг P_2O_5 /кг почвы. При дальнейшем насыщении почв фосфором эффект снижается, что связано с нарушением соотношения между элементами питания.

Эффективность удобрений на южных чернозёмах, каштановых почвах при возделывании сельскохозяйственных культур значительно ниже по сравнению с обыкновенными и типичными чернозёмами области.

До недавнего времени распространённым было мнение о наличии прямой зависимости между содержанием гумуса и количеством доступного азота в почве. Однако Ряховским А.В. выявлены иные закономерности в естественной подзарядке почв доступным азотом, а значит и в интенсивности процессов минерализации гумуса. По данным В.Д. Кучеренко, чернозёмы типичные содержат в среднем около 9% гумуса, с колебаниями от 4 до 15%. Не имея себе равных по данному показателю среди других почв области, теоретически в таких почвах должно быть и максимальное содержание нитратного азота. Однако Ряховский А.В. твёрдо установил факт самого низкого содержания доступных форм этого элемента именно в типичных чернозёмах. Такую обратную закономерность автор объясняет более коротким периодом от момента основной обработки до ухода нитрифицирующих бактерий в состояние покоя. Т.е. в сложившихся условиях микроорганизмам недостает времени и тепла для высвобождения из гумуса достаточного количества доступного азота и проявлений всей потенциальной возможности по отмеченному элементу данного типа почв.

Наибольшее же содержание азота нитратов отмечено в тёмно-каштановых почвах, в особенности на юге области, где сроки основной обработки самые ранние, а сумма эффективных температур до ухода бактерий в состояние покоя наиболее высокая. В отдельные годы здесь накапливается минерального азота по предшественнику – чистый пар в количестве 55 – 62 мг/кг почвы. Кроме этого, необходимо учитывать следующее обстоятельство.

В зоне расположения данного типа почв наибольшее распространение имеет короткая зернопаровая ротация севооборотов, а значит увеличивается частота возврата к паровому полю, участку, наиболее благоприятному для деятельности нитрифицирующих бактерий.

Выявлена и определённая закономерность снижения доступного азота в почве по плоскорезной и, особенно по нулевой обработке почвы, в сравнении со вспашкой. Причина этого различия кроется в неодинаковом снабжении почвы кислорода воздуха и её температуре, по которым преимущество несомненно находится на стороне отвальной обработки. Именно эти факторы являются определяющими в проявлении активности нитрифицирующих бактерий, относящихся к группе аэробов.

Эти обстоятельства являются одной из зональных особенностей применения минеральных удобрений. По этой причине для эффективного использования азотных удобрений необходимо:

- одностороннее внесение азота осуществлять только при размещении зерновых культур после непаровых предшественников;

- совместное внесение азота с фосфором под пшеницу по чистому пару производить в соотношении 1 : 1,5. При повторных посевах озимой пшеницы эти показатели должны составлять, соответственно, 1:3;

- осуществлять весеннюю подкормку (некорневым способом) озимых зерновых культур и многолетних трав, определять дозировку по результатам проведённой почвенной диагностики по содержанию в почве нитратного азота;

- осуществлять некорневую подкормку посевов яровой пшеницы, ячменя, овса и проса в фазу кушения мочевиной при следующих параметрах её использования: средняя доза азота – 20 кг/га, концентрация рабочего раствора – 15%, норма его расхода – 300 л/га;

- подкормку многолетних трав (поверхностно, под боронование и прикорневым способом) в дозе: 1-й укос – азота 35 кг/га д.в., с дальнейшим снижением до 25 кг/га;

- в зонах с обильным атмосферным увлажнением и на орошаемых участках вносить в почву азотные удобрения, содержащие аммиачно-аммонийные формы азота;

- в богарных условиях поверхностное внесение азотных удобрений под боронование и культивацию неэффективно, только внесение вразброс под отвальную вспашку почвы;

- жидкие азотные удобрения рекомендуется вносить в почву до посева на глубину 10 – 18 см и при расстоянии между рядками не более 25 см, а при подкормке пропашных культур расстояние до рядка посева должно составлять 15 – 30 см;

- общие дозы азотных удобрений вносить дробно (до и при посеве, прикорневая и некорневая подкормка).

В отличие от азота нитратов содержание доступного фосфора в почвах области отличается стабильностью во времени и слабо зависит от характера предшествующего использования почвы. Выявлено следующее распределение площади пашни по степени обеспеченности почвы подвижным фосфором: 45% – низкое содержание, 44% – среднее, 11% – высокое. В связи с этим не вызывает сомнений необходимость практически повсеместного применения фосфорных удобрений. Однако полезное действие

фосфорных удобрений сдерживается ретроградацией (химическое связывание фосфора), а в связи с этим и слабой подвижностью по профилю почвы (3 – 8 см от места внесения). В силу этих обстоятельств, усвоение фосфора из удобрений невысокое и составляет в год внесения 5 – 30% от внесённой его нормы. Особенно на карбонатных почвах даже при среднем содержании фосфора молодые растения могут страдать от его недостатка. Дело в том, что растения в начале своей вегетации имеют ещё слабую корневую систему, не способную выделить достаточного количества органических кислот, которые вступают в реакцию с карбонатами и переводят фосфор в доступные для растений формы. В связи с этим обязательным приёмом фосфорных удобрений во всех зонах области является припосевное внесение.

Условия эффективного использования фосфорных минеральных удобрений:

- первоочерёдность внесения фосфорных удобрений должна определяться по результатам агрохимического обследования на основе сравнения средневзвешенного содержания подвижного фосфора в почве и данными шкалы степени её обеспеченности этим элементом питания;

- одностороннее внесение фосфора практиковать на пахотных угодьях с высоким содержанием нитратного азота независимо от её типа и подтипа;

- осуществлять совместное внесение фосфора с другими макроэлементами, что обеспечивает эффект синергизма ионов удобрений и улучшение, в связи с этим, питания и развития растений;

- вносить фосфорные удобрения в слои почвы от 6 до 30 см, это возможно при запашке их плугом, а также с использованием стерневых сеялок в паровом поле, а также в предпосевной период (весной), применении рядкового способа внесения, при посеве, а также при прикорневой подкормке;

- эффективность фосфорных удобрений возрастает на полях, где применялись органические удобрения.

Содержание обменного калия в почвах области на протяжении 30 лет особого беспокойства не вызывает: средняя и высокая степень обеспеченности этим элементом отмечена, соответственно, на 34 и 56% от обследованной площади пашни (А.В. Ряховский, И.А. Батурин, А.П. Березнёв, 2008).

Условия эффективного использования калийных удобрений:

- наиболее эффективно использование на чернозёмах типичных и выщелоченных в связи с низкой обеспеченностью подвижным калием;

– вносить калийные удобрения следует до посева вразброс под отвальную вспашку, так как все виды имеют порошковидную форму;

– внесение калийных удобрений по поверхности почвы, под боронование и культивацию – малоэффективный приём (передвижение калия по профилю незначительное, в пределах 5 – 8 см от места внесения частиц удобрений);

– наиболее эффективно их использование под калиеволюбивые культуры: картофель, подсолнечник, овощи, силосные культуры, плодовые культуры, свёклу;

– первоочерёдность внесения калийных удобрений определяется на основе результатов агрохимического обследования.

Условия эффективного использования комплексных удобрений:

– под зерновые культуры, размещаемые по чистому пару, вносить удобрения с преобладанием фосфора над азотом, после непаровых же предшественников предпочтение следует отдавать удобрениям с равным соотношением азота и фосфора;

– трёхкомпонентные удобрения целесообразно использовать при осенней прикорневой подкормке озимых зерновых культур в зоне размещения типичных и выщелоченных чернозёмов с целью повышения их зимостойкости;

– удобрения с превышением фосфора над азотом предпочтительнее для тёмно-каштановых почв, а азота над фосфором – для типичных и выщелоченных чернозёмов.

Система применения минеральных удобрений в ресурсосберегающих технологиях должна включать в себя следующее: осенью после уборки зернового предшественника, в зависимости от количества оставленной на поле побочной продукции, дифференцированно вносятся азотные удобрения из расчета 10 кг азота на одну тонну соломы. При заделке соломы зернобобовых культур, в частности нута, на востоке области доза азотных удобрений уменьшается до 6 кг азота на одну тонну соломы. Солома после внесения удобрений сразу же заделывается в почву дисковой бороной БДТ-720 на глубину 12 см. Осенняя заделка соломы более предпочтительна, поскольку в этом случае первичные процессы разложения растительного вещества протекают до посева культуры и отрицательное действие не проявляется.

