

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Пермский государственный аграрно-технологический университет
имени академика Д.Н. Прянишникова»

Л.А. Михайлова, М.И. Пинаева

**АГРОХИМИЯ.
НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ
ПОД ОСНОВНЫЕ ПОЛЕВЫЕ КУЛЬТУРЫ**

Учебное пособие

Пермь
ИИЦ «Прокрость»
2023

УДК 631: 54: 631. 8.
ББК 40.4
М 69

Рецензенты:

Н.Е. Завьялова, доктор биологических наук, главный научный сотрудник лаборатории агротехнологий «Пермский НИИСХ» - филиал ПФИЦ УрО РАН.

Т.В. Соромотина, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры садоводства и перерабатывающих технологий ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ.

М 69 Михайлова, Л.А.

Агрохимия. Научные основы применения удобрений под основные полевые культуры : учебное пособие. / Л.А. Михайлова, М.И. Пинаева ; М-во науки и высшего образования РФ, Федеральное гос. бюджетное образов. учреждение высшего образов. «Пермский гос. аграрно-технологич. ун-т им. акад. Д.Н. Прянишникова». – Пермь : ИПЦ «Прокрость», 2023. – 142 с. : ил. ; 21 см. – Библиогр.: с. 141-142. – 30 экз. – ISBN 978-5-94279-590-0. – Текст : непосредственный.

В учебном пособии освещены вопросы питания и рационального применения органических и минеральных удобрений под основные полевые культуры. Рассмотрены факторы, влияющие на эффективность удобрений, описаны методы расчёта доз минеральных удобрений, приведены обоснованные дозы, сроки и способы применения удобрений под основные полевые культуры с учётом их биологических особенностей, уровня планируемой урожайности и почвенных условий.

Учебное пособие предназначено для обучающихся высших учебных заведений по направлениям подготовки 35.03.03 Агрохимия и агропочвоведение, 35.03.04 Агрономия, 35.03.05 Садоводство. Может быть использовано обучающимися направлений подготовки 35.04.03 Агрохимия и агропочвоведение, 35.04.04 Агрономия.

УДК 631: 54: 631. 8.
ББК 40.4

Утверждено в качестве учебного пособия Методическим советом ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ (протокол № 9 от 01.06.2023)

ISBN 978-5-94279-590-0

© ИПЦ «Прокрость», 2023
© Михайлова Л.А., 2023
© Пинаева М.И., 2023

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
Глава 1. Научные основы применения удобрений.....	5
1.1 Определение, цель и задачи системы удобрения.....	5
1.2 Факторы, влияющие на эффективность удобрений.....	10
Глава 2. Методы определения оптимальных доз удобрений	22
2.1 Методы, основанные на обобщении данных с эмпирическими до- зами удобрений	24
2.2 Балансовые методы:.....	28
2.3 Определение доз минеральных удобрений при ограниченных ре- сурсах	31
Глава 3 Удобрение основных сельскохозяйственных культур.....	34
3.1 Удобрения зерновых культур.....	34
3.1.1 Особенности питания и удобрение озимых зерновых культур... 3.1.2 Особенности питания и удобрение ранних яровых зерновых культур.....	34 44
3.2. Удобрение зернобобовых и многолетних бобовых культур.....	53
3.2.1 Значение зернобобовых и многолетних бобовых культур в зем- леделии.....	53
3.2.2 Особенности питания и удобрение зернобобовых культур.....	54
3.2.3 Удобрение однолетних трав.....	59
3.2.4 Особенности питания и удобрение многолетних бобовых куль- тур.....	60
3.3 Удобрение гречихи и льна.....	70
3.3.1 Особенности питания и удобрение гречихи.....	70
3.3.2 Особенности питания и удобрение льна.....	74
3.4 Особенности питания и удобрение картофеля	81
3.5. Удобрение кормовых корнеплодов.....	92
3.5.1. Особенности питания кормовых корнеплодов.....	92
3.5.2. Удобрение кормовой свёклы.....	95
3.5.3 Удобрение турнепса и брюквы.....	98
3.5.4 Удобрение кормовой моркови.....	101
3.6. Удобрение силосных культур.....	102
3.6.1 Особенности питания и удобрение кукурузы.....	102
3.6.2 Особенности питания и удобрение подсолнечника.....	109
3.6.3 Особенности питания и удобрение рапса.....	113
3.7. Удобрение сенокосов и пастбищ.....	118
3.8. Оценка агрономической и энергетической эффективности при- менения минеральных удобрений	131
Список рекомендуемой литературы	136
Заключение	137
Словарь терминов и персоналий (глоссарий).....	138
Список использованной литературы	141

Введение

Перед сельским хозяйством поставлена первоочередная задача – повысить урожайность всех культур и сохранить плодородие почв. Применение удобрений на научной основе является важнейшим фактором повышения урожайности сельскохозяйственных культур. Среди факторов жизни растений минеральное питание является наиболее доступным для регулирования человеком. Сбалансированное питание растений макро- и микроэлементами контролирует многочисленные процессы обмена веществ и играет ключевую роль в формировании урожая и его качества. К настоящему времени накоплен значительный практический опыт, свидетельствующий о реальной возможности целенаправленного регулирования условий минерального питания растений для получения продукции заданного качественного состава.

Учебное пособие предназначено для закрепления программного материала по дисциплинам «Система удобрения полевых и плодовоовощных культур» и «Агрохимия», расширения и углубления знаний студентов по вопросам химической мелиорации почв, рационального использования органических и минеральных удобрений в производстве.

ГЛАВА 1. НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ

1.1. Определение, цель и задачи системы удобрения

Ведущей основой повышения урожайности сельскохозяйственных культур и улучшения их качества является рациональная система удобрения. Прибавки сельскохозяйственной продукции за счёт применения минеральных удобрений составляют до 41 %. В агрономической практике существуют определения системы удобрения отдельной культуры, севооборота (агроценоза) и хозяйства (района, области, края).

Под системой удобрения отдельной культуры понимают дозы, сроки, формы и способы внесения органических и минеральных удобрений под конкретную культуру. Она планируется исходя из величины планируемой урожайности, учета биологических особенностей, её места в севообороте, агротехники и почвенно-климатических условий.

Система удобрения культур в севообороте – это план размещения органических и минеральных удобрений под культуры севооборота, с указанием их видов, форм, доз, времени и способов внесения под каждую культуру с учетом биологии и предшественника.

Система удобрения хозяйства – это комплекс организационно-хозяйственных, агротехнических мероприятий по накоплению и рациональному использованию органических удобрений, приобретению минеральных удобрений, их хранение, строительство складских помещений с учетом конкретных почвенно-климатических и экономических условий хозяйства.

Система удобрения хозяйства состоит из 3 составных частей.

План организационно-хозяйственных мероприятий включает определение объёмов накопления органических удобрений, приобретения минеральных удобрений, организа-

цию их хранения, степень механизации, исходя из имеющегося машинотракторного парка, организацию оплаты труда.

Второй составной частью являются мероприятия по повышению плодородия почв: известкование, фосфоритование, внесение калийных удобрений в запас, обеспечение бездефицитного баланса гумуса.

Третья составная часть включает план применения удобрений – виды, дозы, формы, сроки и способы внесения органических и минеральных удобрений с учетом содержания питательного вещества в почве и планируемой урожайности.

Цель системы удобрения – удовлетворение потребностей культур в питательных элементах для ежегодного получения максимально возможной агрономической и экономической эффективности и экологической безопасности использования имеющихся природно-экономических ресурсов (удобрений, мелиорантов, почв, культур (сортов), техники и т.д.) каждого хозяйства.

В зависимости от специализации хозяйства, севооборота имеют место три типа системы удобрения:

– минеральная (она используется на полях, удаленных от животноводческих помещений, при ограниченном количестве в хозяйстве животных и низкой обеспеченности пашни органическими удобрениями в степных районах);

– органическая (она более трудоёмка, чем минеральная, и может быть оправдана лишь для крупных животноводческих хозяйств и птицефабрик, где выход органических удобрений (навоза, помета) часто превышает оптимальную потребность в них сельхозугодий);

– органо-минеральная (в агрохимическом и экономическом аспектах наиболее рациональна, поскольку минеральные и органические удобрения во всех отношениях хорошо дополняют друг друга).

Методы исследований: биологические, аналитические и экономико-математические.

Задачи системы удобрения:

– повышение урожайности всех возделываемых культур и улучшение качества продукции с ростом удобренности посевов до оптимальных уровней;

– устранение различий (выравнивание) в плодородии отдельных полей каждого севооборота при любой обеспеченности удобрениями и оптимизация показателей плодородия почв всех полей при соответствующем росте обеспеченности посевов удобрениями;

– повышение оплаты удобрений прибавками урожаев всех возделываемых культур при любой обеспеченности ими вплоть до оптимальной;

- получение сертифицируемой продукции всех культур при систематическом контроле за изменением агрохимических показателей плодородия почв;

– утилизация отходов животноводства и растениеводства;

– повышение производительности труда всех работников, специалистов и руководителей организационно-хозяйственной и управленческой деятельности;

– постоянное выполнение всё возрастающих требований по охране окружающей среды от загрязнения средствами химизации земледелия [10].

Методы исследований: биологические, аналитические и экономико-математические.

Биологические методы – лабораторный, вегетационный, лизиметрический, вегетационно-полевой, полевой, экспедиционный.

Вегетационный метод – как метод исследования растений, выращиваемых в сосудах в стеклянных домиках при

строго контролируемых условиях внешней среды сроком от нескольких дней до нескольких месяцев.

Лизиметрический метод – исследование растений и свойств почвы в поле для изучения баланса влаги и элементов питания.

Полевой метод – как метод проведения полевых опытов и основной метод научной агрономии.

Экспедиционный метод – как метод изучения и обобщения агрохимических вопросов непосредственно на производстве с помощью обследования посевов культур.

Лабораторный метод – как метод, используемый для анализа растений и среды их обитания в лабораторных условиях, для изучения взаимодействий растений с внешней средой, обмена веществ в растениях, оценки качества урожая, исследования физических, химических, микробиологических свойств почвы и т.д.

Лабораторные методы агрохимического анализа растений, почв и удобрений включают химические, биохимические и микробиологические методы, а также метод изотопных индикаторов (стабильные и радиоактивные изотопы). Ведущая роль среди лабораторных методов принадлежит химическому анализу агрономических объектов.

Агрохимический анализ растений проводят в целях:

- оценки качества урожая сельскохозяйственных культур, сертификации продукции растениеводства и кормов;
- оценки изменений химического состава, питательной, кормовой и технологической ценности растениеводческой продукции в зависимости от условий выращивания, в том числе применения удобрений;
- определения размеров выноса элементов питания с урожаем и динамики их потребления в течение вегетации;

- диагностики питания растений и определения потребности в удобрениях;
- изучения использования культурами питательных элементов из удобрений.

Агрохимический анализ почв позволяет:

- оценить обеспеченность растений элементами питания и потребность в удобрениях;
- осуществить мониторинг плодородия и сертификацию почв земельных участков и грунтов;
- изучить изменение агрохимических, агрофизических и биологических свойств почвы при применении удобрений и мелиорантов;
- выявлять изменения содержания питательных веществ в почве и их доступности растениям в зависимости от приемов возделывания и применения удобрений;
- изучать взаимодействие удобрений с почвой.

Агрохимический анализ удобрений даёт возможность:

- оценить качество местных органических удобрений и его изменение в зависимости от условий накопления, хранения и применения;
- определить содержание действующего вещества в минеральных удобрениях и мелиорирующих материалах для проверки их соответствия установленным стандартам и требованиям;
- установить агроэкологическую безопасность органических удобрений;
- производить сертификацию минеральных удобрений.

Агрохимический анализ растений, почв и удобрений позволяет изучить баланс питательных веществ в земледелии и дать научное обоснование регулированию питания сельскохозяйственных культур с помощью удобрений. [13]

В агрохимических исследованиях широко используют математические методы для оценки точности опытов и достоверности полученных результатов, выявления зависимости между удобрениями и урожаем, моделирования процессов поглощения элементов питания растениями, превращения в почве и потерь питательных веществ из почвы и удобрений, прогнозирования изменений почвенного плодородия и потребности в удобрениях, для энергетической и экономической оценки применения удобрений с использованием современной вычислительной техники.

На основе результатов полевых и производственных опытов с обязательной агроэкологической и экономической оценкой изучаемых удобрений и приёмов их внесения даются практические рекомендации производству, которые позволяют эффективно использовать разнообразные местные и промышленные удобрения.

1.2. Факторы, влияющие на эффективность удобрений

Эффективность удобрений, внесённых даже в оптимальных дозах с максимальным учётом биологических потребностей в питательных элементах под любую культуру конкретного сорта, зависит от всего комплекса факторов внешней среды. Всю совокупность факторов внешней среды можно объединить в две основные группы: почвенно-климатическую (природную) и агротехническую (антропогенную).

Почвенные условия

Зная о влиянии свойств почвы на рост и развитие растений, трансформацию различных удобрений можно прогнозировать изменение эффективности любых других средств химизации.

Эффективность удобрений зависит от типа почвы, гранулометрического состава и агрохимических показателей (содержание гумуса, реакция почвенной среды, ёмкость поглощения, состав поглощенных оснований, содержание доступных растениям подвижных форм макро- и микроэлементов в почве).

Азотные удобрения наиболее эффективны на дерново-подзолистых, серых лесных почвах, оподзоленных и выщелоченных чернозёмах и на всех орошаемых.

Фосфорные удобрения наиболее эффективны в районах недостаточного увлажнения и засушливого климата, на южных, обыкновенных чернозёмах, каштановых и бурых почвах, а также на слабокультуренных почвах других типов, например, на дерново-подзолистых некультуренных разностях (1-2 класса) они могут по эффективности даже превосходить азотные.

Калийные удобрения наиболее эффективны на торфяных, затем, дерново-подзолистых и серых лесных почвах, на других типах (серозёмы, каштановые и чернозёмы) эффективность их резко снижается, и нередко отсутствует.

На лёгких почв по гранулометрическому составу, как правило, возрастает эффективность азотных, калийных и микроудобрений, а на тяжёлых – фосфорных удобрений, в первом случае это связано с более лёгкой вымываемостью элементов, во втором – с большим закреплением фосфора в труднодоступные соединения.

В пределах конкретного типа и подтипа эффективность удобрений зависит от гранулометрического состава почвы. Чем *беднее* почвы (более лёгкого гранулометрического состава), тем больше относительные прибавки (в % от контроля) урожайности культур от удобрений, хотя абсолютные прибавки (в ц/га) на

более *плодородных* (окультуренных) почвах часто даже выше, чем на менее плодородных.

Эффективность каждого вида удобрений при прочих равных условиях снижается с ростом обеспеченности любого типа, подтипа и разности почв усвояемыми для растений формами соответствующих элементов и, как правило, исчезает на всех разностях при высокой или очень высокой (5-6 класс). Например, по обобщённым данным многочисленных опытов агрохимслужбой страны (ЦИНАО) с озимой пшеницей на дерново-подзолистых среднеобеспеченных калием (100 мг/кг) почвах, прибавки урожаев зерна от 60 кг/га P_2O_5 составили: при содержании подвижного фосфора в почве 50 мг/кг – 4,3 ц/га, 100 – 3,55 и 150 мг/кг – 2,8 ц/га, а на выщелоченном чернозёме, соответственно: 9,4; 5,1 и 0,8 ц/га, а от 60 кг/га K_2O при содержании обменного калия 50 мг/кг – 6,4 ц/га, 100 – 3,3 и 150 мг/кг – 0,2 ц/га [4].

Эффективность всех видов удобрений под всеми культурами значительно возрастает при нейтрализации кислых (и щелочных) почв и достигает максимума при оптимальной для возделываемых культур реакции. Например, по обобщённым агрохимслужбой средним данным опытов с ячменём на дерново-подзолистых почвах окупаемость 1 кг азота удобрений прибавкой урожая зерна при $pH_{\text{сол}} < 5$ составляла 7,6 – 8,4 кг, при $pH_{\text{сол}} > 5,6$ – 18,6 – 20,2 кг [3].

Климатические и погодные условия

По данным Института экспериментальной метеорологии, изменчивость погодно-климатических условий обеспечивает колебание эффективности удобрений в Нечернозёмной зоне до 25-60 %. В общем комплексе факторов, определяющих эффективность удобрений, основными являются:

приток световой энергии, температура и влажность почвы и воздуха. Чем выше уровень обеспеченности солнечной энергией при нормальной влагообеспеченности, тем больше синтезируется углеводов в растениях и тем больше питательных элементов они способны усвоить. Свет влияет на питание растений не только через фотосинтез, но и через транспирацию, которая, влияя на транспорт питательных элементов, определяется солнечной радиацией, влажностью и температурой воздуха. С повышением влажности воздуха возрастает устойчивость растений к росту концентрации питательных растворов. Увеличение дефицита влажности воздуха на 1 мбар в мае снижает эффективность удобрений в среднем на 0,4 ц/га, в июле – на 0,04 ц/га.

Температура почвы определяет темпы трансформации питательных элементов в ней и поглощение растениями питательных элементов. При температуре 8-10°C уменьшается поступление, передвижение и включение в обмен веществ азота и фосфора, а при температуре 5-6°C и ниже потребление корнями этих (и других) элементов резко снижается. С повышением температуры с 10 до 25°C возрастают мобилизация и поглощение растениями в почве питательных элементов почвы и удобрений. Оптимальная температура днём (23-25°C) соответствует 14-16°C средних суточных температур и обычно совпадает с периодом выхода в трубку – колошением зерновых колосовых культур.

Влагообеспеченность почв определяется годовым количеством осадков. Уменьшение годовой нормы осадков на 100 мм в Европейской части снижает эффективность средних доз удобрений в среднем на 1,1 ц/га для всех зерновых культур и на 1,9 ц/га – для озимых культур. Снижение запасов влаги в почве на 10 мм за вегетацию зерновых культур снижает при-

бавки от удобрений в среднем на 0,1-0,2 ц/га. Если при отношении количества осадков к уровню испаряемости, равном 1, эффективность удобрений принять за 100 %, то каждое увеличение засушливости на 10 % снижает эффект удобрений почти на 15 %.

С увеличением влажности до 90 % наибольшей влагоёмкости на почвах с объёмной массой 1,2-1,3 г/см³ и до 80% на более плотных почвах (1,5-1,6 г/см³) эффект от удобрений возрастает, а дальнейшее увлажнение почв до 100 – 120 % наибольшей влагоёмкости на первых – постепенно, а на вторых – резко снижает этот эффект.

Избыток влаги обуславливает миграцию питательных элементов. Из удобрений и почв выщелачивается кальций, сера, магний, азот, углерод, натрий, калий и другие элементы, но меньше всего фосфор, как наименее подвижный элемент, причём, максимально эти процессы происходят в весенние паводки и после уборки урожая осенью.

На суглинистых и супесчаных почвах Нечерноземья при насыщенности удобрениями N₆₀P₆₀K₆₀ атмосферными осадками вымывается соответственно: до 50 и 70-120 кг/га кальция, 3-7 и 10-15 – магния, 14 и 25 – серы, 7 и 10-12 – калия, 1-6 и 14-18 кг/га – азота [2].

Совместное применение разных видов удобрений обладает наибольшей стабильностью (варьирование 30-45%), а эффективность отдельных удобрений под влиянием погодных условий варьирует более значительно: азотных – до 50 %, фосфорных – до 65 % и калийных – до 75 %.

В среднем по Нечернозёмной зоне прибавка урожаев зерна от минеральных удобрений составляет 6 ц/га с колебаниями от погодных условий до ±40 %.

Квалифицированное применение удобрений ослабляет отрицательное влияние неблагоприятных погодных условий

на продуктивность возделываемых культур, в частности, при нормальном увлажнении снижает на 20-30 % затраты воды на каждую единицу продукции, но при длительной засухе, к сожалению, не спасёт положение.

Профессиональное применение удобрений снижает отрицательное действие низких температур, заморозков и других неблагоприятных метеорологических условий, что наиболее важно для озимых культур.

По данным 40 опытов, обобщённым А.П. Федосеевым, при внесении фосфорно-калийных (РК) удобрений количество погибших при перезимовке растений озимых ржи и пшеницы снизилось с 42 (без удобрений) до 27 %, а сочетание РК с оптимальной дозой азота до посева сократило гибель озимых до 18 %.

Таким образом, при определении оптимальных доз удобрений следует обязательно ориентироваться на средне-многолетние метеоусловия конкретных территорий и ежегодно корректировать их с учётом метеоусловий прошедшего и предстоящего года.

Агротехнические условия

Обработка почвы, её сроки, способы и глубина заделки удобрений, мелиорантов и семян растений, борьба с болезнями, вредителями и сорняками (видовой и сортовой состав) и чередование культур, виды, дозы, комбинации видов и способов применения удобрений и мелиорантов – все эти агротехнические факторы существенно влияют на водно-воздушный, температурный и пищевой режимы почв и, следовательно, на эффективность удобрений.

Основная задача комплекса приёмов внесения удобрений – обеспечить для растений оптимальные условия питания. При выборе приёмов внесения удобрений необходимо знать потребность культур в отдельных элементах по фазам

роста и размещение их в зоне наибольшего соприкосновения с корневой системой. При разных способах обработки почвы различными орудиями распределение удобрений по профилю обрабатываемого слоя происходит неодинаково (табл. 1).

Таблица 1

Распределение удобрений в пахотном слое почвы
в зависимости от способа заделки, %[1]

Глубина пахотного слоя, см	Способ заделки				
	легкой бороной	тяжёлой бороной	тяжёлым культиватором	плугом	плугом с предплужником
0–3	98	75	55	11	3
3–6	2	22	21	12	4
6–9	–	3	23	16	12
9–12	–	–	1	16	14
12–15	–	–	–	23	20
15–20	–	–	–	22	47

Надо иметь в виду, что подвижность фосфорных и калийных удобрений в почве слабая, они закрепляются почвой и обычно остаются в слое, куда вносились. При мелкой заделке этих удобрений (под борону или мелкую предпосевную культивацию) растения плохо используют питательные вещества удобрений, так как верхний слой почвы подсыхает, что приводит к отмиранию в нём мелких корней и корневых волосков. Всё это серьёзно нарушает питание растений и снижает эффективность удобрений. Наивысший эффект под всеми культурами достигается при локальном внесении удобрений на желаемую глубину, обычно не менее 8-10 см для тяжёлых и 12-15 см – для лёгких по гранулометрическому составу почв.

При внесении минеральных удобрений туковыми сеялками и центробежными разбрасывателями неравномерность распределения удобрений достигает 40-70 % при допустимой – 20-25 %. При неравномерности внесения удобрений до 50-70% потери урожая зерновых культур могут достигать 5-8 ц/га.

В связи с этим большого внимания заслуживает и внедрение в производство локального способа внесения удобрений

ний, при котором неравномерность распределения их не превышает 8-10 %. По сравнению с разбросным внесением удобрений с последующей заделкой их в почву коэффициенты использования азота и калия при локальном внесении возрастают на 10-15 %, фосфора – на 5-10 %, а водопотребление растений на единицу продукции снижается на 10-15 %, в 2-3 раза снижается засорённость.

По обобщённым более чем за 20 лет в ВИУА данным, урожаи всех культур за счёт локализации равных доз удобрений, по сравнению с разбросным внесением, возрастают в среднем на 5-10 ц/га зерновых единиц, причём, наиболее значительно – под интенсивными сортами возделываемых культур. В связи с повышением коэффициентов использования из минеральных удобрений при локальном внесении дозы их можно уменьшать на 25-50 %, по сравнению с разбросным внесением без снижения урожайности, то есть не менее чем в 2 раза повышать удобряемую площадь и эффективность применяемых удобрений. [9].

Локализация удобрений на связанных суглинистых почвах более эффективна, чем на песчаных и супесчаных, особенно в засушливые годы. Эффект от внутрипочвенного внесения минеральных удобрений падает с повышением плодородия почв. Однако внутрипочвенное внесение одного из видов удобрений на фоне поверхностного внесения других видов может привести к снижению урожая. На почвах высокообеспеченных фосфором и калием, эффективна локализация только азотных удобрений.

Локальное внесение удобрений может осуществляться до посева (посадке), при посеве (посадке) и после посева при прикорневой подкормке во время вегетации растений.

Эффективность удобрений зависит и от времени основной обработки почвы; особенно это важно для азотных удоб-

рений. При поздней зяблевой обработке минерализация корневых и пожнивных остатков предшественников и органического вещества почв из-за кратковременности периода минимальна, и на таком фоне значительно возрастает эффективность азотных удобрений.

Сроки и способы сева (посадки), а также качество посевного (посадочного) материала сильно влияют на эффективность удобрений. На окультуренных плодородных почвах потери урожая при запаздывании с посевом на 1 день достигают 1,0-1,5 ц/га.

Эффект от удобрений изменяется от нормы высева семян, их качества и густоты стояния растений, то есть от площади питания каждого растения. Оптимальные нормы высева семян и густоты стояния растений указаны в растениеводческих справочниках и зависят от окультуренности (плодородия) почв, а в пределах даже одного вида растения на одной и той же почве колеблются в зависимости от сортов, устойчивости к полеганию и качества посевного материала. Переход от высококлассных семян элитных сортов к менее качественным при прочих равных условиях значительно снижает эффективность удобрений.

Качественное и своевременное проведение работ до посева, при посеве, в период вегетации и уборки урожаев, также значительно повышает эффективность удобрений. Создание с помощью мелиорантов и удобрений оптимальных условий питания растений заметно повышает устойчивость их ко всем неблагоприятным факторам в период вегетации, в частности, к болезням, вредителям и сорнякам. Например, минеральные удобрения повышают устойчивость ячменя к шведской мухе, озимой пшеницы – к шведской и гессенской мухам, всех зерновых культур (особенно фосфорные) – к корневым гнилям и

бурой ржавчине, хотя азотные удобрения, особенно при избытке их, напротив, могут снижать устойчивость культур к болезням и вредителям. Удобрения в оптимальных дозах и соотношениях снижают активность снежной плесени в посевах озимых культур и одновременно повышают конкурентные способности культур сплошного сева, особенно озимых, по отношению к сорнякам. Минеральные удобрения – отдельно, и в сочетании с органическими повышают устойчивость картофеля к фитофторозу, ризоктониозу и парше обыкновенной, хотя последняя появляется чаще при известковании почв, но может подавляться борными удобрениями.

Удобрения, естественно, не снимают необходимости защиты растений биологическими, химическими и агротехническими средствами.

Велика роль и химических средств защиты растений в повышении эффективности удобрений под разными культурами во всех почвенно-климатических зонах.

Трудно переоценить роль гербицидов в борьбе с сорняками и повышении эффективности удобрений. Известно, что засорённость посевов существенно снижает урожай возделываемых культур, так как сорняки гораздо быстрее, чем культурные растения используют улучшение условий питания, что приводит, если не бороться с ними, к резкому снижению эффективности удобрений.

Эффективность удобрений зависит от вида и урожайности предшественников удобряемых культур, а также состава и существующего чередования культур во времени и пространстве, то есть севооборотов. Многие культуры обладают биологической способностью усваивать питательные вещества из труднодоступных соединений: все бобовые культуры в симбиозе с клубеньковыми бактериями способны обеспе-

чить собственные потребности в азоте на 50 – 95 % (в зависимости от вида и длительности возделывания) за счёт запасов его в атмосфере, а люпины, гречиха, горчица усваивают фосфор из труднодоступных трёхзамещённых фосфатов почв и удобрений. После минерализации корневых и пожнивных остатков этих (и других) культур, содержащиеся в них питательные элементы становятся доступными для следующих за ними культур, не обладающих подобными биологическими способностями.

Другой причиной более высокой эффективности удобрений под всеми культурами в севооборотах является существенное улучшение фитосанитарной обстановки посевов всех культур. В севооборотах и при чередовании разных культур создаются лучшие условия для борьбы с сорняками, болезнями и вредителями возделываемых растений.

По мере совершенствования агротехники возделывания культур под влиянием удобрений возрастают урожаи их не только в севооборотах, но и в бессменных посевах, причём, не только на бедных, но и на окультуренных почвах. Разные культуры неодинаково реагируют на удобрения, возделывание в севооборотах и сочетания этих факторов. По обобщённым данным, у зерновых культур более 55 % прибавки урожаев обусловлено севооборотами и только 32-36 % – удобрениями, а у пропашных, напротив, 55-81 % обеспечивают удобрения и только 6-22 % – возделывание их в севооборотах, следовательно, последние надо размещать в прифермских севооборотах, смело практиковать повторные посевы их и возделывание в выводных полях. Это обстоятельство очень важно в связи со специализацией сельскохозяйственного производства во всех категориях хозяйств.

В условиях недостаточного увлажнения чистые пары в севооборотах улучшают влагообеспеченность, усиливают

минерализацию органического вещества и облегчают борьбу с сорняками, поэтому на культурах, следующих по ним, возрастает эффективность фосфорно-калийных и органических удобрений и снижается – азотных. По занятым парам эффективность всех удобрений, как правило, выше, чем по чистым.

По пласту и обороту пласта многолетних трав эффективность органических и азотных удобрений снижается, а фосфорно-калийных – возрастает.

Контрольные вопросы и задания:

1. Сформулируйте определение, цель и задачи системы удобрения. 2. Перечислите почвенные показатели, влияющие на эффективность удобрений и способы их регулирования. 3. Какова роль гранулометрического состава и окультуренности почв в повышении эффективности удобрений? 4. Перечислите климатические факторы, влияющие на эффективность удобрений и способы их регулирования. 5. Какие агротехнические условия влияют на эффективность удобрений? 6. Значение севооборота и предшественника при использовании удобрений. 7. Как понимать зависимость эффективности удобрений от количества и их качества? 8. Как изменяется эффективность удобрений при разбросном и локальном, ежегодном и периодическом способах внесения и заделки их? 9. Как влияют сроки внесения и глубина заделки разных удобрений и мелиорантов на их эффективность?

ГЛАВА 2. МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ ДОЗ УДОБРЕНИЙ

В агрономической практике существуют понятия – оптимальная доза, максимальная и минимальная.

Оптимальная доза удобрений должна обеспечивать максимальную окупаемость вносимых удобрений прибавкой урожайности хорошего качества удобряемой культуры с одновременным максимально возможным регулированием показателей плодородия почвы в сторону оптимизации.

Максимальная доза удобрений должна быть экономически оправданной, обеспечивать максимальную урожайность хорошего качества удобряемой культуры с одновременной оптимизацией плодородия почвы и соблюдением требований охраны окружающей среды.

Минимальные дозы макроудобрений (10 кг/га д.в. – при локальном или 20 кг/га д.в. – при разбросном внесении) применяют всегда для припосевного (рядкового) внесения и иногда (при очень ограниченных ресурсах) – в подкормки.

Определение оптимальных доз минеральных удобрений – один из наиболее сложных вопросов современной агрономической науки и практики химизации. В этом вопросе отражается не только вся сложность взаимоотношений между растением, удобрением, почвой и погодой, но и сложность определения экономической эффективности тех или иных доз. Основными условиями, определяющими выбор оптимальной дозы удобрений, являются:

- общая потребность данного растения в питательных веществах, зависящая от роста (с учетом его качества) и условий произрастания растений;
- возможное использование растениями питательных веществ почвы;
- коэффициент использования растениями питательных веществ минеральных и органических удобрений;

– экономические и организационно-хозяйственные условия, определяющие экономическую эффективность тех или иных доз удобрений;

– техника внесения удобрения.

В арсенале агрономической науки существует немало разработанных наукой методов оптимизации применения удобрений.

Всё существующее множество методов и модификаций определения доз удобрений принципиально можно разделить на 2 большие группы:

– методы обобщения результатов опытов с эмпирическими дозами удобрений;

– методы обобщения результатов опытов с помощью расчётов и результатов балансов питательных элементов.

Первое направление обосновано Д.Н. Прянишниковым, А.Н. Лебеядцевым, А.В. Соколовым и др. В качестве основы для установления доз удобрений они за основу принимали результаты полевых опытов.

Второе направление зародилось под влиянием идей К.А. Тимирязева, говорившего о необходимости «спрашивать мнение самого растения». В этом направлении работали З.И. Журбицкий, А.М. Надежкина и др. При использовании данного метода за основу принимают потребность растений в элементах питания с учётом количества доступных растениям элементов питания в почве, на которой они будут выращиваться.

Следует подчеркнуть, что в обеих группах существуют расчётные методы и модификации с моделированием и применением электронной техники, основанные на определении производных функций в системе «почва – удобрение – урожай».

2.1. Методы, основанные на обобщении данных с эмпирическими дозами удобрений

Под методическим руководством Географической сети опытов ВИУА во всех почвенно-климатических зонах на основании полевых опытов с разными культурами установлены рекомендуемые дозы органических и минеральных удобрений для основных культур на различных типах, подтипах и разностях почв (табл. 2).

Систематическое агрохимическое обследование почв, проводимое с 1965 года во всех хозяйствах, выявило существующую неоднородность (пестроту) агрохимических показателей в пределах не только типов, подтипов и разностей почв, а часто и одного поля, или даже участка поля. Эти обстоятельства обусловили необходимость практического учёта имеющихся различий при классификации почв по этим показателям.

Таблица 2

Рекомендуемые средние дозы удобрений
для основных сельскохозяйственных культур на типичных для Предуралья
дерново-подзолистых и серых лесных суглинистых почвах
в зависимости от уровня планируемой урожайности

Планируемая урожайность, ц/га	Органические удобрения, т/га	Минеральные удобрения, кг/га		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	2	3	4	5
Озимая рожь				
15-20	-	45-60	60	45
20-25	30	45-60	90	60
25-30	60	45-60	120	90
Яровая пшеница				
15-20	-	45-60	90	60
20-25	-	60-90	120	120
25-30	-	90-120	120	120
Ячмень				
15-20	-	60-90	45	45
20-25	-	90-120	60	45
25-30	-	120	90	60
Овес				
15-20	-	30-45	45	45

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5
20-25	-	45-60	60	45
25-30	-	60-90	90	60
Зернобобовые				
10-15	-	20-30	60	45
15-20	-	30-40	90	60
Картофель				
100-120	30	60-90	60	90
120-150	60	90-120	90	120
150-180	90	120-150	120	150
180-250	90	150-180	150	180
Силосные (кукуруза, подсолнечник)				
150-250	-	60-90	60	90
250-350	-	90-120	90	120
> 350	-	120-150	120	150
Лён				
15-20 (3-4 ц семян)	-	30-45	60	60
25-30 (5-6 ц семян)	-	45-60	80	90
Гречиха				
8	-	30-45	60	45*
10	-	45-60	90	60*
Овощные				
150-200	60	60-90	60	90
200-250	60	90-120	90	120
250-300	80	120-150	120	150

* – применяют только на почвах с низким содержанием калия

Для уточнения рекомендуемых доз на основании полевых были разработаны поправочные коэффициенты, учитывающие степень обеспеченности почв подвижными соединениями питательных веществ.

Доза удобрений вычисляется по формуле: $D = N \times K$, где D – доза N , P_2O_5 , K_2O , кг/га д.в.; N – средняя рекомендуемая доза для культуры; K – поправочный коэффициент на плодородие (класс) почвы по обеспеченности фосфором и калием; при расчётах доз азота $K_1 = 1$. Средняя доза удобрения принята за единицу для овощных с повышенным содержанием подвижных форм фосфора и калия в почве (табл. 3).

Таблица 3

Примерные поправочные коэффициенты (K_1) к средним дозам удобрений
в зависимости от содержания фосфора и калия
на дерново-подзолистых и серых лесных почвах [6]

Содержание подвижного фосфора и калия	Оз. пшеница, оз. рожь		Яровые зерновые	Зернобобовые	Лён	Пропашные	Овощные	Кукуруза
	по чёрному пару	по занятому пару						
Фосфорные удобрения								
Очень низкое	1,3-1,5	1,2	1,3	1,5	1,4	1,7*	1,7*	1,5*
Низкое	1,0	1,1	1,2	1,0	1,0	1,4	1,5	1,2
Среднее	0,6-0,7	1,0	1,0	0,7	0,7	1,0	1,3	1,0
Повышенное	Рядковое	0,5	0,8	0,5	0,5	0,6	1,0	0,5
Высокое	Не вносят	0,3	0,3	0,2	0,3	0,4	0,7	0,4
Очень высокое	Не вносят	Не вносят	Не вносят	Не вносят	Рядковое	Не вносят	Рядковое	Рядковое
Калийные удобрения								
Очень низкое	1,5	1,3	1,2	1,5	3,0	1,5	2,0	1,5
Низкое	1,2	1,2	1,1	1,3	1,5	1,3	1,5	1,3
Среднее	1,0	1,0	1,0	1,0	1,3	1,0	1,3	1,0
Повышенное	0,7	0,7	0,6	0,7	1,0	0,7	1,0	0,7
Высокое	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,7	0,5
Очень высокое	Не вносят	Не вносят	Не вносят	Не вносят	Не вносят	Не вносят	Не вносят	Не вносят

* – Без предварительного окультуривания не следует размещать.

Для азотных удобрений $K=1$ независимо от содержания фосфора и калия в почве.

При возделывании культур на более бедной (менее окультуренной), чем средний класс почве, поправочный коэффициент должен быть больше 1, чтобы не только обеспечить культуру, но одновременно повысить обеспеченность почвы этим элементом, а на более плодородной, чем средний класс – меньше 1, с целью частичного использования почвенного избытка по этому элементу. При изменении на 1 класс доза соответствующего удобрения в среднем для всех культур должна изменяться на 20-30 %, то есть для почвы,

беднее средней для конкретной культуры на 1 класс, поправочный коэффициент должен быть 1,2 - 1,3, на 2 класса – 1,4 - 1,6 и т.д.; для почвы, богаче средней на 1 класс – 0,8 - 0,7, на 2 класса – 0,6 - 0,4 и т.д. Применение поправочных коэффициентов к рекомендуемым дозам удобрений в конкретных почвенно-климатических условиях устраняет грубые ошибки в применении удобрений и, тем самым, повышает их агрономическую и экономическую эффективность.