В научной литературе рекомендации по применению минеральных удобрений в условиях Оренбургской области в основном даются по типам и подтипам почв. Такое распределение сельских районов осуществлено ФГУ ГЦАС «Оренбургский»:

- 1) тёмно-каштановые – Светлинский, Домбаровский, Ясенский;
- 2) чернозёмы типичные и выщелоченные – Северный, Бугурусланский, Абдулинский, Асекеевский, Матвеевский, Пономарёвский, Шарлыкский;
- 3) чернозёмы обыкновенные – Грачёвский, Красногвардейский, Александровский, Октябрьский, Тюльганский, Бузулукский, Новосергиевский, Переволоцкий, Сакмарский, Саракташский;
- 4) чернозёмы южные – Илекский, Оренбургский, Беляевский, Акбулакский, Кувандыкский, Соль-Илецкий, Гайский, Новоорский, Адамовский, Кваркенский, Тоцкий, Курманаевский, Сорочинский, Ташлинский, Первомайский.

Среди зональных особенностей применения минеральных удобрений в Оренбургской области по уровню и характеру питания проса, яровой и озимой пшеницы можно выделить следующие рекомендации:

– независимо от места яровой пшеницы в севообороте одностороннее внесение фосфора практиковать на тёмно-каштановых почвах, азота – на чернозёмах типичных и выщелоченных;

– на чернозёмах южных и обыкновенных одностороннее допосевное внесение азота до 90 кг/га целесообразно только при повторных посевах яровой пшеницы, а фосфора – после чистого пара и кукурузы в дозе 30 кг/га;

– на тёмно-каштановых почвах общая норма азотно-фосфорных удобрений для яровой пшеницы рекомендуется в пределах 120 кг по чистому пару и 60 – 90 кг/га д.в. – при повторных посевах;

– из состава отмеченных выше общих норм азотно-фосфорных удобрений для внесения при посеве яровой пшеницы выделять 20 – 40 кг/га в зоне чернозёмов, а на тёмно-каштановых – 30 – 40 кг/га по чистому пару и 20 кг/га – при повторных посевах;

– в зоне чернозёмных почв при возделывании озимой пшеницы по чистому пару оптимальной является общая норма азотно-фосфорных удобрений 150 кг/га д.в. со следующим распределением: 60 кг/га под основную обработку почвы, 30 кг/га при уходе за паром на глубину 16 – 18 см, 30 кг/га – при посеве и 30 кг/га весенняя прикорневая подкормка;

– при возделывании проса общая норма азотно-фосфорных удобрений должна составлять 90 кг/га, в том числе при посеве 30 кг/га д.в.

Согласно данным Ряховского А.В., яровая пшеница на черноземе южном обеспечивает наибольшую прибавку урожайности по чистому пару при общей дозе 120 кг/га (N60 + P60), на тёмно-каштановых почвах в Восточной зоне области – при такой же общей дозе 120 кг/га, но другим

соотношением азота и фосфора (N20 + P100). В условиях Центральной зоны для озимой пшеницы соотношение азотно-фосфорных удобрений должно составлять 150 кг/га, для проса – 120 кг/га, для подсолнечника на семена – 60 кг/га, картофеля – 240 кг/га и кукурузы на силос – 100 кг/га.

Чтобы поднять эффективность азотных удобрений в Оренбургской области, необходимо использовать магний и серу. Специальные исследования, проведённые кафедрой земледелия, почвоведения и агрохимии ОГАУ в Северной, Западной, Центральной и Южной зонах Оренбургской области, показали высокую эффективность кристаллического эпсомита на яровой пшенице и ячмене. Такой приём, как проведение некорневой подкормки на зерновых культурах в фазу кущения или выхода в трубку в баковой смеси азотных удобрений (10 – 20кг/га) и сульфата магния (5 кг/га), даёт прибавку урожая 5 – 7 ц/га. Такой же приём (Долматов А.П., Буквич Н.В., 2022) на озимой пшенице в Предуралье в отдельные годы даёт дополнительно до 13 ц/га.

На сегодняшний день даны лишь средние дозы применения серосодержащих удобрений под основные биологические группы культур (табл. 9). Из калийных удобрений лучше применять хлористый и сернокислый калий.

Органические удобрения вносят, прежде всего, на полях с низким уровнем плодородия. Примерные дозы навоза для зерновых — 40 – 50 т/га, пропашных — 30 – 40 т/га.

Из органических удобрений помимо навоза необходимо использовать солому и птичий помёт. Органическое удобрение ЛАФ-58, полученное из птичьего помёта, обработанного специальными термофильными бактериями, в дозе 2– 2,5 т/га, внесённое под основную обработку почвы в условиях Центральной зоны области, обеспечивает прибавку урожая яровой пшеницы и нута 2,6 ц/га. Практически такую же прибавку зерна яровой пшеницы можно получить, если использовать ЛАФ-58 в дозе всего лишь 50 кг/га в качестве некорневой подкормки культуры в фазу кущения (Долматов А.П., Васильев И.В., Томин А.П., 2019).

Таблица 9 – Дозы применения серосодержащих удобрений под различные сельскохозяйственные культуры

Сельскохозяйственные культуры	Почвы	Прибавка урожайности от внесения серных	Дозы серы, кг/га в зависимости от гранулометрического состава почв

		удобрений, ц/га	легкосуглин истые	средне и тяжелосуглини стые
Зерновые (озимая и яровая пшеницы, озимая рожь, ячмень, овес	выщелочные черноземы	3,2-3,9	30-40	60-70
	типичные черноземы	2,0-6,0	40-60	60-90
	обыкновенные черноземы	1,1-4,0	40-60	60-90
Зернобобовые (горох, вика, соя)	выщелочные черноземы	1,6-2,6	60-70	80-100
	типичные черноземы	2,1-2,4	70-90	100-120

5. СПОСОБЫ ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ В ТЕХНОЛОГИЯХ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР: ОСНОВНЫЕ АГРОТЕХНИЧЕСКИЕ ПРИЁМЫ

На эффективность удобрений оказывают влияние сроки и способы их внесения. С учётом неоднотипности систем земледелия, выпуском новых сельскохозяйственных машин и орудий разработана следующая классификация сроков и способов внесения удобрений:

1. Допосевное (основное) – вразброс, под отвальную вспашку почвы.
2. Припосевное – локально-ленточное.
3. Подкормки:
 - а) ранневесенняя, поверхностная по мёрзлоталой почве;
 - б) весенняя, прикорневая по физически спелой почве;
 - в) некорневая, в различные фазы развития растений.

Перед допосевным (основным) удобрением ставится задача обеспечить потребности растений в питательных веществах на протяжении всего периода вегетации. Удобрения при этом вносятся вразброс, под отвальную вспашку, либо локально на рекомендуемые глубины. Внесение удобрений вразброс, под отвальную вспашку почвы используется для внесения и минеральных и органических удобрений. Из минеральных удобрений таким способом вносятся в основном фосфорные и калийные удобрения.

Внесение удобрений под основную обработку (отвальную вспашку)

обеспечивает размещение их в слоях почвы с менее колеблющейся влажностью. Однако при таком способе в слое 0 – 12 см располагается только 4%, а в слое 12 – 28 см – 96% частиц удобрений от общей нормы их внесения. В результате их недостаток будет ощущаться в зоне начальной деятельности корневой системы. Не обладая еще развитой корневой системой, растения не могут в достаточной степени использовать заделанные глубоко удобрения. Учитывая эти факты, в дополнение к основному удобрению необходимо и их внесение в рядки при посеве полевых культур.

При внесении же удобрений вразброс, под боронование, культивацию, плоскорезное рыхление они будут доступны только в первое время и в небольшом количестве. В дальнейшем верхний слой почвы подсыхает, корневая система уходит за пределы размещения частиц удобрений, а потому из них используется только та часть, которая продвинется с током воды. Неэффективно использование таким способом фосфорных и калийных удобрений, отличающихся слабой подвижностью по профилю почвы (до 8 см от места внесения). Поверхностное внесение оправдано только для азотных удобрений при условии наличия в почве достаточных запасов влаги.

Задача локально-ленточного припосевного удобрения – обеспечить потребности молодых растений, а потому дозы макроэлементов сравнительно невысокие (до 30 кг/га д.в.).

Виды подкормки:

– ранневесенняя, поверхностная по мёрзлоталой почве (азот) – для лучшего отрастания озимых зерновых культур и многолетних трав;

– ранне-весенняя, прикорневая по физически спелой почве – усилить рост и развитие надземной массы полевых культур в процессе их вегетации;

– некорневая (азот мочевины, микроэлементы) для повышения урожайности и мёрзлоталой зерна при их возделывании на почвах с низкой степенью обеспеченностью доступным азотом.