На основании обобщений результатов опытов разработаны также лучшие сроки, и способы внесения удобрений до посева, при посеве и после посева для разных культур во всех почвенно-климатических зонах.

Следующим направлением первой группы методов является разработка математических моделей с использованием электронной техники для определения оптимальных доз удобрений под культуры с учётом многофункциональной зависимости урожайности от ряда факторов внешней среды по общей формуле:

$$Y = f(X_n),$$

где Y – урожайность, X_n – переменные факторы, влияющие на урожайность (дозы и соотношения удобрений, мелиорантов, агрохимические показатели и гранулометрический состав почвы, погодные условия, сортовые особенности, предшественники и уровень их удобренности и т.д.). В ЦИ-НАО, была разработана программа «РАДОЗ» (аббревиатура от слов «рациональные дозы»), которая в последующем модернизировалась в РАДОЗ-2, а позднее в РАДОЗ-3. В каждой последующей программе к уже имевшимся добавлялось всё большее число факторов, влияющих на урожайность культур.

Практическое применение любого из перечисленных и других возможных направлений и модификаций первой группы методов позволяет избежать грубых ошибок в при-

менении удобрений. Но при этом следует помнить, что все они определены эмпирически и не дают ответов на вопросы о том, насколько при этом учтены биологические потребности возделываемых культур в питательных элементах и как могут измениться при этой системе удобрения агрохимические показатели плодородия почвы. Именно по этим причинам наряду с первой существует и вторая группа методов определения оптимальных доз удобрений.

2.2. Балансовые методы

В этой группе методов за основу определения оптимальных доз удобрений принимаются биологические потребности в питательных элементах культур (и сортов) для создания плановых (и возможных) уровней урожайности хорошего качества с учётом состояния (и перспектив) агрохимических показателей плодородия почв в конкретных природно-экономических условиях.

Эта группа методов наиболее приемлема для регионов, где лимитирующим фактором получения высоких и устойчивых урожаев является не влагообеспеченность, а недостаток питательных элементов в почвах при обеспеченности посевов органическими и минеральными удобрениями не менее 100-150 кг/га д.в.

Существует много разных балансовых методов и модификаций определения оптимальных доз удобрений, которые опубликованы в различных учебниках по агрохимии.

Метод элементарного баланса – наиболее распространённый и наименее надёжный (точный) метод, т.к. здесь применяют максимально колеблющиеся под влиянием многих факторов коэффициенты использования элементов почвы (КИП) и разностные коэффициенты использования удобрений (K_p).

Дозу удобрений этим методом можно рассчитать по формуле:

$$D = (By - Z \times KИП) : Kp,$$

где D – доза N, P₂O₅ и K₂O, кг/га д.в.; By – хозяйственный вынос элемента с плановым урожаем, кг/га; Z – запас (содержание) подвижных форм элемента в почве, кг/га; $KИП$ – коэффициент использования элемента из почвы (этот и все другие коэффициенты выражены в долях от единицы: при 10% - 0,1; 30% - 0,3 и т.д.); Kp – разностный коэффициент использования питательных веществ из удобрений (в долях единицы).

При внесении органических удобрений и использовании припосевного удобрения расчёты проводят по следующей формуле:

$$D = \frac{By - Z \times KИП - O \times Ko - П \times Kn - P \times Kp}{Kp},$$

где D – доза N, P₂O₅ и K₂O, кг/га д.в.; By – хозяйственный вынос элемента с плановым урожаем, кг/га; Z – запас (содержание) подвижных форм элемента в почве, кг/га; $KИП$ – коэффициент использования элемента из почвы; O – количество элемента в органическом удобрении (кг/га); Ko – разностный коэффициент использования питательных веществ из навоза с учётом года действия; $П$ – удобрение или содержание элемента в послеуборочных остатках предшественника, кг/га; Kn – разностный коэффициент использования его с учётом года действия; P – припосевное (рядковое) удобрение, кг/га; Kp – разностный коэффициент использования: в числителе при рядковом (припосевном), в знаменателе – при допосевном и послепосевном внесении удобрения.

В связи с отсутствием картограмм по азоту для уточнения доз азотных удобрений можно использовать текущую нитрификацию, которая показывает, сколько азота может использоваться из почвы в течение вегетационного периода (табл. 4).

Таблица 4

Величина текущей нитрификации (Nт) в почвах Предуралья, кг/га, [17]

Значение рН(сол.)	Дерново-подзолистая тяжелосуглинистая, содержание гумуса 2,5-3,0 %	Серая лесная тяжелосуглинистая, содержание гумуса 4,0-8,0 %	Чернозем оподзоленный тяжелосуглинистый, содержание гумуса 9-12 %
Под яровыми и озимыми зерновыми культурами			
4,0-4,5	10-15	15-20	–
4,6-5,0	15-25	20-25	30-35
5,1-5,5	30-35	30-40	36-45
5,6-6,0	35-40	40-45	45-50
□ 6,1	40-45	45-50	50-55
После клевера и люцерны			
4,0-4,5	–	–	–
4,6-5,0	20-30	20-35	35-40
5,1-5,5	35-45	40-50	40-50
5,6-6,0	45-50	50-55	50-60
□ 6,1	50-55	55-60	60-65
Под пропашными культурами			
4,0-4,5	25-30	–	–
4,6-5,0	30-35	35-40	35-40
5,1-5,5	35-40	45-50	45-55
5,6-6,0	45-55	50-60	55-65
□ 6,1	56-60	60-65	65-70

Метод расчёта на плановую прибавку урожая – метод более надёжный (точный) по сравнению с предыдущим, так как здесь обеспеченность почв питательными элементами учитывают с помощью поправочных коэффициентов к дозам, которые колеблются в зависимости от разных факторов значительно меньше, чем КИП. В этом методе нужно знать возможный урожай без удобрений, который надёжнее всего определять по многолетним данным опытов с удобрениями. Расчёты проводят по следующей формуле:

$$D = \frac{Bn - O \times Ko - П \times Kn - P \times Kp}{Kp},$$

где Bn – вынос элементов питания планируемой прибавкой.

В зависимости от обеспеченности (класса) почвы питательными элементами вводят поправочный коэффициент к дозе. Тогда расчёты проводят по следующей формуле:

$$D = \frac{Bn - O \times Ko - П \times Kn - P \times Kp}{Kp} \times K_{non},$$

где K_{non} – поправочный коэффициент к дозе в зависимости от обеспеченности (класса) почвы этим элементом, остальные обозначения те же, что и в предыдущей формуле.

Приведенные выше методы расчета доз удобрений на запрограммированный урожай основываются на большом количестве переменных. Правильно рассчитанная доза в значительной степени отвечает биологическим особенностям культуры в потреблении элементов питания.

2.3. Определение доз минеральных удобрений при ограниченных ресурсах

При очень ограниченных ресурсах возможны, как минимум, два варианта: всем культурам равномерно, или выделение для наиболее выгодной культуры нужного количества для получения плановой (максимальной) урожайности, а остаток (если он будет) для другой (или других) культуры.

Если для первого варианта оптимальные дозы удобрений можно установить по рекомендациям, то для второго – под выгодную культуру необходимы балансовые методы, а под остальные – рекомендуемые дозы. При использовании первого варианта дозы минеральных удобрений определяют по рекомендациям научных учреждений региона (или области), причем начинают с оптимальных доз припосевного (припосадочного) удобрения (обычно 10-30 кг/га д.в. фосфорных или фосфорно-азотных) под все возделываемые культуры. Остальные удобрения (если они есть) следует дать озимым зерновым и

злаковым многолетним травам в виде азотных подкормок; дозы их должны быть не менее 20 кг/га д.в. Доза (20 кг/га д.в.) любых минеральных макроудобрений при допосевном (основном) и послепосевном (подкормки) внесении является минимальной, экономически оправданной дозой. Если и после этого осталась часть удобрений, её следует отдать экономически наиболее выгодной (конъюнктурной) культуре, причем, в зависимости от количества удобрений дозы под неё следует устанавливать по рекомендациям или с использованием балансовых расчетов.

Разрабатывая систему удобрения сельскохозяйственных культур, независимо от выбранного варианта, необходимо учитывать основные законы земледелия и растениеводства.

1. Закон физиологической равнозначимости факторов. Это значит, все жизненные факторы по своему действию равны и ни один из факторов не может быть заменён другим.

2. Закон совокупного действия факторов. Жизненные факторы действуют на растение не изолированно. Для получения высокой урожайности необходимо определённое сочетание их.

3. Закон ограничивающего фактора или закон минимума. Развитие растения и его урожайность ограничивается тем фактором, который окажется в минимуме. При устранении этого минимума урожайность будет возрастать до тех пор, пока в дефиците не окажется другой фактор. Лишь при оптимальном воздействии каждого фактора продуктивность растений повышается.

4. Закон возврата. Для поддержания эффективности плодородия почвы необходимо вносить в неё питательные вещества, потребляемые растениями на создание урожайности.

Все эти законы необходимо соблюдать на протяжении всей жизни растений. [13]

Накопление и анализ большого количества опытных данных позволяют с применением ЭВМ обосновать зависимость действия удобрений от условий внешней среды и дифференцировать дозы удобрений под программированные урожаи. В основу дифференцированных доз положены все главные факторы, определяющие эффективность удобрений, баланс питательных веществ на почвах с различной обеспеченностью NPK.

Контрольные вопросы и задания:

1. Что означает оптимальная доза удобрений? 2. Какие данные полевых опытов, почвенных карт и агрохимических картограмм используются для разработки системы удобрения? 3. Расскажите о классификации методов определения оптимальных доз удобрений. 4. Основы расчёта доз удобрений методом уточнения средних рекомендуемых доз с введением поправочных коэффициентов на обеспеченность почв. 5. Основы расчета доз удобрений на дополнительный урожай. 6. Основы расчета доз удобрений на планируемую урожайность с учётом коэффициентов использования растениями элементов питания из почвы и удобрений. 7. Достоинство и недостаток различных методов расчёта доз удобрений. 8. Какова методика определения доз минеральных удобрений в агроценозе при их ограниченных ресурсах?

ГЛАВА 3. УДОБРЕНИЕ ОСНОВНЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

3.1. Удобрения зерновых культур

3.1.1. Особенности питания и удобрение озимых зерновых культур

Особенности питания. Озимая пшеница, рожь и тритикале в сравнении с яровыми зерновыми культурами имеют более продолжительный период потребления питательных элементов: с осеннего появления всходов до цветения на следующий год, поэтому максимально используют осенне-весенние запасы влаги и, как правило, лучше отзываются на удобрения. При обобщении Т.Н. Кулаковской [11] результатов 250 опытов с озимой рожью, проведённых в Белоруссии, 1 кг азота обеспечивает прибавку 7,7-11,7 кг зерна, 1 кг фосфора – 2,8-4,8 кг и 1 кг калия – 2,2-4,2 кг зерна. Озимые успешно переносят временные засухи, так как имеют хорошо развитую корневую систему, уходящую у озимой ржи на глубину до 130 см, у озимой пшеницы – до 116 см, у тритикале – до 120 см.

Озимые могут произрастать на разных типах почв по степени их окультуренности. Однако высокие урожаи возможны лишь на плодородных. Лучшими из них являются хорошо окультуренные легко-и среднесуглинистые почвы с нейтральной реакцией среды.

Озимая пшеница по сравнению с озимой рожью более требовательна к условиям выращивания. Для озимой пшеницы оптимальная реакция почв – рН 6-7,5, а для ржи – рН 5-6, тритикале даёт высокие урожаи при широком диапазоне реакции среды (рН 4,8-7,5), но оптимальная рН 6,0-6,5.

Благодаря более продолжительному периоду вегетации озимые лучше, чем яровые используют питательные вещества из почвы и органических удобрений.

Урожайность озимых культур зависит от условий перезимовки, неблагоприятные последствия которой можно смягчить квалифицированным применением удобрений. Растения растут и развиваются нормально тогда, когда условия внешней среды соответствуют потребностям растительного организма. У озимых следует выделить 4 этапа, различающиеся в потреблении питательных веществ.

1. От появления всходов до начала фазы кущения. Особое значение имеет высокий уровень обеспеченности проростков доступными формами фосфора (первые 2-3 недели). Припосевное внесение фосфора ускоряет появление и рост вторичной корневой системы, способствует более мощному её развитию, накоплению углеводов и, следовательно, лучшей перезимовке.

2. Осеннее и весеннее кущение. На этом этапе значительно возрастает потребность в питательных веществах, так как идёт формирование листового аппарата и интенсивный рост вторичных корней. У озимой ржи при хорошем осеннем кущении потребляется до 40 % питательных веществ. Необходимый уровень минерального питания обеспечивается основным и припосевным удобрением. Озимые с осени нуждаются в фосфорно-калийных удобрениях с обязательным припосевным внесением фосфора. Внесение азота с осени чревато снижением зимостойкости растений и является одной из причин гибели их в зимне-весенний период. В это время озимые весной нуждаются в азотных удобрениях. Оптимальное обеспечение азотом весной приводит к увеличению размера колоса, улучшает его выполненность.

Поэтому азотная подкормка – обязательный прием квалифицированного применения удобрения под эти культуры.

3. От начала фазы выхода в трубку до начала колошения – период максимального поглощения питательных веществ. В этот период потребляется до 70 % их, и особенно возрастает

потребность в азоте и калии. На этом этапе идёт формирование и рост в длину зачаточного колоса, формируются элементы цветка. При недостатке азота замедляется дифференциация колоса, а избыток его приводит к раннему и более сильному полеганию растений. Результатом является задержка налива и созревания зерна, снижение урожаев и качества, затрудняется уборка. Недостаток фосфора приводит к череззернице. Подкормка азотом в дозе 30 кг/га в этот период приводит к повышению качества зерна.

4. Налив и созревание зерна. Потребляется незначительное количество питательных веществ. У озимой пшеницы отмечают второй период максимального потребления азота. Усиление азотного питания её путем некорневых подкормок способствует формированию ценного высокобелкового зерна. Лучшей формой из азотных является мочевина, доза внесения 30 кг/га.

Важным условием получения высоких устойчивых урожаев – повышенное фосфорно-калийное питание с осени и умеренное, но удовлетворяющее потребности азотное питание. Для формирования 1 т зерна озимой ржи требуется N 31 кг, P₂O₅ – 14 и K₂O – 40 кг, озимой пшеницы – N 37 кг, P₂O₅ – 13 и K₂O – 23 кг, тритикале, соответственно, – N 40 кг, P₂O₅ – 13 и K₂O – 30 кг.

Потребление питательных веществ растениями по фазам развития разное. В таблице 5 приведено накопление питательных веществ по фазам развития озимой ржи и озимой пшеницы.

Таблица 5

Накопление питательных элементов растениями озимой ржи и озимой пшеницы [8, 22]

Фазы роста	Накопление элементов питания в % от максимума		
	азота	фосфора	калия
1	2	3	4
Озимая рожь			
Осенний период и ранняя весна	25	33	10

Окончание таблицы 5

1	2	3	4
Выход в трубку	76	58	52
Цветение	93	78	99
Восковая спелость	100	100	100
Озимая пшеница			
Осенний период и ранняя весна	47	30	43
Начало колошения	69	65	68
Цветение	99	93	95
Начало созревания	98	97	100
Полная спелость	100	100	82

К концу осенней вегетации озимых в растения поступает около 40 % азота, 30 % фосфора и 40 % калия. Поступление элементов питания в молодые растения значительно опережает накопление сухой массы. К периоду колошения – цветения озимые растения потребляют $\frac{2}{3}$ питательных элементов, необходимых для формирования урожая.

Критическими в отношении питания озимых являются:

– период от всходов до ухода в зиму, когда режим питания должен обеспечивать нормальное развитие и рост растений и способствовать хорошей закалке;

– ранневесенний период – от возобновления весенней вегетации до выхода в трубку.

Удобрение озимых по чистым парам. Важным элементом в технологии возделывания озимых зерновых является известкование, так как на кислых почвах озимые культуры развиваются слабее вследствие отрицательного действия повышенной кислотности и токсичности алюминия, подвижность которого усиливается при рН ниже 4,5. По данным Пермского НИИСХ, на неглубокоподзолистой почве урожайность зерна озимой ржи при внесении 3 т извести на 1 га увеличилась на 2 ц/га, при внесении 6,5 т/га – на 4,3 ц/га. Полной дозой принято считать: для супесчаных и легкосуглинистых почв – 2-3 т, для среднесуглинистых – 5 т, для тя-

желосуглинистых и глинистых – 5-7 т/га. При недостатке известковых удобрений дозы внесения могут быть уменьшены на $\frac{1}{3}$ или $\frac{1}{2}$.

Технология возделывания озимых предусматривает применение органических удобрений. По данным Пермского НИИСХ, в Предуралье на озимой ржи от применения органических удобрений были получены следующие прибавки (табл. 6).

Таблица 6

Эффективность органических удобрений на озимой ржи

Почвы	Дозы навоза, т/га		
	18-20	36-40	54-60
	Прибавка, ц/га		
Дерново-подзолистые супесчаные	6,6	9,9	-
Дерново-подзолистые суглинистые	5,5	7,6	9,6
Серые лесные	3,1	5,6	-

Данные таблицы 6 свидетельствуют о высокой эффективности применения навоза на почвах Предуралья. При внесении 18-20 т/га навоза на дерново-подзолистых супесчаных почвах прибавка составила 6,6 ц/га, дерново-подзолистых суглинистых – 5,5 и серых лесных – 3,1 ц/га, при внесении навоза 36-40 т/га, соответственно, – 9,9, 7,6 и 5,6 ц/га. На дерново-подзолистых супесчаных и серых лесных наибольшие прибавки получены при внесении органических удобрений 36-40 т/га, на дерново-подзолистых суглинистых при внесении 54-60 т/га.

Средние дозы органических удобрений под озимые 30-40 т/га, которые вносят в июне под перепашку чистого пара.

Озимая рожь хорошо отзывается на применение зеленого удобрения. По данным опытов Менделеевского опытного поля, при запашке зелёной массы многолетнего люпина прибавка составила 7 ц/га. При запашке зелёной массы люпина используют плуги с дисковыми ножами перед каждым корпу-

сом. Ножи разрезают растения люпина и этим облегчают работу плуга. Чтобы люпин лучше заделывался в почву, его перед вспашкой следует прикатывать по ходу плуга. Для лучшего контакта зелёной массы с почвой после вспашки поле прикатывают. Перед посевом озимых проводят мелкую культивацию на глубину заделки семян с одновременным боронованием.

Дозы минеральных удобрений по фону органических удобрений в зависимости от уровня урожайности составляют $N_{45-60}P_{60-120}K_{45-90}$.

При недостатке органических удобрений можно вносить одни минеральные $N_{60}P_{60-120}K_{60-120}$. Внесение NPK по 45-60 кг/га обеспечивает получение прибавки от 2,1 до 8,8 ц/га зерна. Тритикале более отзывчиво на применение минеральных удобрений. Внесение NPK по 60 кг/га обеспечивает получение прибавки от 6 до 12 ц/га зерна.

Дозы минеральных удобрений по фону навоза варьируют в зависимости от почвенно-климатических условий, уровней плановых урожаев и от ресурсов удобрений от 30 до 60 кг/га.

Припосевное удобрение. При посеве необходимо вносить фосфор в дозе 10-20 кг/га, что обеспечивает прибавку урожайности озимой ржи – 3,1 ц/га, озимой пшеницы до 3,6 ц/га.

Подкормка. Наиболее эффективным условием повышения урожайности озимых и рентабельности применения азотных удобрений является дробное их внесение: основное и подкормки.

По данным В.П. Мурыгина [16] при проведении подкормки урожайность озимой ржи повысилась на 0,49-0,52 т/га, озимой пшеницы на 0,41-0,73 т/га, тритикале на 0,40-0,78 т/га за счёт увеличения продуктивного стеблестоя и массы зерна в колосе (табл. 7).

Таблица 7

Влияние азотной подкормки на урожайность озимых культур [16]

Доза азота (В), кг/га	Культура		
	рожь	пшеница	тритикале
Без удобрений (контроль)	1,83	1,54	2,14
30	2,32	1,95	2,54
60	2,35	2,11	2,65
НСР ₀₅ гл. эфф. В	0,10		
НСР ₀₅ ч. р. В	0,30		

На озимой ржи увеличение дозы азота до 60 кг/га не приводит к повышению урожайности. На озимой пшенице и тритикале в благоприятные годы при внесении азота в дозе 60 кг/га обеспечивает существенное повышение урожайности.

Эффективность весенней подкормки зависит от предшественника (табл. 8)

Таблица 8

Влияние азотной подкормки на урожайность озимой ржи [3]

	Вариант (В, НСР ₀₅ -0,75))	Урожайность, ц/га	Прибавки		Окупаемость 1 кг N зерном, кг
			ц/га	%	
Занятый пар (однолетние травы)	Без удобрений	13,9	-	-	-
	N20	15,4	1,5	10,8	7,5
	N40	16,6	2,7	19,4	6,8
	Средняя	15,3	2,1	15,1	7,2
Чистый пар	Без удобрений	15,2	-	-	-
	N20	19,0	3,8	25,0	19,0
	N40	22,4	7,2	47,4	18,0
	Средняя	18,9	5,5	36,2	18,5

Эффективность азотной подкормки при возделывании озимой ржи по чистому пару выше 2,5 раза по сравнению с занятым паром.

Различают подкормку влажную и сухую. Влажную подкормку необходимо проводить рано весной, в первой декаде апреля по мёрзлоталой почве в начале вегетации растений с последующим боронованием. Сухую подкормку озимой ржи проводят в конце апреля или первой декаде мая методом вре-

зания удобрений на глубину 5-6 см зерновыми сеялками поперёк рядков. Травма растений минимальная, озимые быстро отрастают и дают при этом хороший урожай. Средние дозы азота в подкормку составляют 30-45 кг/га N, при разреженном стеблестое менее 600 шт./м² дозу азота можно увеличить до 60 кг/га. Окупаемость 1 кг азота внесённого весной в подкормку, на озимых в Пермском крае составляет 8-20 кг зерна. Урожай озимых зерновых формируется в начале фазы выхода в трубку, поэтому полное удовлетворение потребности растений в азоте имеет большое значение. При недостатке азота (по результатам растительной диагностики) в этот период можно проводить две подкормки: влажную и сухую. Третья подкормка может проводиться на озимой пшенице в фазе цветения – начало молочной спелости с целью повышения содержания белка.

Удобрение озимых по занятым парам. Озимые размещают по однолетним травам (горохо-овёс и вико-овес), по раннему картофелю, клеверам и по ржи. При возделывании по однолетним травам и картофелю органические удобрения вносят под предшественник в дозах 30-40 т/га, минеральные – под картофель и озимые. При возделывании ржи по ржи под первую вносят одни минеральные удобрения, под вторую – органические и минеральные. В Нечернозёмной зоне имеет широкое распространение клеверный пар. При культуре клевера в почве накапливается много органического вещества и азота. Поэтому при своевременном подъёме пласта озимые хорошо обеспечены азотом, и не требуется вносить органические удобрения. Пласт клевера должен быть разделан за 30-40 дней. При более поздних сроках для лучшего разложения дернины перед её запашкой можно вносить органические удобрения 10-20 т/га.

Дозы минеральных удобрений, в зависимости от окультуренности почвы, уровня планируемой урожайности и предшественника, следующие: $N_{30-90}P_{60-120}K_{60-120}$. Дозы азотных удобрений в зонах достаточного увлажнения по небоговым предшественникам, без органических удобрений и на небогатых доступным азотом почвах вносят дробно: перед посевом и в виде одной или нескольких подкормок. Необходимость допосевного (осеннего) внесения азота зависит от содержания минерального азота. Если содержание его в почве перед посевом меньше 30-35 кг/га, то азот вносят в дозе 25-35 кг/га. Дозы азота в подкормку желательно корректировать по результатам растительной диагностики.

Обязательным приёмом является *припосевное удобрение*. При посеве необходимо вносить фосфор в дозе 10-20 кг/га, после клевера и картофеля хороший эффект дает внесение NPK по 7-10 кг/га. На озимой ржи припосевное удобрение обеспечивает повышение урожайности на 2,6-3,0 ц/га

Применение микроудобрений. Потребность в микроудобрениях определяют типом почвы. На дерново-подзолистых почвах, богатых фосфором, озимые отзываются на цинковые микроудобрения, на чернозёмах – на марганцевые, на осушенных торфяниках – на медные. Дозы основного внесения 1-2 кг/га д.в., для обработки семян на 1 ц используют 20 г $ZnSO_4$, 25 г $CuSO_4$ и 20 г $MnSO_4$.

Способы внесения удобрений. Под озимые применяют основное, припосевное и послепосевное удобрение. Основное удобрение вносят до посева под плуг в чистом пару или при вспашке занятого пара после уборки парозанимающей культуры. Для основного удобрения дозы фосфора и азота устанавливают с учётом внесения суперфосфата в рядки и проведения подкормки азотными удобрениями. При возде-

львании по чистым парам, при внесении навоза или других органических удобрений, а также на хорошо обеспеченных подвижным азотом почвах под озимые азотные удобрения следует вносить только весной в качестве подкормки.

Формы удобрений. Лучшим удобрением для весенней подкормки озимых является аммиачная селитра и КАС (карбомидо-аммиачная селитра), причем, внесенная не разбросным, а локальным способом. Оптимальный срок первой подкормки азотом – период начала весеннего роста. Локальное внесение азота обычно проводят зерновыми и зернотуковыми сеялками, имеющими дисковые сошники. Азотные удобрения засыпают в зерновой ящик сеялки и вносят поперёк рядков на глубину 6-7 см. Дисковые сошники укладывают удобрения во влажный слой. Одновременно производится рыхление почвы. При локальном внесении подкормку проводят, когда почва достаточно подсохнет и тракторный агрегат не оставляет глубокой колеи и меньше повреждает растения. Более поздние некорневые азотные подкормки после цветения растений рассчитаны в большей степени на повышение содержания белка и клейковины в зерне. Их проводят водными растворами мочевины с концентрацией до 30 %, причём часто совместно с обработкой посевов пестицидами. Минимальные дозы азотных подкормок должны быть не менее 20 кг/га, средними являются 30 – 45 кг/га N, а оптимальные зависят от уровня планируемого урожая и желаемого качества зерна, плодородия почв и общей удобренности посевов, с экологической точки зрения, при урожайности до 50 ц/га они не должны превышать в сумме 100 кг/га N.

Формы фосфорно-калийных удобрений – любые, но при посеве применяют только водорастворимые.

3.1.2. Особенности питания и удобрения ранних яровых зерновых культур

Особенности питания. К яровым зерновым относятся яровая пшеница, ячмень и овёс. Они имеют менее развитую корневую систему, чем озимые, что обуславливает их сравнительно более высокую потребность в питательных элементах для получения планируемых урожаев. Корни подразделяются на первичные, которые образуются при прорастании от 3 до 5 штук и вторичные, которые образуются при достаточном количестве влаги и питательных веществ. Поэтому яровые необходимо сеять в ранние сроки. Корневая система ячменя и овса уходит на глубину до 110 см, у яровой пшеницы – до 103 см. Распределение корневой системы происходит следующим образом: 57 % в слое 0-20 см, 20 % в слое 21-40 см, 9 % в слое 41-60 и 6 % в слое 61-80 см. [8]

Все яровые зерновые требовательны к плодородию почвы и располагаются в следующей последовательности: овёс → ячмень → пшеница. Лучшими почвами для них являются оподзоленные и выщелоченные чернозёмы, дерново-карбонатные, серые и темно-серые лесные. Для получения высоких урожаев на кислых дерново-подзолистых почвах необходимо обязательно проводить известкование. Пшеница и ячмень дают высокие урожаи на нейтральных и близких к нейтральным (рН 6,0-7,5) оптимально удобренных почвах. Овёс менее требователен к условиям выращивания, нормально развивается на кислых (рН 4,6-5,5) почвах, а на плодородных почвах и при оптимальном удобрении нередко не уступает ячменю в урожайности.

Яровые, в отличие от озимых, имеют весьма короткий период потребления питательных элементов, причем до 70 % их поглощается в период от конца кущения до цветения растений (табл. 9).

Таблица 9

Поглощение питательных веществ яровыми зерновыми культурами
(в % от максимального), [7]

Фаза развития	Пшеница			Ячмень			Овёс		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Колошение	71	68	88	71	56	73	51	36	54
Цветение	97	100	100	96	74	100	82	71	100
Полная спелость	90	93	67	100	100	64	100	100	83

Потребление питательных веществ яровой пшеницей начинается с первых дней прорастания зерна, когда развиваются корешки и первый листочек, и продолжается 50-55 дней. В самом начале вегетации яровая пшеница на образование каждого грамма своей биомассы потребляет в 2-3 раза больше питательных веществ, чем взрослое растение. В первые дни роста и развития она более отзывчива на фосфор, чем на другие элементы. Недостаток его в начале вегетации не покрывается последующим внесением и вызывает снижение урожайности. В фосфорном питании яровая пшеница нуждается до фазы полного колошения растений. Азот ей необходим от фазы кущения – до молочной спелости зерна. Это обусловлено формированием боковых побегов, вторичной корневой системы и зачаточного колоса. Калий поступает в растение с первых дней роста и развития до фазы цветения. Наибольшее количество питательных веществ яровая пшеница потребляет в период от выхода в трубку до цветения. На этот период приходится и наибольший прирост биомассы растения.

Ячмень имеет самый короткий период потребления питательных веществ, их потребление заканчивается за 40 дней до созревания. Около половины азота и фосфора и $\frac{3}{4}$ калия ячмень потребляет в начальные фазы развития (всходы – кущение).

В азоте больше всего нуждается ячмень в период от начала кущения до выхода в трубку. В это время идёт развитие побега кущения, ассимилирующего аппарата и формирова-

ние колоса. Недостаток азота в этот период приводит к нарушению обмена веществ. В более старых листьях преждевременно распадаются белковые вещества, продукты распада переносятся в молодые листья, поэтому старые листья раньше желтеют и отмирают. Растения, недостаточно обеспеченные азотом, рано переходят в репродуктивную фазу, имеют характерную окраску от светло-зелёной до желтоватой, иногда красновато-жёлтую. Избыточное азотное питание отрицательно сказывается на устойчивости растений к полеганию.

Фосфор необходим ячменю в течение всего вегетационного периода, так как этот элемент входит в состав органических и минеральных соединений растительной клетки. Оптимальная обеспеченность молодых растений фосфором способствует хорошему развитию корневой системы и заложению крупного колоса. Недостаток этого элемента задерживает рост и развитие растений. Фосфор повышает устойчивость ячменя к болезням и засухе. Внешним признаком фосфорного голодания у молодых растений ячменя является красновато-фиолетовая окраска листьев.

Важную роль в жизни растений ячменя, особенно в физико-биохимических процессах, играет калий. Он способствует передвижению продуктов ассимиляции из листьев в стебли, корни и репродуктивные органы. Калий регулирует водный и азотный обмен, повышает устойчивость к засухе, полеганию, болезням, ускоряет созревание зерна. Яровой ячмень наибольшее количество калия потребляет в начальный период развития растений. Признаки недостатка калия – отставание в росте, края нижних листьев приобретают бурый цвет.

Для овса характерным является продолжительный период поглощения питательных веществ. Наибольшая интенсивность потребления питательных веществ у овса приходится

на период выхода растений в трубку до молочной спелости зерна. К началу цветения он поглощает 60 % азота, 60 – фосфора, 30-35 % калия. В зерне овса максимальное количество азота накапливается в фазе молочной спелости, калия – в восковую и фосфора – в полную спелость. Овёс наиболее требователен к азоту в первый период роста и развития растений, при недостатке этого элемента он плохо растёт, листья приобретают светло-зелёную окраску. К недостатку фосфора овёс особенно чувствителен в раннем возрасте до образования вторичной корневой системы. Растения овса примерно до четырёхнедельного возраста усваивают фосфор преимущественно из припосевного удобрения, а в дальнейшем, по мере развития корневой системы, используют его из почвы. Недостаток фосфора замедляет рост растений и задерживает созревание овса. Обеспеченность калием – необходимое условие для нормального роста и развития растений. При недостатке этого элемента листья растений буреют, на них появляются ржавые пятна.

У всех яровых зерновых культур в фазе всходов, а у яровой пшеницы в течение первого месяца, отмечается критический период в отношении фосфора на всех почвах, а на бедных и в отношении азота. К недостатку азота и фосфора в первый период особенно чувствителен ячмень. Он также отрицательно реагирует в этот период на высокую концентрацию почвенного раствора.

Вынос элементов питания 1 т зерна с учётом побочной продукцией яровыми зерновыми приведён в таблице 10.

Таблица 10

Вынос элементов питания 1 т зерна с учётом побочной продукцией, кг
[8, 10, 13]

Культура	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Яровая пшеница	35	12	35
Ячмень	25	10	22
Овёс	33	14	29

Важнейшими элементами структуры урожайности яровых зерновых являются продуктивная кустистость и озерненность колоса. На озерненность колоса сильно влияют условия минерального питания. Недостаток азота в период цветения обуславливает стерильность пыльцы, а фосфорное голодание приводит к уменьшению числа цветков, особенно у яровой пшеницы. Избыток азотного питания во второй половине вегетации усиливает появление подгона, что снижает урожайность из-за поздних сроков уборки.

Удобрение яровых зерновых. На кислых почвах обязательным является известкование по полной гидролитической кислотности. Органические удобрения под эти культуры, как правило, не вносят. Они хорошо отзываются на их последствие, прибавки составляют 2,0-2,5 ц/га.

Основными для яровых являются минеральные удобрения в дозах NPK по 45-60 кг/га. Прибавки на пшенице составляют 4-6 ц/га, на овсе – 6-10 ц и ячмене – 6,5-8,1 ц/га. Дозы минеральных удобрений значительно изменяются в зависимости от почвенно-климатических условий, вида, урожайности и удобренности предшественников, уровней плановых и возможных урожаев культур, сортов, ресурсов удобрений. На яровой пшенице они изменяются $N_{30-120}P_{45-120}K_{45-90}$, на ячмене – $N_{30-120}P_{40-120}K_{40-90}$, и на овсе – $N_{30-90}P_{30-60}K_{30-60}$. В исследованиях Ю.А. Ренёвой [20] с повышением дозы азота отмечается существенное увеличение урожайности ячменя с 3,25 т/га в варианте без внесения азота до 4,57 т/га при дозе азота 60 кг/га.

По результатам многочисленных исследований, проведённых сотрудниками кафедр растениеводства и агрохимии Пермской сельскохозяйственной академии, отделом земледелия и агрохимии Пермского НИИСХ в удобрении всех яровых зерновых главную роль играют азотные удобрения, без которых фосфорные, а на лёгких почвах – и калийные, как правило, малоэффективны. Дозы азотных удобрений корректируют в зависимости от предшественника и сортов.

При посеве яровых по пласту многолетних бобовых трав дозы азота уменьшаются на $\frac{1}{3}$ - $\frac{1}{2}$. По данным Н.М. Пьянковой [18] и М.М. Сенокосова [21] для пшеницы после клевера оптимальная доза азота составляет 40 кг/га д.в., для ячменя – 20 кг и овса – 30 кг/га. Под ячмень, выращиваемый на пивоваренные цели, в зависимости от сорта они изменяются от 0 до 80 кг/га, дозы калийных удобрений должны преобладать над азотными и фосфорными.

Биопрепараты и микроудобрения применяют для улучшения азотного питания яровых зерновых на дерново-подзолистых почвах. По данным А.Л. Тарасова, применение ассоциативных diaзотрофов на ячмене обеспечило рост урожайности от 2,8 до 5,1 ц/га. Лучшим препаратом явился ризоагрин в дозе 600 г на тонну семян. Потребность в микроудобрениях определяется типом почвы. На дерново-подзолистых почвах, богатых фосфором, зерновые отзываются на цинковые микроудобрения, на чернозёмах – на марганцевые, на осушенных торфяниках – на медные, на известкованных – борные. Рекомендуемые дозы микроудобрений при разных способах их применения приведены в таблице 11.

Таблица 11

Дозы и способы применения микроудобрений под яровые зерновые культуры [19]

Микроэлемент	Внесение в почву, кг/га		Предпосевная обработка семян, г/т	Некорневая подкормка, г/га
	до посева	в рядки		
Бор	0,4-0,6	0,2	30-40	20-30
Молибден	0,3-0,5	0,1	50-60	50-100
Медь	0,5-1,0	0,2	170-180	20-30
Цинк	1,2-3,0	0,2	100-150	20-25
Марганец	1,5-3,0	0,5	80-100	15-25

При допосевном внесении достигается наиболее полное удовлетворение потребности растений в микроэлементах на протяжении всего периода вегетации.

По мнению Ренёвой Ю.А. [20] среди изучаемых способов внесения азота наибольшую урожайность зерна ячменя

4,14 т/га получили при внесении под предпосевную культивацию, что существенно на 0,14 т/га выше, чем при некорневом, и на 0,45 т/га выше, чем при прикорневом внесении. Данная закономерность прослеживается только при дозах азота 45 и 60 кг/га. Прибавка по сравнению с другими способами внесения составляет 0,27-0,60 т/га ($НСР_{05}=0,14$). При дозах азота 15 и 30 кг/га при различных способах урожайность ячменя была одинаковой и составила в среднем 3,82-3,81 т/га и 4,14-4,12 т/га.

Предпосевную обработку семян совмещают с протравливанием. При некорневом внесении микроэлементы в баковых смесях можно сочетать со средствами защиты растений, а также с азотом. Для предпосевной обработки семян и некорневой подкормки используют в основном борную кислоту и растворимые соли микроэлементов (молибдат аммония, сульфат меди, цинка, марганца).

Удобрение покровной культуры. Удобрения должны обеспечить нормальное питание покровной культуры и многолетних трав. Дозы минеральных удобрений $N_{30-60}(PK)_{90-120}$.