Минеральные удобрения – это действующие удобрения, питательные вещества используются из них с момента внесения. Использование только одних минеральных удобрений ухудшает некоторые свойства почвы, особенно кислых почв. Увеличивается их кислотность, содержание подвижных свойств алюминия, железа, что приводит к связыванию фосфатов, труднодоступные соединения.

Вывоз и внесение минеральных удобрений организуют по следующим схемам:

прямоточная – при небольших радиусах перевозок от склада к полю

и поверхностном внесении удобрений по схеме: склад – разбрасыватель (1РМГ-4, РУМ-5, РУМ-8, КСА-3) – поле; при радиусе 3 – 5 км используют тракторные, а при 5 – 8 км и более автомобильные разбрасыватели или авиацию – оптимальный радиус действия сельскохозяйственной авиации 10 – 12 км от аэродрома, а доза удобрений 100 – 200 кг/га;

перегрузочная – при внесении удобрений туковыми сеялками, культиваторами-растениепитателями и другими машинами для внутрпочвенного (локального) внесения, а также любыми центробежными разбрасывателями по схеме: склад – транспортные машины – перегрузчики – поле;

перевалочная – в отсутствие складов и специальных транспортно-погрузочных средств удобрения доставляют в поле транспортом общего назначения и сгружают на специально подготовленные площадки. Наименее эффективный вариант из-за возможных потерь, ухудшения качества удобрений и максимальных затрат труда и средств.

Качество внесения удобрений определяется отклонениями фактической дозы от заданной и неравномерностью поверхностного внесения. При локальном внесении качество работ определяется наряду с дозой точностью размещения удобрений на определённой глубине и ориентацией рядов (лент, очагов) их относительно посевных рядков и корневой системы растений.

Центробежные разбрасыватели наряду с достоинствами (высокая производительность, грузоподъёмность, надёжность, маневренность, простота конструкции и др.) имеют серьёзные недостатки: сильную неравномерность по ширине захвата, неустойчивость показателей рассева и разделение разных фракций удобрений в пределах ширины захвата, что делает эти машины непригодными (или малопригодными) для внесения тукосмесей. Предельно допустимая неравномерность в соответствии с агротехническими требованиями составляет:

до 25% у разбрасывателей центробежного типа (КСА-3, 1РМГ-4, РУМ-3, РУМ-5, РУМ-8, НРУ-0,5, РМС-6);

до 15% у прицепных туковых сеялок;

до 8% у комбинированных сеялок, посадочных машин и культиваторов-растениепитателей;

до 10 – 15% у машин по внесению жидких минеральных удобрений (ПОУ, АБА-0,5М, АША-2 и др.);

до 30% у машин для пневматического рассева пылящих мелиорантов и фосфоритной муки (АРУП-8 и РУП-8).

Неравномерность распределения разбросного внесения удобрений при возделывании культур по современным технологиям не должна превышать 15%.

Неравномерность распределения удобрений проявляется в неодновременном развитии и созревании возделываемых культур, пестроте урожая, ухудшении качества получаемой продукции и снижении прибавок от удобрений, величина которых зависит от биологических особенностей культуры, уровня и пестроты почвенного плодородия, доз, видов и способов внесения удобрений и других условий.

Важной составляющей повышения эффективности и использования удобрений является внесение минеральных удобрений в системе точного земледелия. Внесение минеральных удобрений является составной частью в технологии возделывания любой сельскохозяйственной культуры. При сложившихся экономических условиях затраты на внесение составляют существенную часть себестоимости всей технологии, что сказывается на себестоимости продукции. На этом фоне расчет доз удобрений с учетом выноса на формирование урожая и обеспеченности почв основными элементами питания является основной задачей при производстве продукции растениеводства.

Результаты проводимых в Оренбургской области агрохимических исследований почв свидетельствуют о неоднородности содержания основных элементов питания в пределах одного поля, однако расчёт доз удобрений в настоящее время происходит по средневзвешенному содержанию агрохимических показателей, то есть одно на всё поле, на самом же деле потребность в удобрениях на разных участках поля отличается. Усреднённые дозы внесения могут привести как к переизбытку на одних участках поля, так и нехватке на других, что, соответственно, скажется на качестве и количестве урожая. Современные технологии позволяют решить эту задачу. Внесение удобрений с применением технологии точного земледелия, которое рассматривает поле как неоднородное и принимает во внимание локальные особенности почвы, является перспективным направлением в земледелии. Внедрение данной технологии предусматривает предварительную подготовку на компьютере карты-задания, в которой содержатся пространственно привязанные с помощью GPS дозы удобрений для каждого элементарного участка поля. Для этого в настоящее время Агрохимической службой Оренбургской области при проведении агрохимического обследования почв используются ГИС-технологии, так на первоначальном этапе создаётся электронная карта полей на основе космических снимков, кадастровой карты и почвенной карты. Полученная электронная карта в дальнейшем разбивается на элементарные участки, размер которых напрямую зависит от того, как в дальнейшем будут применяться удобрения классическим способом (одна

доза на все поле) или дифференцированным (с учётом показателей плодородия на каждом элементарном участке). В дальнейшем с каждого элементарного участка осуществляется отбор почвенных проб (каждая взятая проба привязывается к единой системе позиционирования), которые анализируются в испытательной лаборатории на показатели, характеризующие состояние плодородия почвы, на основании этих данных проводится расчёт дозы для каждого элементарного участка поля, тем самым формируется карта-задание. Сформированная карта-задание переносится в бортовой компьютер сельскохозяйственной техники, оснащённой GPS-приёмником, и выполняется заданная операция. Трактор, оснащённый бортовым компьютером, двигаясь по полю, с помощью GPS определяет своё местонахождение. Компьютер считывает с чип-карты дозу удобрения, соответствующую месту нахождения, и посылает сигнал на контроллер разбрасывателя твёрдых удобрений (такие разбрасыватели присутствуют на российском рынке в полной комплектации и с электронной системой управления). Контроллер же, получив сигнал, выставляет нужную дозу. Механизатору остаётся только контролировать процесс.

Дифференциальное внесение минеральных удобрений — одно из важнейших экономических и экологических аспектов точного земледелия. Применение данной технологии и оборудования позволяет значительно сократить затраты на удобрения. В настоящее время системы дифференцированного внесения удобрений широко внедряются в России, и это не удивительно, ведь за рубежом подобные системы применяются давно и с успехом. И сегодня многие сельскохозяйственные предприятия уже на собственном опыте убедились, что эти системы действительно работают и, мало того, приносят немалую выгоду в виде экономии на удобрениях, повышении урожайности и качества конечного продукта. В результате применения дифференцированного внесения минеральных удобрений экономия удобрений составляет 25% при одновременном повышении урожайности на 15%. Только комплексный подход даст реальные результаты в применении систем точного земледелия на агропредприятиях.

6. ХРАНЕНИЕ И ТРАНСПОРТИРОВКА МИНЕРАЛЬНЫХ И ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ

Правильная организация хранения, перевозки и внесения удобрений имеет важное значение для снижения их потерь и повышения эффективности. Неправильные условия хранения приводят к ухудшению потребительской ценности удобрений.

Хранение органических удобрений.

Для хранения органических удобрений используются три основных способа: плотное (холодное), рыхло-плотное (горячепрессованное) и рыхлое (горячее).

Плотное (холодное) хранение заключается в укладке навоза в специальное навозохранилище слоями с последующим уплотнением. Слои укладываются в котлован и сразу же уплотняются, пока не достигнут 2,5 – 3 м. Затем их укрывают торфом, резаной соломой или почвой. Обычно формируется несколько слоёв.

Рыхло-плотное (горячепрессованное) применяется с целью уничтожения возбудителей желудочно-кишечных заболеваний или семян сорняков. Микробиологические процессы приводят к разложению органики. При этом температура достигает +60 – 700 °С. Затем в «горячий» слой добавляют новую партию, пока высота штабеля не достигает 2 – 3 метров. В итоге, полуперепревший навоз получают через 1,5 – 2 месяца, а перегоревший – через 4 – 5. **Рыхлое (горячее)** хранение органических удобрений приводит к потере полезных веществ в навозе. При хранении навоза следует не допускать как его затопления водой, так и пересыхания летом. Следует отметить, что для организации навозохранилищ выпускаются специальные противофильтрационные защитные пологи, мембраны и экраны, которые позволяют обеспечить надёжную сохранность удобрений.

В настоящий момент Российское законодательство довольно строго регулирует распространение органических удобрений и методов их анализа. Основным из стандартов является ГОСТ 26712-94 «Удобрения органические. Общие требования к методам анализа». Данный ГОСТ был принят в 1994 в г. Минск взамен ГОСТ 26712-85 и действует до сих пор.

Данный стандарт распространяется только на органические удобрения и устанавливает общие требования к методам химического, микробиологического и радиационного анализа.

Помимо стандартов, принятых в РФ, до сих пор являются действующими ГОСТы, принятые в СССР. Примером является ГОСТ 26713-85

«Удобрения органические. Метод определения влаги и сухого остатка». Данный стандарт принимался на 5 лет, с указанием срока действия – с 01.01.1987 по 01.01.1992 гг. Однако постановлением Госстандарта СССР ограничение срока действия было снято.

Современные действующие ГОСТы приравнены к межгосударственным стандартам и не имеют срока действия. Одним из современных стандартов, введенных 01.07.2018 г., является ГОСТ 34103-17 «Органические удобрения. Термины и определения». Указанный ГОСТ регулирует использование терминов и определение понятий, относящихся к органическим удобрениям в документации или литературы. В данном ГОСТе термины расположены в систематизированном порядке, а для каждого понятия установлены стандартизованный термин. Также приведён перечень рекомендуемых к использованию терминов.

Стоит отметить, что с развитием технического прогресса и совершенствования методик исследований законодатель должен совершенствовать и стандарты. Один из наиболее ярких примеров совершенствования системы стандартизации – международный стандарт ГОСТ 34102-17 «Удобрения органические на основе органомных отходов растениеводства и предприятий, перерабатывающих растениеводческую продукцию. Технические условия», заменивший в РФ ГОСТ Р 53116-2008 «Удобрения органические на основе органомных отходов растениеводства и предприятий, перерабатывающих растениеводческую продукцию. Технические условия». Стандарт предназначен, как следует из названия, для удобрений на основе органомных отходов растениеводства и предприятий, перерабатывающих растениеводческую продукцию, предназначенных для применения в сельскохозяйственном производстве, лесном, городском, тепличном хозяйстве для повышения плодородия почв, качества производства растениеводства, благоустройства, озеленения территорий. ГОСТ строго регулирует наличие в удобрении токологических, радиологических и фитосанитарных показателей, приравнённых к нормам, а качество удобрений должно соответствовать физическим, механическим и агрофизическим нормам.

Усовершенствование аппаратуры и методик проведения ветеринарно-санитарного анализа, а также химического исследования, привело к появлению возможности выявления в органических удобрениях патогенных и условно-патогенных микроорганизмов и их стандартизации. Так, действует ГОСТ 33379-2015 «Удобрения органические. Методы определения патогенных и условно-патогенных микроорганизмов».

Стандартизации подверглись, в том числе, и удобрения на основе отходов животноводства, к которым относят навоз, помёт с влагопоглощающим материалом растительного производства (торф, опилки, солома, кора, стружка), а также выделенное в отдельную категорию удобрение – эффлюент, являющееся органическим, получаемым в результате метангенерации навоза (или помёта).

В межгосударственном ГОСТе 33830-2016 (он же ГОСТ Р 53117-2008) «Удобрения органические на основе отходов животноводства», помимо таблицы, наличия в них токсикологических, радиологических и фитосанитарных показателей, приравненных к нормам и качества, в Приложении приведена таблица рекомендуемых доз внесения.

Помимо прочего, такие удобрения, являясь отходами животного производства, подвергаются определённым правилам перевозки и хранения. Перевозка твёрдых органических удобрений возможна только с наличием ветеринарных сопроводительных документов, отсутствие которых является административным правонарушением. Вместе с тем, есть ряд препаратов, создаваемых на основе отходов сельскохозяйственных производств и из органического сырья природного происхождения, не требующих дополнительной подготовки перед внесением в почву. Эти препараты представляют собой высушенный помёт, различные компосты и вытяжки из них, торфо-минеральные смеси, а также вытяжки гуматов. Они обладают всеми достоинствами органических удобрений, но исключают возможность заражения почвы патогенами, а их жидкие формы удобно перевозить и вносить на поля. Примерами таких препаратов могут служить «Биогумус», «Байкал ЭМ-1».

Хранение минеральных удобрений

При хранении твёрдых минеральных удобрений для предотвращения порчи необходимо учитывать их насыпную плотность, а при хранении жидких и смешанных удобрений – способность к расслаиванию и вязкость, а также химические свойства – наличие свободной кислотности, способность к ретроградации (процесс перехода подвижных, легко усвояемых организмами форм питательных веществ в неусвояемые или трудно усвояемые соединения) и выделение аммиака.

При хранении минеральных удобрений недопустимо намокание их водой, от этого они теряют свои свойства. При хранении минеральных удобрений категорически нельзя допускать их смешивания. Произошедшие в результате химические реакции могут изменить химический состав удобрений, привести к потерям действующего вещества.

Не следует хранить рядом удобрения, которые могут вступать в реакцию друг с другом – например, мочевины в непосредственной близости от нитратных удобрений.

Высокая температура (выше 30 °С) и влажность могут привести к окислению азотных удобрений, в результате чего может произойти их химическое разложение и даже самовозгорание.

Неправильно хранящиеся удобрения могут загрязнять грунтовые и поверхностные воды, поэтому лучше всего хранить удобрения на расстоянии не менее 10 м от водотоков.

Очень важно при хранении удобрений учитывать их огне- и взрывоопасность.

Минеральные удобрения в хозяйствах хранятся на специальных складах или в приспособленных помещениях. Необходимость складирования удобрений обусловлена сезонностью их применения и неравномерным поступлением в течение года.

Размер склада хозяйства зависит от перспективной потребности его в минеральных удобрениях и коэффициента их оборачиваемости. Склады по объёму должны быть рассчитаны на приём и одновременное хранение не менее 50% годового потребления удобрений.

В хозяйствах с перспективной потребностью удобрений менее 1 – 2 тыс. т целесообразно строить межхозяйственные склады минеральных удобрений (для 2 – 3 хозяйств).

Склады, предназначенные для хранения удобрений, должны находиться на расстоянии как минимум 200 метров от производственных, общественных и жилых сооружений. Ширина санитарно-защитной зоны зависит от количества хранящихся удобрений: до 20 т – 200 м; 21 – 50 т – 300 м; 51 – 100 т – 400 м; 101 – 300 т – 500 м; 301 – 400 т – 600 м; 401 – 500 т – 700 м; больше 500 т – 1000 м.

Здания для складских помещений должны быть построены из железобетонных или облегчённых деревянных конструкций. Также для складирования могут использоваться здания из кирпича. Во избежание увлажнения удобрений грунтовыми водами пол в складах должен быть водонепроницаемым — асфальтовым, каменным, цементным или деревянным. Пол покрывается по бетону кислотостойким асфальтом, стены обрабатываются антикоррозийными покрытиями. Деревянный пол поднимают на некоторую высоту от земли, чтобы изолировать его от почвенной влаги.

Земляные или глинобитные полы на складах недопустимы (изменяются физические свойства удобрений, они увлажняются, гранулы разрушаются).

Склад должен иметь двое ворот, расположенных на расстоянии друг от друга, для свободного проезда автомашин и механизмов.

Основным условием для хранения минеральных удобрений является сухое, хорошо вентилируемое, без сквозняков помещение желательного отопления. Относительная влажность воздуха не должна превышать 40 – 60%, а оптимальная температура воздуха должна быть в пределах 5 – 20 °С.

Хранение удобрений в неотапливаемых помещениях (холодных подвалах, гаражах, сараях) может привести к накоплению конденсата. И, как следствие, удобрения теряют свои физические свойства.

В тёплую сухую погоду склад следует проветривать, во влажную – плотно закрывать. Внутри склада должны быть отсеки для хранения отдельных видов удобрений, устраиваемые с помощью передвижных деревянных щитов. На лицевой стороне отсека (секции) должна быть этикетка с указанием названия удобрения, содержания в нём питательных веществ, времени получения.

Удобрения в таре и без тары хранят в складах отдельно, размещают их по видам и формам в отсеках, удобрения без тары разделяют переносными щитами.

Хранение минеральных удобрений следует с учётом их гигроскопичности – способности удобрений поглощать влагу из воздуха. Наибольшей гигроскопичностью обладает кальциевая селитра, гигроскопичны также порошкообразные формы аммиачной селитры и хлористого калия. Меньшая гигроскопичность характерна для суперфосфатов.

Удобрения в таре должны укладываться в штабеля из 12 – 15 ярусов при различном направлении укладки мешков. Незатаренные удобрения хранят навалом высотой слоя не более 2,5 – 3 м, а гранулированный суперфосфат – до 5 м. Располагать удобрения внутри склада нужно на расстоянии не менее 1 м от крыши и от стен. Предпочтение следует отдать максимально крупной фасовке, которая лучше всего сохраняет стабильность материала.