Припосевное удобрение. Независимо от почвенно-климатических условий, предшественника и заправленности их удобрениями при посеве под все яровые зерновые высокоэффективно внесение гранулированного суперфосфата (10-15 кг/га д.в.). В нашей зоне более эффективным является внесение азота и фосфора по 10-15 кг/га д.в., так как рано весной растения испытывают недостаток азота из-за слабой нитрификационной способности почв.

Подкормки. В последние годы практикуют дробное внесение азота: в фазе кущения и после цветения. Лучшим удобрением для корневых подкормок яровых зерновых азотом является аммиачная селитра, а лучшим способом внесения – локальный поперёк рядков на глубину 6-7 см зерновыми и зернотуковыми сеялками, имеющими дисковые сошни-

ки. После цветения проводят некорневые подкормки (для повышения содержания белка и клейковины в зерне растений) водными растворами (до 30 %) мочевины в дозах 20-30 кг/га N, которые могут сочетаться с обработкой пестицидами.

По данным С.О. Калинина [7] наибольшее влияние на урожайность и качество яровой пшеницы оказала подкормка азотом в дозе 30 кг/га в фазу колошения (табл. 12).

Таблица 12

Влияние сроков некорневой подкормки и доз азота на физические, физико-химические и урожайность яровой пшеницы, среднее за 1995-1996 гг. [7]

Сроки и дозы некорневой подкормки	Урожайность, ц/га	Масса 1000 зёрен, г	Содержание клейковины, %	Качество клейковины, ед. ИДК	Содержание белка, %
Колошение, вода (к)	33,7	36,0	26,5	55	14,5
Колошение, N ₃₀ (к)	36,5	36,1	29,7	60	14,8
Колошение, N ₆₀ (к)	35,6	35,4	30,0	70	14,5
Цветение, N ₃₀	35,9	35,7	30,4	65	14,4
Цветение, N ₆₀	36,4	36,8	29,7	64	14,9
Молочно-тестообразное состояние, N ₃₀	36,1	36,3	28,4	58	14,3
Молочно-тестообразное состояние, N ₆₀	36,1	36,1	28,5	63	14,4

Однако по данным Панфиловой, дробное внесение азота нежелательно применять на ячмене из-за резкого снижения незаменимых аминокислот.

Сроки и способы внесения удобрений. Под основную обработку яровых культур применяют мелиоранты, большую часть фосфорных и всю дозу калийных удобрений.

Лучший срок внесения осенью, под зяблевую вспашку. На лёгких почвах с высоким залеганием грунтовых вод фосфорные и калийные удобрения следует применять весной.

Азотные удобрения под все яровые зерновые желательно вносить с учетом почвенной диагностики, под предпосевную обработку почвы весной.

При планировании высоких урожаев для снижения потерь и повышения эффективности азотных удобрений можно планировать дробное внесение азота – 50 % общей дозы перед посевом и 50 % – в подкормку в период конца кущения – начало трубкования (выхода в трубку).

При подсеве под яровые зерновые культуры многолетних трав (клевер, клеверо-тимофеечная смесь и др.) расчётные дозы фосфорных, а при экономической и экологической возможности – и калийных удобрений под них и травы (с учетом длительности возделывания) суммируют и вносят под основную обработку почвы покровной культуры. Такой способ запасного внесения удобрений значительно повышает их эффективность под многолетними травами в сравнении с внесением этих же доз под ними в подкормки.

Для ячменя и пшеницы с учётом усвояющей способности их корневой системы и отношения к концентрации почвенного раствора целесообразнее использовать высококонцентрированные, водорастворимые формы минеральных удобрений, для овса – любые. Лучший способ внесения – локальный.

Контрольные вопросы:

1. Особенности развития и питания озимых зерновых культур (пшеницы, ржи и тритикале). 2. Особенности развития и питания яровых зерновых культур (пшеницы, ячменя и овса). 3. Отношение различных озимых зерновых культур к реакции среды и уровню минерального питания. 4. Отношение яровых зерновых культур к реакции среды и уровню минерального питания. 5. Динамика потребления элементов питания озимыми культурами. 6. Динамика потребления элементов питания яровыми культурами. 7. Влияние минеральных, органических удобрений и мелиорантов на урожайность озимых зерновых культур в различных почвенно-климатических зонах. 8. Влияние азотных, фосфорных и калийных удобрений на содержание белка и клейковины в зерне зерновых культур. 9. Дозы органических удобрений под озимые зерновые культуры в зависимости от предшественника. 10. Отношение к формам минеральных удобрений яровых зерновых культур.

3.2. Удобрение зернобобовых и многолетних бобовых культур

3.2.1. Значение зернобобовых и многолетних бобовых культур в земледелии

Зернобобовые и многолетние бобовые культуры имеют огромное значение в земледелии:

– в решении проблемы растительного белка для пищевых и кормовых целей. Зерно, солома, сено бобовых культур отличаются значительным содержанием белка и сырого протеина. Если среднее содержание белка у зерновых культур 14-16 %, то семена гороха содержат белка 20-24 %, бобов – 27-35 %, вики – 28-30 %. Солома зерновых культур содержит сырого протеина 3-4 %, солома зернобобовых – от 8 до 12 %;

– в повышении качества сельскохозяйственной продукции, так как аминокислотный состав белка отличается сбалансированным и высоким содержанием таких аминокислот, как лизин, метионин, триптофан;

– наряду с белками в семенах зернобобовых содержится до 50 % углеводов, в зерне сои и некоторых видах люпина также значительное количество жира;

– накопление азота в почве за счёт способности фиксировать молекулярный азот атмосферы в симбиозе с клубеньковыми бактериями, количество которого в биологическом (и хозяйственном) выносе этого элемента может достигать 70 % и более;

– зернобобовые, поглощая из почвы до 30 % общего азота и оставляя примерно столько же его в виде корневых и пожнивных остатков, практически не обогащают почву азотом, но улучшают баланс азота, так как нуждаются в азоте удобрений (или почвы) только на 20-30 % потребности;

– многолетние бобовые обогащают почву биологическим азотом, накапливая до 150-300 кг/га, примерно 25 % азота остаётся в клубеньках и 75 % используется культурами;

– многолетние бобовые обогащают почву органическим веществом, обеспечивая пополнение запасов гумуса;

– все бобовые культуры влияют положительно на структуру почвы, её физические свойства, являются прекрасным предшественником для зерновых, пропашных, овощных культур.

3.2.2. Особенности питания и удобрение зернобобовых культур

Особенности питания. Зернобобовые культуры, возделываемые в Пермском крае, не требовательны к теплу, но требовательны к влаге и реакции среды. Лучшими почвами для зернобобовых культур являются хорошо окультуренные легко- и среднесуглинистые почвы с нейтральной реакцией среды. Горох, вика и кормовые бобы хорошо растут и развиваются на почвах, близких к нейтральным (рН 6-7), поэтому нуждаются в известковании даже на слабокислых почвах. Зернобобовые в 1,5-2 раза больше потребляют кальция, чем зерновые культуры. Исключение составляет люпин жёлтый.

Он хорошо растёт на песчаных и супесчаных почвах, оптимальная реакция почв для него кислая (рН 4,5-5,0), потребность в известковании возникает только на очень сильнокислых почвах, в других случаях он отрицательно реагирует на известкование.

Корневая система стержневая, но проникает на разную глубину: у вики на 0,6-0,8 м, у гороха до 1,0 м, бобов и люпина до 2,0 м. Основная масса корней сосредоточена в слое до 30-35 см.

Особенностью зернобобовых, в частности, гороха и особенно люпина, кормовых бобов, является способность их поглощать фосфор из труднодоступных фосфатов почвы и удобрений.

Основной особенностью питания зернобобовых культур (горох, вика, пелюшка, люпин, кормовые бобы) является фиксация азота воздуха благодаря симбиозу с клубеньковыми бактериями, что снижает их потребность в азотных удобрениях (табл. 13). Коэффициент азотфиксации у этих культур составляет в среднем 60% от общего потребления азота на формирование урожая. Примерно 75% азота фиксированного бактериями из воздуха используется растениями, а 25% остается в клубеньках и после минерализации пожнивных корневых остатков зернобобовых культур способствует улучшению азотного питания последующих культур.

Таблица 13

Показатели симбиотической азотфиксации, кг N/ц зерна [12]

Культура	Симбиотическая азотфиксация
Люпин	5,0
Кормовые бобы	3,0
Горох	2,5
Вика	2,5
Пелюшка	2,5

Наиболее благоприятные условия для симбиотической азотфиксации создаются на оптимальном уровне фосфорно-калийного питания и обеспеченности доступным молибденом – микроэлементом, принимающим участие в азотфиксации.

Повышенное содержание в почве минерального азота значительно уменьшает азотфиксацию, и зернобобовые культуры становятся такими же потребителями азота, как и другие.

Зернобобовые культуры более или менее равномерно потребляют питательные вещества из почвы и удобрений. Потребление азота и калия этими культурами практически заканчивается после цветения, а фосфора продолжается до конца вегетации (табл. 14).

Таблица 14

Поглощение питательных веществ горохом,
в % от максимального [8]

Фаза развития	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Начало цветения	40	30	60
Полное цветение	100	66	100
Созревание	100	100	83

У гороха и вики максимум накопления питательных веществ отмечается к концу цветения, у люпина и бобов ко времени созревания бобов на главном стебле. Средний вынос 1 т продукции с учётом соломы приведён в таблице 15.

Таблица 15

Вынос основных элементов питания на создание 1 т
продукции с учётом соломы, кг [9, 10]

Культура	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO
Вика	64	17	32	30
Горох	58	15	30	26
Бобы	64	20	35	28
Люпин	70	20	45	20

Удобрение гороха и вики. На кислых почвах обязательным является известкование по полной величине гидролитической кислотности (Нг). Органические удобрения при возделывании гороха и вики на зерно обычно не вносят, но они хорошо отзываются на последствие. Прибавка зерна составляет 2-3 ц/га. При возделывании гороха и вики на зерно вносят одни минеральные удобрения.

В **основное** вносят «стартовую» дозу азота. Стартовые дозы азотных удобрений под горох составляют 20-30 кг/га N, под вику – 30-45 кг/га N, так как фиксация молекулярного азота начинается примерно через месяц с момента прорастания семян. Дозы фосфорно-калийных удобрений зависят от плановых или возможных урожаев, плодородия почв, урожайности и урожайности предшественников (табл. 16).

Таблица 16

Дозы минеральных удобрений для зернобобовых
в зависимости от уровня планируемой урожайности
и содержания подвижных питательных веществ
на дерново-подзолистых суглинистых и серых лесных почвах,
кг/га д.в, [10]

Планируемая урожайность, т/га	Азотные	Фосфорные удобрения			Калийные удобрения		
		при содержании в мг на 1 кг почвы					
		P ₂ O ₅			K ₂ O		
		до 50	50-100	более 100	до 80	50-120	Более 120
1,5-2,0	0	80	40	0	80	40	0
2,1-2,5	30	80	40	0	80	60	0
2,5-3,0	45-60	100	60	0	100	60	0

Средние дозы фосфорно-калийных удобрений составляют от 40 до 90 кг/га. При внесении одних фосфорных удобрений на дерново-подзолистых и серых лесных почвах прибавка урожая гороха достигает 2,2 ц/га. Одни калийные удобрения на большинстве почв действуют слабо или вообще неэффективны. Внесение фосфорно-калийных удобрений в большинстве случаев более эффективно по сравнению с отдельным. По данным полевых опытов, фосфорно-калийные удобрения в дозе по 40-60 кг/га на дерново-подзолистых и серых лесных обеспечивают урожайность зерна гороха 15-20 ц/га.

Для усиления азотофиксации семена гороха и вики перед посевом обрабатывают активными расами соответствующих клубеньковых бактерий (нитрагин, ризоторфин, 200 г на гектарную норму высева) и молибденом (25 г на 1 ц семян гороха и 25-50 г на 1 ц семян вики), или в фазе бутонизации – цветение проводят некорневую подкормку этим микроэлементом растущих растений из расчёта 50-100 г Мо на га.

Обработка семян гороха и вики нитрагином повышает урожайность зерна гороха на 1,7 и 1,3 ц/га соответственно (табл. 17).

Таблица 17

Влияние нитрагина на урожайность гороха и вики [9]

Культура	Урожайность без нитрагина, ц/га	Прибавка от нитрагина, ц/га	Число опытов
Горох	8,7	1,7	122
Вика	7,6	1,3	10

Припосевное удобрение. При посеве эффективно во всех почвенно-климатических зонах внесение гранулированного суперфосфата (10 кг/га P_2O_5) или нитроаммофоса марки А в дозе по 10-15 кг/га N и P_2O_5 . Применение нитроаммофоса наиболее эффективно в отсутствии «стартовых» доз азотных удобрений. Внесение в рядки 10 кг/га P_2O_5 на дерново-подзолистых почвах в среднем обеспечивает прибавку урожая 2,2 ц/га

Формы минеральных удобрений. Из известковых наиболее эффективны магнийсодержащие, при этом урожайность увеличивается на 13 %. Из азотных не следует вносить нитратные, так как идёт замедление развития клубеньковых бактерий. Из фосфорных – под горох любые, под вику – только водорастворимые и лучше серосодержащие. Из калийных – все, кроме хлорсодержащих. Хлор угнетает развитие клубеньковых бактерий.

Удобрение бобов. Под бобы вносят только РК удобрения в дозе 60-90 кг/га, азотные удобрения не вносят. **При посеве** вносят фосфор 10-20 кг/га. Применение микроэлементов, отношение к формам такое же, как для гороха.

Удобрение люпина. Люпин является сильным азотфиксатором, при благоприятных условиях он способен полностью обеспечивать себя азотом. Коэффициент азотфиксации у люпина узколистного составляет 65-75 %. Действие фосфорных удобрений на люпине слабое, а при содержании фосфора в почве более 50-70 мг/кг действие их вовсе не проявляется. Это объясняется высокой способностью использо-

вать труднодоступные фосфаты, как из пахотного слоя, так и подпахотных горизонтов почвы. Для него основное значение имеет достаточное количество калия. Эффективность фосфорно-калийных удобрений зависит от соотношения этих элементов. Оптимальное соотношение между фосфором и калием составляет 1:2. необходимо контролировать соотношение между кальцием и магнием, оптимальное соотношение между кальцием и магнием составляет 4:1. при увеличении доли кальция приводит к магниевому голоданию, растения снижают эффективность фотосинтеза при содержании магния меньше 80 мг/кг почвы, особенно на лёгких почвах, следует вносить 20-30 кг/га MgO.

Под люпин рекомендуется вносить РК удобрения, фосфор 30-40 кг/га, калий 60-90 кг/га, дальнейшее увеличение доз нецелесообразно. Прибавки от фосфорных удобрений составляют 1 ц, от калийных – 2,2-2,6 ц, от фосфорно-калийных – 3,5-5,6 ц.

Из органических удобрений под люпин можно применять только солому. Хорошие урожаи получают после размещения люпина третьей культурой после внесения навоза.

При посеве вносят фосфор 10-20 кг/га. Применение микроэлементов, отношение к формам такое же, как для гороха.

Известь и фосфорно-калийные удобрения под зернобобовые вносят с осени под зябь, причем, если применяют фосфоритную муку (часто это вполне приемлемо), то её вместе с калийными удобрениями вносят под основную обработку почвы.

3.2.3. Удобрение однолетних трав

Однолетние травы используются для получения зелёной массы, силоса, сена, сенажа и семян. Их можно разделить на три группы: бобово-злаковые смеси (вико-овёс, горохо-овёс,

люпино-овёс и др.), крестоцветные (редька масличная, горчица, рапс, сурепица) и злаковые (райграсс однолетний).

Однолетние травы могут использоваться как основная культура или как промежуточная. Однолетние травы хорошо отзываются на внесение минеральных удобрений.

Оптимальная доза азотных удобрений под бобово-злаковые смеси составляет 60-80 кг/га д.в. Увеличение доли азота не приводит к повышению урожайности и качества корма. Для крестоцветных рекомендуется внесение азот 90-100 кг/га, для райграсса однолетнего при возделывании в чистом виде 100-110 кг/га. Дозы фосфорно-калийных удобрений зависят от планируемой урожайности и содержания фосфора и калия в почве. Для получения 20-30 т/га зелёной массы чаще всего не превышают 70-100 кг/га д.в. При содержании фосфора в почве более 250 мг/кг достаточно припосевное внесение фосфора в дозе 10-20 кг/га.

Викоовсяные, горохоовсяные, люпиноовсяные смеси чаще всего являются парозанимающими культурами.

Удобрение парозанимающей культуры. При возделывания гороха, вики и люпина в качестве парозанимающей культуры (например, вико– или горохо-овсяная смесь на зелёный корм или сено) на слабокультуренных почвах обязательно внесение 30-40 т/га навоза или компоста под основную обработку почвы и (РК)₆₀₋₉₀. При использовании одних минеральных удобрений дозы удобрений следующие: N₃₀₋₆₀P₆₀₋₁₀₀K₆₀₋₉₀. Припосевное удобрение, применение микроэлементов, отношение к формам такое же, как при возделывании в чистом виде гороха и вики.

3.2.4. Особенности питания и удобрение многолетних бобовых культур

Особенности питания. Многолетние бобовые травы в отличие от зернобобовых произрастают на одном месте в тече-

ние 2-3 лет. Они очень требовательны к влаге и реакции среды. Оптимальная реакция почв для клевера рН 6-7, для люцерны рН 7-8. Многолетние бобовые развивают мощную разветвленную корневую систему, у клевера она уходит на глубину до 1,5 м, у люцерны – до 2,5-й метров, диаметр её распространения у клевера до 30-40 см, у люцерны – до 70 см. Однако, основная масса корней (56-73 %) находится в пахотном слое, в полуметровом слое может быть сосредоточено до 79-97 %. Данные культуры обогащают почву органическим веществом. На почвах, отвечающих их требованиям, они способны в пахотном слое накапливать от 2 до 6 т/га воздушно-сухой массы корней. При благоприятных условиях многолетние бобовые способны на 90-95 % обеспечивать себя азотом за счет симбиотической азотфиксации его из атмосферы (табл. 18), поэтому корневые и пожнивные остатки их обогащают почву не только органическим веществом, но и азотом.

Каждая тонна сена клевера выносит азота 20 кг, фосфора – 6 кг и калия – 15 кг; люцерны – азота 23 кг, фосфора – 7 кг и калия – 15 кг. Клевер в первый год растёт медленно и потребляет незначительное количество питательных веществ. Люцерна даёт хороший урожай в первый год. Она в первый год, а клевер со второго года имеют три периода максимального поглощения:

Таблица 18

Показатели симбиотической азотфиксации, кг N/ц з.м. [12]

Культура	Симбиотическая азотфиксация
Однолетние бобовые травы	0,25
Однолетние бобово-злаковые травы	0,20
Люцерна	0,40
Клевер и другие многолетние травы	0,35
Многолетние бобово-злаковые травы	0,20
Бобово-злаковые травосмеси лугов	0,15

1-й – с момента образования стеблей до начала образования соцветий;

2-й – от начала бутонизации до начала цветения (образуется большая ассимиляционная поверхность);

3-й – с момента полного цветения до созревания семян.

Семена перед посевом следует инокулировать активными расами соответствующих клубеньковых бактерий, а также смачивать раствором молибденовокислого аммония. На семенных посевах на известкованных почвах эффективным является обработка семян борными микроудобрениями или некорневая подкормка. На гектарную норму семян расходуют 250 г молибденовокислого аммония, 20-30 г борной кислоты или 57 г буры, растворенных в 1-2 л теплой воды.

Перспективными высокопродуктивными многолетними бобовыми культурами для кормопроизводства являются лядвенец рогатый, галега восточная (козлятник), донник белый.

Лядвенец рогатый не требователен к плодородию почвы, устойчив к повышенной кислотности почв, оптимальное рНКСИ – 4,5-7,5. Галега восточная отличается высокой (до 10 лет) продуктивностью на хорошо окультуренных почвах, растет на всех почвах (кроме заболоченных и песчаных, развивающихся на песках), требует известкования при рН_{КСЛ} менее 5,5. При выборе участка под козлятник предпочтение необходимо отдавать плодородным, рыхлым, водопроницаемым почвам с содержанием гумуса не менее 3 %, со слабокислой или лучше нейтральной реакцией почвенного раствора, что будет способствовать интенсивному образованию клубеньков.

Донник белый – двулетнее, засухоустойчивое растение. Донник возделывают почти на всех типах почв, в том числе на легких супесчаных и песчаных, где выращивание других бобовых трав невозможно или неэффективно. Не пригодны к возделыванию донника сырые заплывающие почвы с высоким стоянием грунтовых вод. Уровень грунтовых вод - 0,8-1 м от поверхности.

Кислотность почв должна быть не ниже 6,0-6,2, содержание фосфора и калия на суглинистых почвах 200-220 мг/кг почвы, на супесчаных - 180-200 мг/кг.

Удобрение клевера. Существенное влияние на урожайность клевера оказывает уровень плодородия почвы (табл. 19).

Таблица 19

Урожайность клевера в зависимости от уровня плодородия дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы [10]

Плодородие почвы	рН _{KCl}	Гумус, %	P ₂ O ₅	K ₂ O	Урожайность сена, ц/га
			мг/кг почвы		
Очень низкое	4,2	0,8	51	40	11,5
Низкое	4,5	1,2	72	64	18,5
Среднее	5,3	1,7	95	112	42,5
Повышенное	5,8	2,3	180	175	58,6
Высокое	6,6	2,7	225	196	67,5

Клевер луговой возделывают только на нейтральных почвах, особенно он чувствителен к избытку алюминия. Известь вносят по полной гидролитической кислотности. Прибавки от известкования составляют от 10 до 15 ц сена с 1 га. Клевер очень хорошо отзывается в последствии на органические удобрения (лучше, чем на минеральные), а в отсутствии первых – на фосфорные, калийные и микроудобрения (молибденовые, борные и медные), причем, последние обеспечивают не только наилучший рост и развитие, но и значительно повышают его семенную продуктивность. Прибавки от органических удобрений достигают 15-20 ц/га сена. Клевер луговой высевают, как правило, под покров зерновых культур, однолетних трав, поэтому известковые и органические удобрения вносят под предшественник покровной культуры. Фосфорные, а иногда (когда нет опасений повышения содержания калия в сене выше 2,5-3,0 %) и калийные удобрения вносят под основную обработку покровной культуры, то есть в запас, оставляя для подкормки (обычно на легких малоёмких почвах) только часть калийных удобрений, которые вносят равномерно каждую осень после последнего укоса.

На второй год жизни клевер начинает развитие рано весной. Наиболее интенсивный прирост биомассы происходит в фазы стеблевания и бутонизации.

В это время наблюдается повышенное поступление питательных элементов. Внесённые под покровную культуру и глубоко заделанные фосфорно-калийные удобрения могут быть хорошим источником фосфора и калия для клевера (табл. 20).

Дозы минеральных удобрений, вносимые под покровную культуру, следующие: $N_{30-45}(PK)_{90-120}$.

При посеве необходимо вносить суперфосфат (10 кг/га P_2O_5), причем, если семена не обработали молибденом, то суперфосфат лучше обогащенный молибденом. Если семена не обработали молибденом и бором, то после всходов необходима также некорневая подкормка молибденом 100 г/га и бором 250 г/га.

Таблица 20

Действие удобрений, внесённых в разные сроки на урожайность клевера [2]

Опытные учреждения и почвы	Прибавка урожая сена (ц/га) от	
	PK под покровную культуру	PK весной
Семёновский опорный пункт Горьковской области, подзолистые супесчаные почвы	18,2	8,9
Горьковская опытная станция, серые лесные почвы	11,6	6,4
Уральская опытная станция, подзолистые тяжелосуглинистые почвы	6,3	3,4
Опорные пункты ВИУА, выщелоченные чернозёмы	5,8	3,4

Азотные удобрения обычно не нужны на плодородных или удобренных органическими удобрениями почвах. На бедных почвах эффективно при посеве вместе с фосфором внесение «стартовых» доз (10 кг/га) азота; в этом случае лучше применять при посеве нитроаммофос в ранее указанных дозах.

Подкормка. При возделывании клевера в смеси с тимофеевкой под травы второго года пользования нужны азотные подкормки (для тимофеевки) в дозах 30-40 кг/га, если в травостое начинает преобладать злаковый компонент. В смешанных посевах нуждаемость и дозы азотных удобрений следует определять с учетом уровней ожидаемых урожаев, соотношений в травостое бобового и злакового компонентов и обеспеченности посева фосфором и калием. При недостаточном внесении минеральных удобрений под покровную культуру или больших дозах можно планировать подкормку фосфорно-калийными в дозе 30-45 кг/га после уборки покровной культуры. На семенных посевах клевера рекомендуется рано весной проводить подкормки азотными удобрениями 30 кг/га, так как часто азота клубеньковых бактерий бывает недостаточно для полноценного развития семян.

Сроки внесения удобрений. Для наилучшего обеспечения трав питательными веществами основное удобрение вносят под основную обработку почвы под покровную культуру. Эффективность такого способа внесения в 2 раза выше, чем при поверхностном внесении по травам.

Формы минеральных удобрений. Из фосфорных – любые, но лучше серосодержащие (простой суперфосфат), из калийных – все.

Удобрение люцерны. Люцерна обладает мощной корневой системой, высокой усвояющей способностью элементов питания из пахотного и подпахотных горизонтов почвы, наиболее интенсивной среди других бобовых культур симбиотической фиксацией атмосферного азота.

Люцерна более требовательна, чем клевер, к плодородию почв, поэтому даёт высокие урожаи только на хорошо окультуренных и удобренных почвах. На кислых почвах необходимо проводить известкование по 1,5 или 2-й величине гидролитической кислотности. Без предварительного извест-

кования кислых почв возделывание люцерны практически невозможно. Её высевают как в чистом виде, так и в смешанных посевах, без покровных культур или под ними (обычно зерновые культуры или однолетние травы).

Люцерна обладает потенциально высокой продуктивностью посевов, а, следовательно, большим выносом элементов питания урожаем, длительностью её периода вегетации, многоукосностью и многолетностью. Отзывчивость на последствие органических удобрений у неё такая же, как у клевера.

Дозы внесения РК – по 120-180 кг/га. Фосфорно-калийные удобрения следует вносить в запас. На люцерне при недостаточной заправке в основное применяют подкормки РК удобрениями по 30-40 кг/га. Подкормки фосфорными удобрениями ведут после каждого укоса, калийными – через укос.

Среди элементов питания наибольшее влияние оказывает фосфор, поэтому, *при посеве* необходимо вносить суперфосфат (10 кг/га P_2O_5), лучшая форма – суперфосфат, обогащенный молибденом. В случае, когда семена не обработали молибденовокислым аммонием и не внесли в основную заправку, то после всходов проводят некорневую подкормку молибденом из расчёта 100 г/га и бором 250 г/га.

Формы минеральных удобрений. Для основного внесения пригодны все формы фосфорных удобрений, кроме фосфоритной муки, которая неэффективна на нейтральных почвах. При посеве и подкормке используют водорастворимые фосфорные удобрения. К формам калийных удобрений у люцерны нет каких-либо особых требований, лишь на легких почвах с низким содержанием магния следует применять магнийсодержащие калийные удобрения: калимаг, калимагнезию и другие.

Удобрение галеги восточной, лядвенца рогатого, донника белого аналогично системе удобрения клевера лугового и люцерны. Под эти культуры не применяют азотные удобре-

ния. Как исключение под галегу восточную в первый год жизни (при беспокровном возделывании допускается внесение азота в подкормку в дозе 30-60 кг/га, если под предшественник или непосредственно под саму культуру не применялись органические удобрения.

Лучшие предшественники козлятника восточного - озимые зерновые и пропашные культуры. Не следует возделывать козлятник после подсолнечника, кукурузы на зерно, сахарной и кормовой свеклы, многолетним и однолетним бобовым культурам, суданской травой.

Козлятник восточный как высокоурожайная кормовая культура выносит из почвы с 1 тонной сухого вещества большое количество элементов питания: азота - 30 кг, фосфора - 5 и калия - 21 кг. Поэтому он требователен к плодородию почвы.

Органические удобрения (20-30 т/га) вносят под зяблевую вспашку предшествующей культуры или непосредственно под посев козлятника.

При внесении фосфорно-калийных удобрений исходят из планируемой урожайности козлятника восточного и обеспеченности почвы питательными веществами или берут среднюю норму (90 кг/га).

Для получения высоких урожаев целесообразно ежегодно вносить $P_{90}K_{120-180}$. Кислые почвы известкуют. Нормы известки устанавливают по полной гидролитической кислотности. Потребность козлятника восточного в азоте обеспечивается на 40-80% за счет симбиотической азотфиксации при кислотности почвы близкой к нейтральной, хорошей её аэрации и влагообеспеченности, наличия достаточного количества клубеньков на корнях и достаточной обеспеченности элементами питания.

Вносить 30-60 кг д.в. азота на гектар следует в том случае, если в начале роста весной растения "хлоротичны", то

есть имеют светло-зеленую окраску, медленно растут в связи с тем, что в почве недостаточно подвижного азота, а клубеньки начинают "работать" только в конце июля - начале августа.

Старовозрастные посевы нуждаются в подкормке азотными удобрениями, если через 8-10 дней после начала вегетации клубеньков ещё нет на корнях или они не "работают" (имеют вместо розового или красного цвета светло-зеленую или серую окраску).

Инокуляция семян - обязательный агроприём, для повышения симбиотической деятельности клубеньковых бактерий целесообразно одновременно с инокуляцией провести обработку семян молибденом из расчета 150 г молибденового кислого аммония на гектарную норму высева.

Донник усваивает фосфор из труднорастворимых фосфатов почвы, которые аккумулируются в пахотном слое почвы. Донник может быть использован в любом севообороте в качестве промежуточной культуры.

Для донника лучшие предшественники - пропашные. Можно возделывать после однолетних трав и зерновых культур.

Донник - отличный предшественник для всех культур. Для получения высоких урожаев целесообразно ежегодно вносить на суглинистых почвах $P_{70-90}K_{60-90}$, супесчаных и песчаных - $P_{50-60}K_{40-60}$. На почвах при рН менее 5,5 за 1-2 года до посева донника проводят известкование под зяблевую вспашку. В зависимости от рН дозы извести составляют от 3,0-4,5 до 6-7 т/га.

Обязательным приемом при обработке семян донника является нитрагинизация: улучшается рост и развитие растений, повышается урожай зеленой массы, увеличивается содержание протеина, зимостойкость растений. Семена донника обязательно обрабатывают микроэлементами, особенно дефицитным является молибден. Используют молибденово-

кислый аммоний - 20 г/ц семян. Обработку семян микроэлементами проводят одновременно с инокуляцией.

Лядвенец хорошо отзывается на внесение органических и фосфорно-калийных удобрений. Припосевное внесение минеральных удобрений рекомендуется в норме кг/га: 25-30 N, 10-12 P₂O₅, 15-18 K₂O, 8 Ca. Ослабленные травостои осенью подкармливают фосфорно-калийными удобрениями. Для увеличения продолжительности периода пользования семенниками необходимо ежегодно подкармливать посеы минеральными удобрениями (P₆₀K₉₀) в сочетании с внесением в почву борных удобрений. [10, 13]

Удобрение бобово-злаковых трав отличается от одновидовых травостоев бобовых трав тем, что необходимость внесения азота, а также его дозы зависят от долевого участия бобового компонента. Если долевое участие бобового компонента превышает 30 % (40 растений на 1 м²), то азотные удобрения не дают эффекта и применение их становится нецелесообразным.

При снижении участия бобовых трав в травостое азот в подкормку оправдан. Для поддержания доли бобового компонента в бобово-злаковом травостое азотные удобрения целесообразно вносить только под второй укос. В смешанных посевах бобово-злаковых трав рекомендуется вносить азот дробно под укосы в дозах (от 25 до 45 кг/га) в зависимости от планируемой урожайности.

Фосфорные и калийные удобрения применяются в один прием рано весной в период возобновления вегетации.

Контрольные вопросы:

1. Роль зернобобовых и многолетних бобовых в земледелии.
2. Особенности развития и питания зернобобовых культур (горох, вики, люпин и бобов.).
3. Отношение различных зернобобовых культур к реакции среды и уровню минерального питания.
4. Динамика потребления элементов питания зернобобовыми культурами.
5. Влияние минеральных, органических удобрений и мелиорантов на урожайность зернобобовых культур в различных почвенно-климатических зонах.
6. Эффективность применения удобрений под зернобобовые культуры в различных

регионах страны. 7. Особенности питания и развития многолетних бобовых культур. 8. Отношение клевера и люцерны к реакции среды и уровню минерального питания. 9. Динамика потребления элементов питания многолетними бобовыми травами. 10. Влияние минеральных, органических удобрений и мелиорантов на урожайность многолетних бобовых трав. 11. Отношение бобовых культур к формам минеральных удобрений.

3.3 Удобрение гречихи и льна

3.3.1 Особенности питания и удобрение гречихи

Особенности питания гречихи. Гречиха – ценная продовольственная крупяная культура, урожайность на почвах Предуралья чаще всего не превышает 6-7 ц/га. Требование гречихи к условиям минерального питания обуславливается её биологическими особенностями – строением и физиологической активностью корневой системы, характером формирования биомассы и неравномерностью потребления питательных веществ в период вегетации. Корневая система гречихи характеризуется слабым развитием, но очень высокой физиологической активностью. По массе корней на единицу площади она уступает яровой пшенице и ячменю в 2,4 раза, а по поглотительной способности, наоборот, превосходит в 2,7 раза пшеницу и в 5,5 раза ячмень. Соотношение надземной массы и корневой системы у гречихи составляет 1:1,4-2,0. Корни гречихи проникают на большую глубину, основная масса корневой системы находится в слое до 40-48 см. Гречиха имеет большую массу тонких корней и корневых волосков, которые более жизнеспособны, чем у яровых зерновых. Они способны усваивать фосфор из труднодоступных фосфатов почвы $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$, AlPO_4 , FePO_4 и фосфоритной муки, поэтому слабее яровых зерновых отзываются на удобрения при выращивании на хорошо окультуренных почвах. Гречиха предпочитает почвы с рН 5,0-6,5, хорошо аэрируемые и быстро прогреваемые, и плохо растет на тяжелых и переувлажнённых почвах. На кислых почвах требуется обя-

зательно их известковать. Лучшая форма известковых удобрений – доломитовая мука или другие содержащие магний, так как культура хорошо отзывается на магний. Магниевые удобрения повышают урожайность на 1,5-2,0 ц/га. Гречиха хорошо «удаётся» в европейской части страны на серых лесных, оподзоленных и выщелоченных чернозёмах.

Эта культура требовательна к теплу, её всходы погибают при заморозках от -1 до -2°C, а взрослое растение при -5-6°C. Наиболее чувствительны всходы к заморозкам в фазе семядолей и первого настоящего цветка. Для прорастания семян оптимальная температура 13-15°C, поэтому в условиях Предуралья её высевают позже других культур. В прохладные годы с избыточным увлажнением и недостатком суммы эффективных температур не вызревает. Общая сумма эффективных температур для формирования урожая зерна гречихи выше +5°C составляет 1000-1300°C. Гречиха требовательна к влаге особенно в фазы цветения и образования завязей. Лучшими предшественниками для неё являются пропашные и озимые, не следует размещать после овса и ячменя.

Это – интенсивная культура, по сравнению с зерновыми колосовыми она на каждый центнер зерна потребляет в 1,5 раза больше азота, в 2 – фосфора, в 3 – калия и в 5 – кальция. На 1 т зерна потребляет 45-55 кг азота, 20-25 кг фосфора, 100-120 кг калия и до 30 кг кальция. В соломе её содержится в 2,5-3,0 раза больше калия, фосфора и кальция.

У гречихи короткий период потребления питательных веществ. За 30-40 дней после посева потребляется более 60-65 % азота и калия и около 50 % фосфора. Фосфор потребляется до конца вегетации, но больше половины растения используют в период цветения и налива зерна.

Азот необходим тогда, когда у растений полностью разовьются корни. Избыток азота в середине и во второй поло-

вине вегетации снижает плодобразование и задерживает созревание. В фазе всходов отмечается критический период в отношении фосфора. [8]

Удобрение гречихи. Наиболее высокие прибавки урожайности (5-8 ц/га) от удобрений получают на дерново-подзолистых и серых лесных почвах, имеющих низкое естественное плодородие и хорошую влагообеспеченность. На дерново-подзолистых почвах, серых лесных и чернозёмах оподзоленных, прежде всего, она отзывается на азотные удобрения, но эффективность их зависит от погодных условий и приёмов агротехники, проводимых до посева. Теплая и влажная погода, хорошее рыхление почвы до посева способствуют накоплению достаточного количества минерального азота в почве, что снижает действие азотных удобрений.

Фосфорные удобрения положительно влияют на урожайность гречихи, но при содержании подвижного фосфора в почве более 110 мг/кг растение обеспечивается фосфором за счёт почвенных фосфатов.

Калийные удобрения повсеместно снижают урожайность. Корневая система её способна усваивать из почвы имеющиеся запасы калия. Кроме того, под неё преимущественно вносят хлористый калий, а хлор угнетает развитие корневой системы и вызывает пятнистость листьев (ожоги паренхимы).

Под гречиху не вносят навоз, так как во влажные годы он задерживает созревание семян, резко увеличивает выход соломы, но она хорошо отзывается на последствие органических удобрений (обычно вносимых под предшественник).

По данным белорусских ученых, прибавки от последствия навоза могут составлять около 7 ц/га. Высокое положительное действие отмечается при использовании зелёного удобрения, прибавки составляют около 10 ц/га. [12]

Оптимальные дозы минеральных удобрений зависят от окультуренности почв, климатических условий, уровня плановых и возможных урожаев, предшественников. На дерново-подзолистых почвах обычно вносят полное минеральное удобрение $N_{40}P_{60}K_{40}$. На бедных почвах дозы азотных можно повышать до 60 кг/га. Калийные удобрения оказывают положительное действие на легких почвах и при низком содержании обменного калия в почве.