Всё большую популярность в связи с этим набирает закупка удобрений в больших мешках, так называемых БИГ-БЭГах – от 400 до 1000 кг. Это позволяет оптимизировать процесс их складирования и хранения – с одной стороны, и облегчает логистику по заправке сеялок, т.е. сокращает простой машин в поле – с другой стороны. В такой упаковке удобрения могут храниться определённое время и на открытых площадках. Однако, работа с удобрениями в такой упаковке требует от хозяйств наличия технических возможностей поднимать и перемещать такую тару.

В складах минеральных удобрений запрещается хранить другие материалы. Территория склада минеральных удобрений должна быть огорожена, двери и окна складских помещений в нерабочее время закрыты. Одно из важнейших мероприятий на складе удобрений – соблюдение пожаробезопасности (табл. 10).

Таблица 10 – Характеристика некоторых минеральных удобрений по пожароопасным свойствам

Наименование	Химический состав	Внешний вид	Максимальное содержание воды в %	Степень агрессивности
Карбамид	CO(NH ₂) ₂	Гранулы	0,25	При контакте с известью выделяется аммиак.
Аммиачная селитра	NH ₄ NO ₃	Гранулы	0,3	Окислитель, выделяет токсичные окислы кислорода и азота. Пожароопасен.
Сульфат аммония	(NH ₄) ₂ SO ₄ (NH ₄) ₂ SO ₄	Гранулы Кристаллы	0,6 0,2	При контакте с известью выделяется аммиак.
Хлористый калий	KCl	Гранулы	0,5	Взрывобезопасен. Не горюч.

литра, поэтому её надо хранить в отдельном изолированном складе или в специально оборудованных изолированных секциях.

Запрещается хранить аммиачную селитру вне склада, навалом, совместно с горючими веществами – торфом, опилками, соломой, нефтепродуктами, минеральными кислотами, тюками хлопка, углём, паклей и др.

Нельзя перезатаривать селитру на загрязнённой площадке склада; в складе запрещено курить, применять открытое пламя и пользоваться обогревательными приборами.

Аммиачную селитру рекомендуется хранить на стоечных антикоррозийных поддонах, при этом высота штабеля не должна превышать 4 м. Лучше всего пакеты с аммиачной селитрой хранить на стеллажах. Склад, на котором хранится данное удобрение, должен иметь таблички: «Взрывоопасно» и «Аммиачная селитра».

Азотные удобрения не следует хранить при температуре выше 30 °С

и высокой влажности. Это может привести к окислению, в результате чего может произойти их химическое разложение и даже самовозгорание.

Мочевину, суперфосфат двойной хранят на плоских или стоечных поддонах с высотой укладки до трёх ярусов — 15 рядов.

Однако при длительном хранении на плоских поддонах удобрения спрессовываются, и мешки часто рвутся. Затаренные удобрения лучше хранятся на стоечных поддонах, они обеспечивают минимальное давление на затаренные удобрения, создают большую устойчивость штабелей.

Хлористый калий должен храниться в закрытых складских помещениях, исключающих попадание атмосферных осадков (дождь, снег) и грунтовых вод.

Хлористый калий, упакованный в мягкие контейнеры, может храниться на открытых площадках с твёрдым покрытием и под навесом.

Жидкие минеральные удобрения хранят в специальных цистернах или пластиковых ёмкостях. Сегодня широко используется жидкое минеральное удобрение, представляющее собой смесь карбамида и аммиачной селитры – КАС. В своём составе оно имеет нитратный и аммонийный азот, получаемый из аммиачной селитры и амидного азота, выделенного из карбида. Жидкие удобрения имеют большие преимущества перед твёрдыми азотными удобрениями, так как при использовании КАС создается полная механизация процессов хранения, транспортировки и внесения минерального удобрения. Повышается уровень безопасности при работе с химическими веществами. Жидкие комплексные удобрения являются агрессивной средой, поэтому для них производятся полимерные эластичные резервуары (ПЭР-КАС и ПЭР-ЖКУ) со специальной многослойной полиэтиленовой плёнкой внутри. Они эксплуатируются при широком диапазоне температур от -60 до +90 °С. Срок эксплуатации более 10 лет.

Что касается срока хранения удобрений, то у большинства удобрений, за исключением азотных (мочевина, селитра), срок годности не ограничен, если они хранятся в надлежащих условиях. Однако, следует учитывать сроки хранения, указанные на упаковке, которые составляют, как правило, от 1 до 3 лет.

К работе с удобрениями допускаются лица не моложе 18 лет. Все работники перед началом работы с удобрениями должны пройти инструктаж по технике безопасности. Правила техники безопасности и санитарные правила при обращении с удобрениями вывешивают в помещении склада. При работе с удобрениями на складе и вне склада все работающие должны надеть рекомендованную для данного вида работы спецодежду и предохра-

нительные приспособления: комбинезон, рукавицы, очки, респираторы или (при работе с жидким аммиаком) противогазы.

При хранении аммонийной селитры необходимо соблюдать противопожарные правила. Нельзя хранить её навалом вне склада и вместе с горючими веществами (торфом, соломой и др.). В складе, где хранят аммонийную селитру, нельзя курить, пользоваться открытым огнём и обогревательными приборами. Возникший пожар тушат только водой. При тушении пожара необходимо пользоваться противогазом во избежание отравления выделяющимися оксидами азота. Особую осторожность следует соблюдать при работе с жидким аммиаком. Ёмкости для его хранения и транспортировки должны иметь герметически закрывающиеся люки. При попадании жидких аммиачных азотных удобрений на кожу их необходимо быстро смыть водой. При тяжёлом отравлении аммиаком пострадавшего выносят на свежий воздух и вызывают врача. В случае прекращения дыхания пострадавшему делают искусственное дыхание. При непрерывной работе с удобрениями рекомендуется делать пятиминутные перерывы через каждые полчаса работы в респираторе. По окончании работы следует принять душ или тщательно вымыться с мылом. На месте работы постоянно должны быть запас чистой воды и аптечка.

При попадании удобрений в глаза следует промыть их большим количеством чистой воды и затем обратиться в медпункт, а при ожоге – промыть обожжённые места сильной струёй воды, обработать 5%-ным раствором спирта и наложить марлевую повязку.

Соблюдение правил техники безопасности и санитарных правил – неперемное условие правильной организации труда при работе с минеральными удобрениями.

При транспортировке удобрений должны соблюдаться определённые требования. Не разрешается перевозить одновременно с агрохимикатами людей, пищевые продукты, питьевую воду, предметы домашнего обихода.

Тракторы и самоходные машины, задействованные в транспортировании и внесении минеральных удобрений в почву, должны иметь исправные кабины, отвечающие требованиям безопасности. Кузов транспортного средства для перевозки твёрдых минеральных удобрений должен быть чистым и без щелей. Каждой транспортной единице выделяется брезент для накрывания груза. При перевозке аммиачной селитры транспортное средство должно быть укомплектовано двумя порошковыми (ВП-5) и одним углекислотным (ВВК-7) огнетушителями. Доставка пылевидных минеральных удобрений непосредственно на поля с последующим внесени-

ем в почву производится транспортом, оборудованным устройством для разгрузки. Кузов транспортного средства должен быть без щелей и покрыт брезентом. Совместная перевозка аммиачной селитры с другими минеральными удобрениями не допускается.

Жидкие минеральные удобрения доставляются к месту их внесения в автоцистернах – аммиаковозах, ёмкостях на грузовых автомобилях или в транспортных бочках.

Транспортное средство для перевозки жидких минеральных удобрений должно отвечать требованиям безопасности и иметь исправный манометр и уровнемер, два порошковых (ВП-5) и один углекислотный (ВВК-7) огнетушители, красный флажок, цепь для заземления, бачок с водой (ёмкостью не менее 10 л).

Ёмкости для транспортировки жидких минеральных удобрений должны иметь отличительные полосы и надписи. Люки с дыхательными и предохранительными клапанами должны герметически закрываться.

Переливание жидких минеральных удобрений из одной ёмкости в другую нужно проводить с применением «газовой обвязки». Запорные приспособления (вентили, краны) следует открывать плавно, без рывков и ударов по ним металлическими предметами.

Водитель и другие лица при погрузке минеральных удобрений не должны находиться в кабине и на подножках, проводить техосмотр и ремонт транспортного средства.