Припосевное удобрение. Важным приёмом в системе удобрения гречихи является припосевное внесение фосфора в дозе 10-15 кг/га, желательно в виде борного суперфосфата. Прибавки от этого приёма составляют 1,5-3,0 ц/га.

Подкормка гречихи эффективна при возделывании широкорядным и ленточным способом без основного удобрения. Значимость подкормки выстраивается в следующий ряд: азотные – азотно-фосфорные – полное минеральное удобрение. Лучший срок подкормки – бутонизация-начало массового цветения. Гречиха хорошо отзывается на некорневые подкормки микроэлементами (Cu, B, Mo, Co, Zn, Mn) в фазе бутонизации растений. Подкормки проводят водным 1 % раствором солей, содержащих микроэлементы, норма расхода рабочей жидкости 250-300 л/га.

Сроки внесения удобрений. Фосфорно-калийные удобрения обычно вносят под основную обработку почвы с осени, азотные удобрения – под предпосевную культивацию. Хлорсодержащие удобрения в отсутствие бесхлорных форм вносят только с осени, чтобы к моменту прорастания семян хлор вымылся.

Формы удобрений. Действие всех твердых азотных удобрений (аммонийной селитры, карбамида и др.) на урожайность и качество зерна гречихи практически одинаково. Из фосфорных – любые, из калийных – все, кроме хлорсодержащих.

3.3.2. Особенности питания и удобрение льна

Особенности питания. Эта культура умеренного климата. Предпочетает места с умеренно тёплой, скорее прохладной погодой, поэтому основные массивы льна сосредоточены в Нечерноземье. Без ущерба для урожая переносит заморозки до -3°C . Лён требователен к влаге, наиболее чувствителен к недостатку влаги в период бутонизации – цветения.

Лён – долгунец – культура длинного дня с относительно небольшой интенсивностью солнечного света.

Имеет относительно слаборазвитую корневую систему в основном на глубине 10-45 см с низкой усвояющей способностью, очень требователен к пищевому режиму и, следовательно, к плодородию почвы и удобрениям. Коэффициенты использования фосфора из удобрений составляют 10-25 %, из почвы – 4-10 %, калия, соответственно, – 13-60, 11-13 %. Лучшими для льна являются хорошо окультуренные слабокислые и близкие к нейтральным (рН 5-6) почвы легкого и среднего гранулометрического состава. Лён чувствителен к избытку кальция и одновременно к повышенному (более 2 мг/100г почвы) содержанию подвижного алюминия. Избыток подвижного алюминия (>2-4 мг/кг почвы) вызывает изреживание посевов и снижение урожайности. [8, 10]

При избытке кальция в почве волокно становится хрупким и ломким, поскольку кальций способствует одревеснению волокна.

Поэтому внесение полной дозы извести непосредственно под лен недопустимо. На нейтральных почвах страдает от избытка кальция и недостатка бора, что вызывает заболевание растений бактериозом.

Культура имеет повышенную чувствительность к концентрации почвенного раствора, особенно в период прорастания семян.

Лён – долгунец выносит с урожаем 1 т соломки и семян $N_{15}P_7K_{12}$, а на 1 т волокна вынос составляет $N_{80}P_{40}K_{70}$. Выход волокна составляют 15-20 % от массы льносоломки.

Вегетационный период 74-90 дней. Потребление питательных веществ в течение вегетационного периода идёт неравномерно. От всходов до бутонизации (36 дней) он потребляет 44 % азота, 24 % фосфора и 36 % калия, а от бутонизации до цветения усваивает 51 % азота, 62 % фосфора и 60 % калия (13 дней). Лён имеет очень короткий период (1 мес.) потребления элементов от фазы ёлочка до конца цветения, за который потребляет до 89 % N, 88 % P_2O_5 и 96 % K_2O от общей потребности в них (табл. 21).

Таблица 21

Динамика поглощения элементов питания льном [8]

Периоды роста	Количество дней	В % от максимального содержания			В среднем за сутки, кг/га		
		N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
От всходов до фазы «ёлочка»	22	10	5	4	0,37	0,09	0,02
От фазы «ёлочка» до бутонизации	14	34	19	32	1,47	0,36	2,41
От бутонизации до цветения	13	95	86	96	3,95	1,70	5,52
От цветения до зеленой спелости семян	24	99	93	100	0,01	0,27	0,33
От зеленой до ранне-желтой спелости	12	100	100	96	0,02	0,02	-

Критические периоды потребления у льна фосфора: от всходов до 10-12 листьев и в период формирования коробочек; азота – от фазы ёлочка до цветения; калия – первые три недели роста и фазе бутонизации-формирования коробочек. С одной стороны, для образования хорошей ассимиляционной поверхности, лён-долгунец в ранний период нуждается в достаточно высоком уровне обеспеченности азотом, с другой

стороны, высокие дозы азота удобрений даже в молодом возрасте (фазе ёлочка) значительно снижают качество волокна.

Избыток азота в первую половину вегетации вызывает утолщение и ветвление стебля, задержку образования бутонов и цветков, снижение процента луба, что приводит к уменьшению выхода волокна. При избыточном азотном питании образуются округлые крупноклеточные короткие волокна с тонкостенными клетками и пониженной прочностью, что может вызывать полегание льна, затягивание созревания. Калийные удобрения, наоборот, снижают полегаемость, повышают выход волокна и его крепость. Фосфорные удобрения ускоряют созревание семян и улучшают качество волокна.

Лён отличается довольно высокой потребностью в магнии; его недостаток вызывает хлороз и задержку роста растений. Даже при скрытом дефиците магния заметно снижается продуктивность посевов льна, качество волокна и сбор масла. При явном недостатке магния необходимо применять магнийсодержащие калийные удобрения.

Удобрение льна. Оптимальная реакция среды для льна слабокислая, но как уже указывалось, он чувствителен к содержанию алюминия, подвижный алюминий уменьшает количество в почве усвояемого фосфора и его доступность. Лён размещают после клевера или его смеси с тимофеевкой, для которых почва должна быть известкована.

Лён отрицательно реагирует на высокие дозы извести. В длительном опыте Менделеевского опытного поля при внесении в севообороте под лён минеральных удобрений при известковании по 0,5 гидролитической кислотности урожайность соломки льна за 4 ротации повысилась в среднем на 5,2 ц/га. Увеличение извести до 1,0-1,5 дозы по гидролитической кислотности снижало урожай льна (табл. 22).

Таблица 22

Действие извести на урожайность льна, ц/га

Ротация севооборота	Год действия извести после внесения	NPK		NPK+ известь по 0,5 Нг		NPK+ известь по 1,0 Нг		NPK+ известь по 1,5 Нг	
		солома	семена	солома	семена	солома	семена	солома	семена
I	5	18,1	3,9	22,2	4,5	23,7	4,6	24,1	4,1
II	13	44,5	2,1	55,7	1,8	52,6	2,2	45,7	1,8
III	20	24,1	6,2	24,0	6,0	25,0	6,3	26,2	5,8
IV	27	31,0	7,0	36,5	7,3	35,3	7,2	33,0	7,0

Самые высокие прибавки соломки льна 4,5 ц/га и семян 0,6 ц/га в другом опыте были получены при дробном внесении половинной дозы в два приема: известь – по 0,25 Нг в чистом пару и по 0,25 Нг – под покровную культуру.

Известкование, прежде всего, уменьшает поступление калия в растения из-за избыточного содержания кальция, снижает доступность бора, нарушается соотношение между кальцием и магнием. Отрицательное действие извести наблюдается чаще всего на слабокультуренных почвах. Исправить негативное влияние извести можно:

- увеличением доз калия на 30-50 %;
- внесением борных микроудобрений из расчёта 0,5-0,7 кг/га д.в.;
- использованием в качестве известковых удобрений доломитовую муку, цементную пыль;
- проведением известкования по $\frac{1}{2}$ Нг, а на сильнокислых некультуренных почвах по $\frac{1}{4}$.
- внесением известковых удобрений непосредственно под лен или за 4-5 лет до его возделывания.

Отрицательное действие извести возрастает при недостатке влаги и использовании физиологически кислых и хлорсодержащих удобрений. При внесении хлорсодержащих

удобрений образуется CaCl_2 , повышенная концентрация которого уменьшает содержание волокна в стеблях и снижает его качество.

В севооборотах лён размещают после многолетних трав, картофеля, озимых и яровых культур. Непосредственно под него органические удобрения не вносят из-за возможной пестроты стеблестоя и засоренности посевов, после многолетних трав и унавоженных предшественников в этом нет необходимости. Однако по данным ВНИИ льна, внесение перегноя, навозной жижи, птичьего помёта повышают урожай льна. Данные удобрения должны быть хорошо подготовлены. Внесение навозной жижи до посева 5-10 т/га обеспечивает получение прибавки соломки 3-5 ц/га, птичьего помёта в дозе 5 ц/га – 3-4 ц, золы 5-6 ц/га – 5-6 ц. Рекомендуемая доза навозной жижи 10-15 т/га, птичьего помёта – 6-10 ц/га, золы – не более 6-8 ц/га. Золу лучше вносить до посева, а навозную жижу и помёт, как до посева, так и в подкормку. [12]

Дозы минеральных удобрений под лён зависят от предшественника, уровней плановых урожаев, почвенно-климатических и агротехнических условий, материально-технических возможностей. При основном внесении под лён дают полное минеральное удобрение в дозе $(\text{NPK})_{45-60}$. Дозы азотных удобрений корректируют в зависимости от предшественника. После бобовых дозы азота не превышают 20-30 кг/га, после озимых зерновых и картофеля роль азотных удобрений возрастает, и дозы азота увеличивают до 45-60 кг/га. После культур удобренных навозом вносят азотные удобрения в дозах не больше 30-40 кг/га. Внесение высоких доз азотных удобрений приводит к полеганию льна и снижению сбора общего и особенно длинного волокна. Эффективность фосфорных и калийных удобрений определяется содержанием доступных форм фосфора и калия в почве.

При определении доз удобрений необходимо учитывать соотношение питательных элементов в удобрении.

На почвах, обеспеченных азотом, соотношение N:P:K должно составлять 1:3:4, а на бедных – 1:2:2. Для получения высоких урожаев льна-долгунца с хорошим качеством льно-волокна при выращивании на светло-серых лесных почвах с повышенным и высоким содержанием калия необходимо вносить калий в дозе 60-90 кг/га на фоне стартовых доз азота и фосфора ($N_{30}P_{30}$ и $N_{30}P_{60}$), фосфорно-калийные удобрения должны преобладать над азотными в 3-6 раз. По данным 400 опытов, проведённых в Нечернозёмной зоне, внесение $N_{40}P_{60}K_{60}$ обеспечивает прибавку урожая соломки на дерново-подзолистых почвах до 1,1 т/га или 0,2 т/га волокна. Дозы удобрений корректируют и в зависимости от уровня урожайности. Для получения 40-50 ц/га соломки дозы минеральных удобрений повышают до $N_{50-60}P_{80-120}K_{70-120}$. При размещении льна на легких почвах дозы калийных удобрений целесообразно увеличить на 50 %.

Припосевное удобрение. При посеве применяют суперфосфат (10 кг/га P_2O_5), лучше борный, если не проводили обработку семян бором. Средняя оплата фосфора по ряду опытов на подзолистых средне и легкосуглинистых почвах при посеве с семенами получается выше, чем при разбросном способе внесения (табл. 23).

Таблица 23

Действие способов внесения фосфорных удобрений по фону $N_{30}K_{60}$ на урожайность льна, ц/га (данные института льна)

Удобрения, время и способ внесения	Прибавка к фону, ц/га	
	волокна	семян
Фон + P_{45} осенью под зябь	1,1	0,8
Фон + P_{10} с семенами в рядки	1,1	0,2

Подкормка. Азотные удобрения вносят дробно: 50 % – перед посевом и 50 % – в подкормку в фазе ёлочка.

Применение микроудобрений. На темноцветных и известкованных почвах вносят борные микроудобрения в основное 0,5-1,0 кг/га д.в. Борную кислоту и буру можно использовать для опудривания семян, 100 г кислоты на центнер семян. При химической прополке посевов вносят 200 г борной кислоты на 1 га вместе с гербицидами. Если борные удобрения в почву не вносились, то в фазе елочки проводят некорневую подкормку 0,2 % раствором борной кислоты. Оптимальной дозой бора при некорневых подкормках льна являются 60-80 г/га (350-450 г/га борной кислоты).

Известкование и внесение высоких доз фосфорных удобрений при низком содержании цинка в почве вызывают цинковую недостаточность у льна и увеличивают необходимость внесения цинковых удобрений. При возделывании льна на почвах с рН 6,0-6,4 для улучшения качества льна следует обязательно проводить некорневые подкормки цинком в фазе «ёлочки», 0,8 кг/га сульфата цинка. На торфянистых и песчаных почвах, наряду с бором, существенно повышает урожай соломки и семян применение медьсодержащих микроудобрений. Вносят медьсодержащие пиритные огарки 2-3 ц/га осенью под зяблевую вспашку, медный купорос ($\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$) – 10-15 кг/га весной под культивацию.

Формы удобрений. Аммонийная и амидная формы азота (сульфат, карбонат аммония и мочевины) обеспечивают более высокий урожай волокна и его содержание в льносоломке, чем нитратная. При весеннем внесении минеральных удобрений на легких почвах наиболее выгодно применять под лён аммофос, диаммофос и хлористый калий. Соотношение между азотом и фосфором в аммофосе (11-12 % : 48-50 %) вполне соответствует биологическим потребностям льна-долгунца.

Сроки внесения. Удобрения вносят рано весной под культивацию.

Контрольные вопросы:

1. Отношение гречихи и льна к реакции среды и уровню минерального питания. 2. Динамика потребления элементов питания льном. 3. Отношение льна к известкованию. 4. Дозы минеральных удобрений на льне в зависимости от предшественника. 5. Отношение гречихи и льна к формам минеральных удобрений. 6. Применение микроудобрений на льне и гречихе.

3.4. Особенности питания и удобрение картофеля

Особенности питания. Картофель – важнейшая продовольственная, техническая и кормовая культура, выращиваемая практически повсеместно. Около 60 % посадок сосредоточено в Нечернозёмной зоне. В клубнях картофеля содержится до 20-25 % сухого вещества, сбор его с 1 га в 3 раза больше, чем у других культур. Д.Н. Прянишников отмечал, что «возделывать картофель на полях – это то же, что получать три колоса там, где раньше рос один». В зависимости от сорта содержание крахмала составляет от 9 до 24 %, белка – около 2 %, сахара – 0,8-1,5 % и 16-40 мг % витамина С. Урожайность картофеля в Пермском крае составляет 160 ц/га, в ФРГ – 242 ц, Англии – 224 ц/га. Низкая урожайность объясняется низкой культурой земледелия (несоблюдение сроков посадки, отсутствие хорошего посадочного материала, большие потери при уборке, неправильный выбор участка, не соблюдение системы применения удобрений).

Картофель относится к семейству паслёновых, может расти в широком интервале рН 4,5-6,0, но предпочитает почвы с рН 5,2-5,7, по гранулометрическому составу – супесчаные и легкосуглинистые разности с благоприятным водно-воздушным режимом. Корневая система картофеля в фазе всходов уходит на глубину до 61 см, в фазе цветения – до 101 см, в дальнейшем рост корневой системы резко замедляется. До 95 % корневой системы размещается в пахотном горизонте, поэтому картофель требователен к плодородию почв и

хорошо отзывается на удобрения. Клубни начинают прорастать при температуре 7-8°C, оптимальная температура для прорастания 12-15°C.

Особенно большое значение имеет температура воздуха и почвы в период клубнеобразования. Лучшей температурой для этого является 17-18°C, при температуре 29-30°C рост клубней приостанавливается. Картофель требователен к влаге, за лето одно растение потребляет до 50 л воды. Критический период в отношении влаги – фаза цветения. У картофеля различают 4 периода развития:

1 – прорастание и появление всходов, растение питается за счёт материнского клубня;

2 – наращивание вегетативной массы, растение нуждается в большем количестве азота и калия, в меньшем – фосфоре;

3 – период бутонизации, цветения и образования столонов, увеличивается потребление фосфора, калия и азота;

4 – формирование клубней и крахмалонакопление, больше потребляется фосфора и калия, меньше азота. С момента крахмалонакопления ботва отмирает, происходит реутилизация питательных веществ из ботвы в клубень, а калий может выделяться в почву.

Потребление питательных элементов картофелем продолжается до полного созревания. Однако максимум поглощения (40 % N, 50 % P₂O₅ и 60 % K₂O от максимального) происходит в период от начала бутонизации до конца цветения. После цветения поглощение азота и калия практически прекращается, а фосфора поглощается не более 15 % от общей потребности.

Потребление элементов питания зависит от сорта (табл. 24)

Для мощного развития ботвы от всходов до цветения картофель нуждается в полном обеспечении всеми элементами

ми, особенно азотом. После цветения азот не нужен, так как он затягивает вегетацию, задерживает клубнеобразование и синтез крахмала, ухудшает качество клубней и снижает устойчивость растений к болезням и вредителям.

Таблица 24

Потребление питательных веществ разными сортами картофеля,
% от общего [11]

Сорт	Период	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
среднеспелый	всходы	4,5	3,3	4,6
	начало бутонизации	29	19	29
	цветение	59	37	46
	уборка	100	100	100
ранний	всходы	3,9	3,1	3,9
	начало бутонизации	30	21	27
	цветение	88	66	84
	уборка	100	100	100

Фосфорные и калийные удобрения имеют большое значение во время образования и роста клубней.

При недостатке азота отмечается бледно-зелёная окраска листьев, слабый рост и ветвление стеблей, снижение поступления углеводов в клубни. Избыток азота способствует чрезмерному росту ботвы (тёмно-зелёная окраска, закручивание листа вниз) в ущерб развитию клубней, задерживает созревание, снижает устойчивость клубней к механическим повреждениям во время уборки и к болезням во время хранения.

Фосфор ускоряет рост и развитие растений, способствует лучшему развитию корневой системы, приводит к более раннему клубнеобразованию, повышает засухоустойчивость. При недостатке фосфора листья становятся жесткими и с обратной стороны приобретают пурпурную окраску.

Калий способствует более быстрому усвоению CO₂ листьями, ускоряет передвижение углеводов из листьев в клубни, повышает содержание воды в листьях, что повышает засухоустойчивость. При недостатке калия листья становятся

темно-зелёными с бронзовым оттенком, ткани по краям желтеют, затем буреют и отмирают. Дольки листа укороченные, располагаются более тесно. Неравномерный рост пластинок приводит к морщинистости листьев.

Картофель очень чувствительный к дефициту магния в почве. Поскольку содержание подвижного магния в почве в значительной мере обусловлено её гранулометрическим составом, то при разработке системы удобрения необходимо предусматривать внесение магния с удобрениями, в особенности на песчаных почвах. Магний, входя в состав хлорофилла, оказывает непосредственное влияние на фотосинтез. При недостатке магния тормозится синтез сахарозы и ее отток в клубни, что снижает урожайность и содержание крахмала в клубнях. Установлено, что при содержании обменного магния в легких почвах меньше 10 мг/кг недобор урожая картофеля может составлять 20-30% и более.