Не допускается проводить в ночное время работы, связанные с транспортировкой аммиаксодержащих минеральных удобрений, а также приготовление растворов, смешивание их и внесение в почву.

После окончания работ по перевозке и внесению твёрдых минеральных удобрений все рабочие органы и ёмкости разбрасывателей и кузова автомашин должны быть очищены от остатков удобрений и промыты водой.

После окончания работ по перевозке и внесению жидких удобрений цистерны, баки и рабочие органы машин должны быть промыты горячей водой или паром.

Чистку и мойку машин и инвентаря следует проводить на специально отведённых площадках.

При перевозке аммиака необходимо быть особенно осторожным. Не допускается двигаться со скоростью более 40 км/час, двигаться при сильном тумане и гололёде, оставлять цистерну на подъёме или склоне, останавливаться возле населённых пунктов и животноводческих ферм (ближе 200 м), выливать аммиак на землю.

7. РАСЧЁТ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ И ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ

Для оценки целесообразности применения удобрений при возделывании сельскохозяйственных культур необходимо проводить расчёт экономической эффективности применения удобрений.

В качестве примера расчёт экономической эффективности удобрений проведём в пятипольном севообороте (табл. 11).

Тип севооборота: Полевой вид: Зернопаровой.

Таблица 11 – Структура посева в пятипольном зернопаровом севообороте

№№ поля	Чередование культур	Площадь, га
1	Пар чистый	200
2	Яровая пшеница твердая	200
3	Просо	200
4	Яровая пшеница	200
5	Суданка	200
Итого:		1000 га

Для расчёта планируемой урожайности проводим её анализ в севообороте за последние три года (табл. 12). Определяем планируемую урожайность культур на перспективу.

Таблица 12 – Урожайность сельскохозяйственных культур

Сельскохозяйственная культура	Урожайность, ц/га				
	фактическая за последние 3 года				планируемая 2022 г.
	2019	2020	2021	средняя	
Яровая пшеница твердая	14	13	12	13	18
Просо	8	7	7	7,3	12
Яровая пшеница	10	8	9	9	14
Суданка	15	16	14	15	20

Расчёт норм удобрений на планируемый урожай проводим балансовым методом, с учётом плодородия почвы (табл. 13).

Таблица 13 – Почва севооборота и её агрохимические показатели

№ п/п	Чередование культур в севообороте	Тип и разновидность и почвы	Гумус, %	рН почв. р-ра	Содержание подвижных питательных веществ, мг/кг		
					N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	Пар чистый	Чернозем южный карбонатный слабодефлированный	5,1	7,7	18	19	275
2	Яровая пшеница твердая		5,1	7,7	12	19	275
3	Просо		5,1	7,7	10	19	275
4	Яровая пшеница		5,1	7,7	10	19	275
5	Суданка		5,1	7,7	9	19	257

Следующий этап – расчёт потребности хозяйства в органических удобрениях при условии, что в хозяйстве есть животноводство. Если такового нет и нет возможности вносить органические удобрения, то в расчётах органические удобрения не учитываются.

При расчёте потребности в органических удобрениях следует исходить из возможностей хозяйства в отношении накопления навоза. Затем устанавливают насыщенность севооборота органическими удобрениями, понимая при этом количество органических удобрений, приходящихся на 1 га пашни. Накопление органических удобрений и насыщенность ими севооборотов должно быть возможно большими, но реальными для данных условий.

Для расчёта выхода органических удобрений в хозяйстве используются следующие формулы:

$$B_n = 7 \times Ч_c \times K_{усл} \times П$$

где: B_n – выход соответственно подстилочного навоза за стойловый период, т;

7 – количество навоза от 1 головы КРС за стойловый период, т;

$Ч_c$ – количество животных, голов;

$K_{усл}$ – коэффициент перевода животных в условные головы (КРС – 0,8, лошади – 0,5, свиньи – 0,2, овцы – 0,1, птица – 0.001);

П – поправочный коэффициент на степень перепревания навоза (0,8 – полуперепревший).

Полученные данные в результате расчётов вносятся в таблицу 14.

Таблица 14 – Накопление навоза

Вид скота	Поголовье, шт	Количество, т
КРС	1000	4 480
Свины	700	784
Овцы	600	336
Итого		5600

Проводим расчёт баланса гумуса в севообороте, без внесения органических удобрений (табл.15).

Таблица 15 – Расчёт баланса гумуса в севообороте (без внесения органических удобрений)

Схема севооборота	Расход гумуса, т	Приход гумуса, т	Баланс (+; -), т
1. Пар чистый	2,2	0	-2,2
2. Яровая пшеница твердая	0,5	0,3	-0,2
3. Просо	0,5	0,3	-0,2
4. Яровая пшеница	0,5	0,3	-0,2
5. Суданка	0,5	0,3	-0,2
Итого:			-3,0

Внесение органических удобрений нужно для того, чтобы в почве присутствовал гумус. Если их не вносить, то почва со временем перестанет быть плодородной, и восстановление её плодородия будет очень затратным и тяжелым в экономическом плане.

Расчёт нулевого баланса необходим для того, чтобы поддерживать плодородие почвы с минимальными затратами денег. Для того чтобы его рассчитать, нужно вычислить минимально необходимое количество навоза для внесения с учётом выноса и вноса гумуса культурами в севообороте. Культуры в данном севообороте без вноса удобрений расходуют 0,8 т гумуса. Далее необходимо разделить расход гумуса культурами на количество гумуса, содержащегося в 1 тонне навоза, то есть 0,09 т. В итоге получается: $0,8 \text{ т} : 0,09 \approx 9 \text{ т}$. Следовательно, минимальная норма навоза для данного севооборота составляет 9 т/га. При внесении такого количества навоза баланс гумуса в пахотном слое почвы будет нулевым.

Производим расчёт баланса гумуса в севообороте при условии внесения органических удобрений в количестве 9 т/га (табл. 16).

Таблица 16 – Расчёт баланса гумуса в севообороте
(с внесением органических удобрений)

Схема севооборота, норма внесения навоза	Расход гумуса, т	Приход гумуса, т	Баланс (+; -), т
1. Пар чистый+9т/га	0	0,81	+0,81
2. Яровая пшеница твердая	0,5	0,3	-0,2
3. Просо	0,5	0,3	-0,2
4. Яровая пшеница	0,5	0,3	-0,2
5. Суданка	0	0,5	-0,2
Итого:		+0,01	

Следующий этап – определение общих норм элементов питания под культуры севооборота и их распределение на дозы в зависимости от сроков и способов внесения. Здесь следует учитывать, что под нормой элемента питания понимается то его количество, которое вносится под изучаемую культуру за весь период её выращивания, а доза – это научно обоснованная часть нормы элемента питания, вносимая за один приём в определённые сроки рекомендуемым способом.

Расчёт нормы элемента питания осуществляется по следующей формуле:

$$N_{э.п.} = \frac{(100 \times B) - (П \times K_{п.})}{K_y} - \frac{D_o \times C_o \times K_o}{100},$$

где:

$N_{э.п.}$ – норма элемента питания, кг/га (д.в.);

B – вынос элемента питания планируемым урожаем, кг/га (урожайность основной продукции, т/га \times расход элемента питания, кг/1т основной продукции);

$П$ – запасы элемента питания в пахотном слое почвы, кг/га

$K_o, K_y, K_{п.}$ – степень усвоения элемента питания, соответственно, из органического удобрения, минерального удобрения и почвы, % (табл. 17);

C_o – содержание элемента питания в 1 тонне органического удобрения, кг;

D_o – норма органического удобрения, т/га.

Таблица 17 – Ориентировочная степень усвоения макроэлементов, %

Объект поставок элементов питания	Элементы		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1. Почва	60 (нитратн.)	10-15	20-25
2. Минеральные удобрения	50	10-20	40
3. Органические удобрения	20-30	30	60-70

По окончанию расчётов полученные данные вносятся в таблицу 18.

После расчёта общих норм органических и минеральных удобрений осуществляется их распределение на дозы по срокам и способам внесения, заполняется таблица 19. При этом используются данные НИУ для условий конкретной почвенно-климатической зоны и возделываемой культуры.

После распределения норм элементов питания на дозы необходимо определить по каждому сроку и способу внесения конкретный вид и форму удобрения, а также осуществить расчёт их потребности в физической массе как на единицу площади, так и на всю площадь севооборота хозяйства.

Таблица 18 - Нормы удобрений на планируемую урожайность культур севооборота

С.-х. культуры Показатели	Яр.пш-ца твердая 18			Просо 12			Яровая пшеница 14			Суданка 20		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	2			3			4			5		
1.Вынос питательных веществ на 1 т основной продукции, кг	40	10	20	33	10	33	40	10	20	21	4,5	19
2. Вынос питательных веществ при планируемой урожайности, кг/га	72	18	36	39,6	12	39,6	56	14	28	42	9	38
3. Содержание подвижных веществ в почве, мг/кг	12	19	275	10	19	275	10	19	275	9	19	275
4.Запасы подвижных веществ в пахотном слое почвы, кг/га	36	57	825	30	57	825	30	57	825	27	57	825
5.Коэффициент использования питательных веществ растениями из почвы, %	60	15	25	60	15	25	60	15	25	60	15	25
6.Количество питательных веществ, поглощаемых растениями из почвы, %	21,6	8,55	206,25	18	8,55	206,25	18	8,55	206,25	16,2	8,55	206,25
7.Баланс питательных веществ, кг/га	-50,4	-	-	-	-	-	-38	-	-	-25,8	-	-
				21,6								

Продолжение таблицы 18

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
8.Бюджет внесено с 9т/га органических удобрений, кг/га	168	106,4	168	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9.Коэффициенты использования питательных веществ из органических удобрений, кг/га	25	30	65	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10.Количество питательных веществ, взятых растениями из органических удобрений, кг/га	42	31,92	109,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11.Требуется внести с минеральными удобрениями, кг/га	8,4	-	-	21,6	-	-	38	-	-	25,8	-	-
12.Бюджет внесено питательных веществ из минеральных удобрений, %	50	20	40	50	20	40	50	20	40	50	20	40
13.Бюджет внесено питательных веществ с минеральными удобрениями учетом коэффициента использования, кг/га	16,8	-	-	43,2	-	-	76	-	-	51,6	-	-

Таблица 19 - План размещения удобрений в севообороте

Наименование культуры	Всего удобрений на 1 га				В том числе в следующие сроки									
	минеральных, кг				до посева				при посеве				подкормка	
	органич., т/га	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	органич., т/га	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	корневая	внекорневая	налив зерна
1. Яр. пш-ца твердая	28	16,8	-	-	-	-	-	-	16,8	-	-	-	-	-
2. Просо	-	43,2	-	-	-	23,2	-	-	20	-	-	-	-	-
3. Яр. пш-ца	-	76	-	-	-	-	-	-	30	-	-	-	-	36
4. Суданка	-	51,6	-	-	-	30	-	-	21,6	-	-	-	-	-

Для каждого срока и способа внесения подбирается определенная марка сельскохозяйственных машин, способная обеспечить внесение запланированной дозы удобрений.

Полученная информация заносится в таблицу 20.

Таблица 20 – Потребность в удобрениях по каждой культуре севооборота

Способ внесения	Вид удобрения	Доза удобрений в физической массе, кг	Марка с.-х. машин
1. Яровая пшеница твердая			
До посева	-	-	-
При посеве	Аммиачная селитра	48,7	СЗ-3,6
Подкормка	-	-	-
2. Просо			
До посева	Аммиачная селитра	67,3	НРУ-0,5
При посеве	Аммиачная селитра	58	СЗ-3,6
Подкормка	-	-	-
Итого по культуре	Аммиачная селитра	125,3	НРУ-0,5; СЗ-3,6
3. Яровая пшеница			
До посева	-	-	-
При посеве	Аммиачная селитра	87	СЗ-3,6
Подкормка	Карбамид	79,2	АН-92
4. Суданка			
До посева	Аммиачная селитра	87	НРУ-0,5
При посеве	Аммиачная селитра	62,6	
Подкормка	-	-	-
Итого по культуре	Аммиачная селитра	149,6	НРУ-0,5

Используя предшествующие таблицы, данные о закупочных ценах на сельскохозяйственные культуры и цены на органические и минеральные удобрения, делается расчёт экономической эффективности применения удобрений под каждую культуру севооборота. Результаты заносятся в таблицу 21.

Таблица 21 – Экономическая эффективность применения удобрений в севообороте

Показатель	Культуры севооборота			
	Яр.пш-ца твердая	Просо	Яр.пш-ца	Суданка
1. Внесено удобрений - минеральных, ц/га - органических, т/га	Аммиачная селитра – 0,5 Навоз – 28	Аммиачная селитра – 1,26	Аммиачная селитра – 0,87 Карбамид – 0,8	Аммиачная селитра – 1,5
2. Урожайность без удобрений, ц/га	13	7,3	9	15
3. Урожайность при внесении удобрений, ц/га	18	12	14	20
4. Прибавка урожая за счет удобрений, ц/га	5	4,7	5	5
5. Цена 1 центнера продукции, руб.	1900	1000	1500	160
6. Стоимость дополнительного урожая, руб.	9500	4700	7500	800
7. Затраты на внесение удобрений, руб.	6300	1764	2738	2100
8. Условный чистый доход, руб./га	3200	2936	4762	-
9. Условный убыток, руб./га	-	-	-	1300

Делают выводы об эффективности вносимых удобрений. В случае её низкой величины вносят изменения в используемую технологию.

8. ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПОДДЕРЖКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ТОВАРОПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ НА ПРИОБРЕТЕНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

Учитывая высокую стоимость удобрений, Правительством области принято постановление от 20 февраля 2020 г. N 79-пп «Об утверждении порядка предоставления субсидии на возмещение части затрат на приобретение минеральных удобрений» (в ред. постановлений Правительства Оренбургской области от 06.07.2020 N 541-пп, от 07.06.2021 N 419-пп, от 06.05.2022 N 423-пп). Постановление ежегодно редактируется и утверждается. Постановление принято в соответствии со статьей 78 Бюджетного кодекса Российской Федерации и в целях реализации мероприятий государственной программы «Развитие сельского хозяйства и регулирование рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия Оренбургской области», утверждённой постановлением Правительства Оренбургской области от 29 декабря 2018 г. N 918-пп, в целях оказания государственной поддержки сельскохозяйственным товаропроизводителям области. Главным распорядителем бюджетных средств, направляемых на цели предоставления субсидии, является Министерство сельского хозяйства, торговли, пищевой и перерабатывающей промышленности Оренбургской области.

Следует отметить, что субсидия предоставляется сельскохозяйственным товаропроизводителям, занимающимся растениеводством и (или) животноводством, возделывающим сельскохозяйственные культуры на территории Оренбургской области, которые выполнили ряд требований. Эти товаропроизводители должны:

1) приобрести минеральные удобрения, включенные в Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешённых к применению на территории Российской Федерации (часть II «Агрохимикаты», раздел «Удобрения минеральные», разрешённые для применения в сельскохозяйственном производстве (с буквенным обозначением С и ЛС), в период с 1 ноября предыдущего года и (или) в текущем году с условием их внесения до 1 июля текущего года;

2) провести агрохимическое обследование земель сельскохозяйственного назначения на площади не менее 60 процентов от всей посевной площади, за исключением площади многолетних трав посева прошлых лет, не позднее 5 лет, предшествующих году представления документов на

получение субсидии, или в текущем году до внесения минеральных удобрений под сельскохозяйственные культуры, но не позднее 1 июля текущего года;

3) заключить с Министерством сельского хозяйства, торговли, пищевой и перерабатывающей промышленности Оренбургской области соглашение о приобретении минеральных удобрений (в физическом весе) для проведения сезонных полевых работ текущего года согласно плану приобретения минеральных удобрений сельскохозяйственными товаропроизводителями (в физическом весе).

Субсидии предоставляются по результатам отбора сельскохозяйственных товаропроизводителей, путем запроса предложений. Отбор проводится на основании заявок на участие в отборе, представленных сельскохозяйственными товаропроизводителями, исходя из их соответствия категории, требованиям к участникам отбора и очередности поступления заявок.

Размер субсидии рассчитывается по формуле:

$$V_i = R_i \times B \times K_i$$

где:

V_i – размер субсидии, предоставляемой i -му получателю субсидии, рублей;

R_i – расчётная стоимость минеральных удобрений i -го получателя субсидии, рублей;

K_i – поправочный понижающий коэффициент, применяемый к i -му получателю субсидии, не выполнившему план приобретения минеральных удобрений сельскохозяйственными товаропроизводителями (в физическом весе), равный отношению объёма фактически приобретённых минеральных удобрений к плановому показателю;

B – ставка субсидии, которая рассчитывается по формуле:

$$B = V_o \div \sum R_j$$

где: V_o – объём субсидии на возмещение части затрат на приобретение минеральных удобрений, предусмотренный министерством сельского хозяйства, торговли, пищевой и перерабатывающей промышленности как главным распорядителем средств;

$\sum R_j$ – суммарная расчётная стоимость минеральных удобрений по получателям субсидии.

Ставка субсидии утверждается приказом министерства, который размещается на сайте министерства не позднее 20 рабочих дней со дня окончания подачи (приёма) заявок.

Расчётная стоимость минеральных удобрений рассчитывается по формуле:

$$R=S \times K$$

где:

S – стоимость приобретённых и внесённых минеральных удобрений без учёта налога на добавленную стоимость из расчета не выше среднерыночной цены за 1 килограмм (литр) минеральных удобрений в физическом весе, сложившейся на рынке в месяц приобретения, рублей;

K – поправочный коэффициент.

K = 0,1 при условии:

наличия у сельскохозяйственных товаропроизводителей сельскохозяйственных животных и птицы по состоянию на 1 января текущего года численностью от 0 до 100 условных голов включительно;

наличия посевных площадей кукурузы и многолетних трав посева текущего года до 200 гектаров включительно.

K = 0,2 при условии:

наличия у сельскохозяйственных товаропроизводителей, занимающихся животноводством, сельскохозяйственных животных и птицы по состоянию на 1 января текущего года численностью от 101 условной головы до 150 условных голов включительно;

наличия посевных площадей кукурузы и многолетних трав посева текущего года от 201 гектара до 300 гектаров включительно;

обеспечения уровня среднемесячной заработной платы работников, занятых в сельскохозяйственном производстве, за год, предшествующий году получения субсидии, в размере:

при расчёте субсидии в 2022 году:

от 20,501 тыс. рублей до 23,9 тыс. рублей;

при расчёте субсидии начиная с 2023 года:

от 23,901 тыс. рублей до 26,0 тыс. рублей.

K = 0,3 для сельскохозяйственных товаропроизводителей, занимающихся животноводством, при условии:

наличия сельскохозяйственных животных и птицы по состоянию на 1 января текущего года численностью от 151 условной головы до 200 условных голов включительно;

наличия посевных площадей кукурузы и многолетних трав посева текущего года от 301 гектара до 400 гектаров включительно;

обеспечения уровня среднемесячной заработной платы работников, занятых в сельскохозяйственном производстве, за год, предшествующий году получения субсидии, в размере:

при расчёте субсидии в 2022 году:

от 23,901 тыс. рублей до 26,0 тыс. рублей;

при расчёте субсидии начиная с 2023 года:

от 26,001 тыс. рублей до 28,0 тыс. рублей.

$K = 0,4$ для сельскохозяйственных товаропроизводителей, занимающихся животноводством, при условии:

наличия сельскохозяйственных животных и птицы по состоянию на 1 января текущего года численностью более 200 условных голов;

наличия посевных площадей кукурузы и многолетних трав посева текущего года более 400 гектаров;

обеспечения уровня среднемесячной заработной платы работников, занятых в сельскохозяйственном производстве, за год, предшествующий году получения субсидии, в размере:

при расчёте субсидии в 2022 году:

свыше 26,0 тыс. рублей;

при расчёте субсидии начиная с 2023 года:

свыше 28,0 тыс. рублей.

Среднерыночная цена 1 килограмма (литра) минеральных удобрений в физическом весе утверждается приказом министерства в установленном им порядке исходя из среднерыночной цены ежемесячно, с 1 ноября предшествующего года до 1 июля текущего года.

Субсидия предоставляется в размере, не превышающем 80 процентов стоимости приобретённых и внесённых минеральных удобрений.

Эффективность использования субсидии оценивается министерством на основании достижения получателями субсидии значения результата предоставления субсидии и показателя, необходимого для достижения значения результата предоставления субсидии, установленного соглашением. Результатом предоставления субсидии является увеличение средней урожайности сельскохозяйственных культур не менее чем на 10 процентов с удобренной площади по сравнению со средней урожайностью аналогичной сельскохозяйственной культуры за последние 5 лет. Показателем достижения значения результата предоставления субсидии является внесение минеральных удобрений в действующем веществе в количестве

не менее или равном внесённым в предшествующем году минеральным удобрениям. Значения показателя устанавливаются в соглашении.

Министерством осуществляется проверка соблюдения получателем субсидии порядка и условий предоставления субсидий, в том числе в части достижения результата предоставления субсидии. Получатели субсидии осуществляют возврат субсидии в областной бюджет в случаях недостижения значений результата и показателя, указанных выше, и нарушения получателем субсидии условий предоставления субсидии, выявленных в том числе по фактам проверок, проведённых министерством и уполномоченным органом государственного финансового контроля.

В случае возникновения обстоятельств, приводящих к невозможности достижения значений результата предоставления субсидий, в целях достижения которых предоставляются субсидии, в сроки, определённые соглашением, в связи с введением политических и экономических санкций иностранными государствами, совершающими недружественные действия в отношении Российской Федерации, граждан Российской Федерации или российских юридических лиц, и (или) введением иностранными государствами, государственными объединениями и (или) союзами и (или) государственными (межгосударственными) учреждениями иностранных государств или государственных объединений и (или) союзов мер ограничительного характера министерство по согласованию с получателем субсидии вправе принять решение о внесении изменений в соглашение в части продления сроков достижения результатов предоставления субсидии (но не более чем на 24 месяца) без изменения размера субсидии. В случае невозможности достижения результата предоставления субсидии без изменения размера субсидии министерство вправе принять решение об уменьшении значения результата предоставления субсидии.

Список использованной литературы

1. Агрохимия: учебник / В.Г. Минеев, В.Г. Сычев, Г.П. Гамзиков и др.; под ред. В.Г. Минеева. – М.: Изд-во ВНИИА им. Д.Н. Прянишникова, 2017. – 854 с.
2. Долматов А.П., Буквич Н.В. Эффективность эпсомита и азотных удобрений на озимой пшенице в условиях южных чернозёмов центральной зоны Оренбургской области / Материалы национ. научн.-пр. конференции: Перспективные тенденции развития научных исследований по приоритетным направлениям модернизации АПК и сельских территорий в современных социально-экономических условиях. Т. 1. – Волгоград, 2022. – С. 28 – 32.
3. Долматов А.П., Васильев И.В., Томин А.П., Литовкин С.Н., Удоденко М.В. Эффективность использования новых видов органических и минеральных удобрений на озимой пшенице и нуте в условиях Оренбургского Предуралья // Известия Оренбургского государственного университета. – 2019. – С. 74 – 76.
4. Ерошенко, Ф.В. Использование азота растениями озимой пшеницы / Ф.В. Ерошенко // Достижения науки и техники АПК. – 2015. – С. 58 – 61.
5. Кидин, В.В. Агрохимия: учебник / В.В. Кидин. – М.: Проспект, 2017. – 334 с.
6. Кузнецов В.В. Физиология растений: учебное пособие для вузов / В.В. Кузнецов, Г.А. Дмитриева. – М.: Высшая школа, 2005. – 736 с.
7. Кучеренко, В.Д. Почвы Оренбургской области [Текст] / под общ. ред. д-ра биол. наук В.Д. Кучеренко. – Челябинск: Юж.-Урал. кн. изд-во, 1972. – 126 с.
8. Минеев В.Г. Практикум по агрохимии. – М.: МГУ, 2001 – 688 с.
9. Организационно-экономические основы и эффективность берегающего земледелия / под ред. Л.В. Орловой. – Самара: Изд. центр ООО «Элайт», 2010. – 203 с.
10. Ряховский, А.В. Особенности плодородия почв и эффективность удобрений в степных районах Южного Урала / А.В. Ряховский. – Челябинск: Юж.-Урал. кн. изд-во, 1992. – 79 с.
11. Ряховский, А.В., Параметры и условия эффективного использования удобрений в степных районах Южного Урала / А.В. Ряховский, И.Ш. Зарипов. – Оренбург: Издательский центр ОГАУ, 1998. – 112 с.
12. Ряховский, А.В. Плодородие почв Оренбургской области, использование и эффективность удобрений при возделывании полевых культур / А.В. Ряховский, И. А. Батулин, А. П. Березнёв и др. – Оренбург: ОАО «ИПК

«Южный Урал», 2008. – 252 с.

13. Ягодин, Б.А. Агрохимия: учебник / Б.А. Ягодин. – М.: Лань, 2016 – 732 с.

14. http://agromaster.ru/pomow_v_vybore_produktov/problemy_svyazannye_s_deficitom_i_izbytkom_pitelnyh_elementov/deficit_medi_cu/

15. <http://himagro.com.ua/ru/molibden-nezamenimyj-komponent-pitaniya-rastenij>

16. <https://read.sgau.ru/files/pages/14691/14327975705.pdf>

17. https://agromage.com/stat_id.php?id=1293

ДЛЯ ЗАМЕТОК