Из микроэлементов картофель наиболее требователен к содержанию в почве бора и меди. При органо-минеральной системе удобрения значительную часть микроэлементов картофель усваивает из навоза или компостов. Недостаток микроэлементов у картофеля при его возделывании на фоне навоза проявляется довольно редко. С органическими удобрениями, внесенными под картофель или предшественник, растениям поставляется вполне достаточное количество микроэлементов. Кроме того, поскольку картофель выращивают преимущественно на слабокислых почвах, где подвижность бора, марганца, меди и железа довольно высокая, то недостаток этих микроэлементов встречается редко, и может проявляться лишь после известкования.

Дефицит бора вызывает растрескивание кожуры клубней и очищенные клубни быстро темнеют. Повышенное содержание меди в почве негативно влияет на окраску очищен-

ных клубней, поскольку она входит в состав полифенолоксидазы и обуславливает активность фермента.

Для формирования 1 т клубней при соответствующем количестве ботвы картофель выносит 4-7 кг азота, 1,4-2,0 кг фосфора, 6,0-9,0 кг калия, 2,0-4,0 кг серы, 2,0-5,0 кг кальция и 1,0-2,5 кг магния. В среднем вынос на 1т составляет азота 5 кг, фосфора 2 кг и калия 8 кг. Отзывчивость на элементы питания зависит от типа почв: дерново-подзолистые супесчаные – НКР, дерново-подзолистые суглинистые – НРК, серые лесные – НРК, оподзоленные чернозёмы – НР и мощные чернозёмы – РН.

Картофель лучше, чем зерновые усваивает фосфор и калий, сравнительно хорошо переносит кислую реакцию среды. На более кислых почвах ($pH < 5,0$) картофель нуждается в известковании, причем лучшими известковыми удобрениями для него являются доломитовая мука, цементная пыль. Однако избыточное внесение извести оказывает отрицательное воздействие на картофель – снижается содержание крахмала, клубни поражаются паршой, ухудшается лёжка при хранении. Известкование, прежде всего, уменьшает поступление калия в растения из-за избыточного содержания кальция, снижает доступность бора, нарушается соотношение между кальцием и магнием. Исправить негативное влияние извести можно:

- увеличением дозы калия на 30-50 %;
- внесением борных микроудобрений 0,7-1,0 кг/га д.в.;
- использованием в качестве известковых удобрений доломитовую муку, цементную пыль.

Обычно в севооборотах с картофелем дозы извести снижают на $\frac{1}{3}$ на тяжелых почвах и $\frac{1}{2}$ – на легких почвах. Известкование желательно проводить за 4-5 лет до посадки картофеля или непосредственно под картофель. Картофель не должен быть 2-й и 3-ей культурой.

Удобрение картофеля. Картофель очень отзывчив на органические удобрения. Доза внесения 40-60 т/га. Лучше использовать полуразложившийся, полуперепревший навоз, чтобы обеспечить растения элементами питания, CO₂, лучше обеспечивается рыхлость почвы. С увеличением доз органических удобрений пропорционально повышается урожайность (табл. 25). Использование органических удобрений повышает урожайность на 40-70 ц/га. Оплата 1 т навоза на легких дерново-подзолистых почвах НЗ в центральных районах составляет 2,5-3,0 ц, в западных – 5,0-5,5 ц, на суглинистых почвах – 2,0-2,3 ц и оподзоленных чернозёмах – 1,5 ц.

Таблица 25

Прибавки урожайности картофеля
в зависимости от доз органических удобрений, ц/га

Почва	Доза органических удобрений, т/га	
	20	40
Дерново-подзолистая песчаная	43	82
Дерново-подзолистая суглинистая	30	69
Чернозём оподзоленный	33	41

Картофель хорошо отзывается и на минеральные удобрения. Дозы минеральных удобрений зависят от содержания элементов питания и уровня планируемой урожайности и изменяются в широком интервале N₆₀₋₁₅₀P₆₀₋₁₂₀K₉₀₋₁₅₀. Рекомендуемая доза для Предуралья N₁₂₀P₁₀₀K₁₅₀. Минеральные удобрения (НРК) по 60-90 кг/га обеспечивают прибавку урожайности 35-60 ц/га, окупаемость 1 кг НРК составляет 30-34 кг. Наиболее высокие и устойчивые прибавки урожайности обеспечивают азотные удобрения от 86 до 136 ц/га. Прибавки от фосфорных и калийных удобрений зависят от содержания подвижных элементов питания в почве и не превышают 49 ц – от фосфорных и 45 ц – от калийных удобрений.

Оптимальным для этой культуры является сочетание органических и минеральных удобрений, так как они на протяжении всего вегетационного периода обеспечивают расте-

ния необходимыми элементами питания. В начале растения используют питательные вещества из минеральных удобрений, а затем по мере минерализации органической массы, – из органических удобрений. Для получения урожайности не менее 200 ц/га рекомендуется применять следующие дозы минеральных удобрений при внесении их на фоне органических удобрений (табл. 26). Эффективность минеральных удобрений, внесённых по фону навоза, несколько снижается, но остаётся довольно высокой. Прибавки от азота составляют 20-78 ц/га, от фосфора – 15-40 и от калия – 13-25 ц/га.

Таблица 26

Дозы внесения удобрений под картофель
на основных почвах Предуралья

Почва	Навоз, т/га	Минеральные удобрения, кг/га д.в.		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Дерново-подзолистая суглинистая	50	60-120	60-120	90-140
Дерново-подзолистая супесчаная	60	90-120	90-120	120-160
Торфянистая	-	30-60	60-90	120-180
Серая лесная	40-50	60-90	60-120	60-120
Оподзоленный и выщелоченный чернозём	40-50	60-90	90-120	60-120

При разработке системы удобрения картофеля необходимо учитывать скороспелость сортов. Ранние сорта более отзывчивы на минеральные удобрения, так как они используют питательные вещества интенсивнее и в короткий период. Средне- и позднеспелые сорта лучше усваивают питательные вещества из навоза и почвы.

Припосадочное удобрение. При посадке картофеля высокоэффективно внесение суперфосфата (лучше борного) или нитроаммофоса (в дозах по 20 – 40 кг/га д. в. P₂O₅ и N). Возможно применение в таких же дозах и тройных комплексных удобрений – нитрофоски и нитроаммофоски. Эффективно вносить органические удобрения – перегной 2-5 ц/га, ещё лучше совместное внесение. Это обеспечивает более раннее созревание (на 7-10 дней). На известкованных почвах клубни

картофеля перед посадкой или вегетирующие растения обрабатывают борными удобрениями для предотвращения парши на клубнях.

Подкормка. Подкормка эффективна на легких почвах и при недостаточном внесении в основное. Лучшие сроки подкормки – от фазы полных всходов до бутонизации – N_{20-30} или жидкими органическими удобрениями – 3-5 т/га. Можно проводить некорневые подкормки в фазе бутонизации или за месяц до уборки – P_{20} , урожайность повышается на 10-15 ц/га, содержание крахмала – на 1,9-3,0 %.

В зависимости от уровня урожайности, типа почв и их обеспеченности Пермским филиалом ЦИНАО были разработаны следующие дозы органических и минеральных удобрений с использованием программы «Радоз – 2» (табл. 27).

Таблица 27

Рекомендуемые дозы удобрений под картофель по программе «Радоз – 2»

Обеспеченность, класс		Урожайность, т/га	Органические удобрения, т/га	Минеральные, кг/га д.в.					
				основное внесение			в гребни		
P_2O_5	K_2O			N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
Почва – дерново-подзолистая супесчаная									
1-2	1-2	13-15	60	40	50	70	70	70	70
3	3	25	60	50	70	90	70	70	70
4-5	4-5	25	60	40	70	70	70	70	70
6	6	30-35	60	50	110	110	70	70	70
Почва – дерново-подзолистая суглинистая									
1-2	1-2	14-16	60	20	40	40	80	80	80
3	3	20	60	20	40	40	80	80	80
4-5	4-5	25	60	20	50	50	80	80	80
6	6	30-35	60	20	80	80	80	80	80

Влияние удобрений на качество. Важный показатель качества – размер клубней, с которым тесно связаны технологические и кулинарные качества. Лучшими по качеству считаются клубни с массой 80-120 г, с гладкой поверхностью, без признаков заболевания. Такие клубни содержат больше крахмала и имеют крупные крахмальные зёрна. Азотные удобрения увеличивают размер клубней и долю

крупных клубней в урожае, фосфорные удобрения – количество средних клубней, хлористый калий – выход крупных клубней, сульфат калия – количество средних клубней. Азотные удобрения снижают содержание крахмала на 0,2-0,7 %, навоз – на 0,6-1,1 %, фосфорные, калийные и магниевые удобрения – повышают. На накопление нитратов оказывают влияние дозы и формы азотных удобрений. На фоне 60-70 т/га органических удобрений допустимой дозой азота является 120 кг/га. Из видов азотных удобрений большое влияние оказывает аммиачная селитра, меньше накапливается при использовании КАС, карбамида и сульфата аммония. Отрицательное воздействие оказывает хлор – усиливает оводнённость клеток, задерживает созревание, подавляет активность ферментов. Одним из показателей ухудшения качества клубней является потемнение мякоти.

Чаще всего это связано с увеличением свободной аминокислоты – тирозина. Обычно это происходит из-за недостатка калия и на торфяных почвах. Для повышения устойчивости клубней к механическим повреждениям необходимо соотношение $N:P_2O_5 = 1:1,5$. Даже при сбалансированном применении удобрений поздние, а иногда и среднепоздние сорта картофеля не успевают вызреть за вегетационный период. Для ускорения созревания возможна сеникация посевов – обработка водными растворами агрохимикатов (например, NH_4NO_3 , K_2SO_4 и других с добавлением гербицидов, например, 2,4-Д и др.), в результате которой усиливается отток питательных веществ из ботвы в клубни и заметно повышается крахмалистость их.

Формы удобрений. Лучшими формами органических удобрений под картофель являются солоmistый навоз и торфонавозные компосты, которые способствуют увеличению

запасов гумуса в почвах. Известно, что повышение гумусированности почв способствует увеличению содержания крахмала в клубнях. При использовании бесподстилочного навоза дозы необходимо рассчитывать с учётом содержания в нём азота. Доля навоза вносимого с бесподстилочным навозом не должна превышать 50-80 % от общей потребности. Фосфорные (если гидролитическая кислотность почвы более 2,5 мг-экв/100 г) в виде фосфоритной муки, калийные лучше бесхлорные или содержащие минимальные количества хлора, например, хлористый калий, хлор из которого наверняка вымоется при внесении под зяблевую вспашку за осенне-зимне-весенний период. Бесхлорные калийные удобрения не имеют преимущества перед хлористым калием по влиянию на урожайность и превосходят хлористый калий лишь по влиянию на качество (табл. 28). Лучшие формы азотных удобрений для картофеля – аммиачные и аммиачно-нитратные, а лучший способ заделки в почву всех минеральных удобрений – локализация.

Таблица 28

Влияние форм калийных удобрений на урожайность картофеля и содержание крахмала в клубнях [4]

Формы калийных удобрений	Урожайность, ц/га	Содержание крахмала, %	Сбор крахмала, ц/га
Среднее по формам КСI	210,0	12,26	25,7
Среднее по бесхлорным К-формам	213,9	12,72	27,2
Среднее по магнийсодержащимся калийным формам	219,6	12,38	27,2

Сроки внесения. Органические удобрения можно вносить с осени и весной, фосфорные и калийные обычно вносят под основную обработку почв осенью. Азотные удобрения в зонах достаточного увлажнения и орошаемого земледелия следует вносить весной под предпосевную обработку, причем, для уменьшения потерь азота и при значительных (80 кг/га N и более) дозах лучше 50 % с учетом почвенной

диагностики, а оставшиеся 50 % – в подкормку в фазе полных всходов с учетом результатов растительной диагностики.

Удобрение раннего картофеля

1. Сорты раннеспелые – способные сформировать урожай за 50-60 дней.

2. Посадочный материал – пророщенные клубни массой 80-100 г.

3. Выбор участка – темноцветные почвы легкого гранулометрического состава, содержание элементов питания 5-6 класс, южный склон.

4. Удобрения – РК вносят в полной дозе осенью, азотные – $\frac{1}{3}$ часть от расчётных весной.

5. Хорошая зяблевая обработка. Посадка ведётся в гребни на глубину 4-6 см в самые ранние сроки вместе с яровыми с нормой 50-60 тыс. га.

6. Для спасения от заморозков в конце мая ведётся подокучивание с полным загребанием всходов.

7. Полив 3-5 л на 1 куст в конце мая – начале июня (фаза бутонизации – начало цветения).

8. Уборка по мере реализации.

Удобрение картофеля при интенсивных технологиях

Существуют несколько технологий: заворовская, голландская. При использовании всех технологий картофель размещают после озимых зерновых в севооборотах с короткой ротацией.

Почвы – с содержанием гумуса не менее 3 %, обеспеченность фосфором и калием 5-6 класс, рН – 5,5.

При заворовской технологии органические удобрения (60-80 т/га) и минеральные $\frac{1}{3}$ - $\frac{1}{2}$ вносят под зяблевую вспашку. Общая доза минеральных удобрений $N_{130}P_{120}K_{280}$. Весной поле обрабатывают и нарезаются гребни. Оставшаяся часть минеральных удобрений вносится в нижнюю часть гребня при посадке. Посадку ведут на глубину 4-10 см в зависимости от условий увлажнения.

При голландской технологии органические удобрения (60-80 т/га) и всю дозу минеральных вносят под зяблевую вспашку. Весной поле обрабатывают фрезой на глубину 10-12 см, затем посадку ведут на глубину 6 см и одновременно при посадке образуется полугребень. При появлении 2 % всходов проводят первую междурядную обработку с досыпкой гребня и за счёт нескольких междурядных обработок наращивают гребень. Стебель заваливается, и образуются столоны. Весь будущий урожай находится в рыхлом слое.

Технология для условий Предуралья. Органические удобрения 60-80 т/га вносят под рожь. Часть минеральных удобрений вносят под зяблевую вспашку, часть – в период нарезания гребней.

Контрольные вопросы:

1. Особенности развития и питания картофеля. 2. Отношение картофеля к реакции среды и уровню минерального питания. 3. Динамика потребления элементов питания картофелем. 4. Влияние минеральных, органических удобрений и мелиорантов на урожайность и качество картофеля. 5. Отношение картофеля к известкованию и формам минеральных удобрений. 6 Удобрение раннего картофеля.

3.5. Удобрение кормовых корнеплодов

3.5.1. Особенности питания кормовых корнеплодов

Корнеплодные растения являются незаменимым кормом при составлении полноценных рационов для крупного рогатого скота. Это молокогонные корма. Содержание сухого вещества в корнеплодах составляет от 6,7 до 12,6 %, которое в основном представлено легкоферментируемыми углеводами – глюкозой и другими моносахарами. В составе зольных элементов главное место занимают: калий – 3,4 %, фосфор – 1,1 %, кальций – 0,7 %, магний – 0,35 %, а также кобальт, медь, цинк, марганец. Содержание белковых веществ не превышает 2,2 %, но они представлены такими аминокислотами,

как лизин, метионин, аргинин. Прекрасным кормом являются листья.

Средняя урожайность корнеплодов не превышает 300 ц/га. Наиболее высокие урожаи дают турнепс и брюква, а на плодородных почвах – и кормовая свёкла. В нашей зоне можно получать до 800-1000 ц/га, но площади посевов не превышают 1 % от зерновых. Это связано с трудоёмкостью их возделывания, большими затратами труда и высокой себестоимостью кормовой единицы. Среди корнеплодов большие площади заняты кормовой свёклой и турнепсом. Кормовая морковь распространена, главным образом, в крупных овощеводческих хозяйствах и на птицефабриках.

Все корнеплоды относятся к группе холодостойких. Корневая система обладает разной усвояющей способностью, но все они требовательны к плодородию почв, оптимальное содержание фосфора и калия 200-250 мг/кг, содержание гумуса 3-4 %.

Отношение к реакции среды (табл. 29): морковь предпочитает плодородные и окультуренные почвы со слабокислой реакцией (рН 5,5), высокотребовательна к обеспеченности питательными элементами (4-й класс); кормовая свёкла – культура, предпочитающая нейтральные и близкие к ним (6-й класс) почвы (рН 6,5-8,0). Турнепс может расти при рН 4,5.

Корнеплоды характеризуются высоким выносом питательных веществ (табл. 30.)

Таблица 29

Отношение кормовых корнеплодов к реакции среды [9]

Культура	рН (сол.)		Вегетационный период
	Минеральные почвы	Торфяники	
Морковь	5,5	5,5	75-150
Свёкла	6,7-7,2	5,0-5,5	100-120
Турнепс	5,5	5,5	80-100
Брюква	5,5	5,5	120-140

Таблица 30

Вынос 1 т основной продукции с учётом побочной, кг [10,13]

Культура	Элементы			
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO
Морковь	3,5	1,5	8,0	0,7
Свёкла	2,7	1,0	5,0	1,45
Турнепс	4,8	1,7	5,7	
Брюква	4,5	2,5	7,5	

Потребление питательных элементов у моркови продолжается в течение всей вегетации, но в мае-июне потребляется до 10 %, максимум потребления наблюдается с момента интенсивного формирования корнеплодов (конец июля) и продолжается до конца вегетации.

Потребление питательных элементов свёклой происходит в течение всего периода вегетации, в первый период требуется хорошее обеспечение фосфором, через 2-3 недели после появления всходов проявляется высокая потребность в азоте для образования листового аппарата, необходимость в котором позже резко снижается, а в калии возрастает. Фосфор в течение вегетации потребляется более равномерно (табл. 31).

Таблица 31

Потребление питательных веществ кормовой свёклой, % [9]

Элемент	Месяцы						
	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	всего
N	1,0	25,1	47,3	10,8	12,3	3,4	100,0
P ₂ O ₅	1,2	16,3	39,5	16,3	18,6	8,1	100,0
K ₂ O	0,8	4,6	50,8	19,8	17,9	6,1	100,0

Потребление питательных элементов турнепсом и брюквой происходит также в течение всего периода вегетации, в первый период требуется хорошее обеспечение фосфором. Брюква потребляет питательные вещества более равномерно. Все корнеплоды до максимального развития надземной массы сильно нуждаются в азотных удобрениях; с момента начала формирования корнеплода возрастает потребление калия,

фосфор же наиболее равномерно поглощается в течение всего вегетационного периода.

У корнеплодов различают 3 периода развития:

1-й – 60-70 дней – развитие листьев, предъявляют высокие требования к рыхлости почвы;

2-й – 35-40 дней – происходит смыкание рядков, максимальный среднесуточный прирост;

3-й – 35-40 дней – накопление сухого вещества (образование корнеплода).

Все корнеплоды в молодом возрасте чувствительны к фосфорному питанию. Достаточное фосфорное питание в начальный период приводит к повышению полевой всхожести, усилению роста корневой системы, что обеспечивает формирование корнеплодов правильной формы, высоких товарных и вкусовых качеств. У моркови при недостатке фосфора в первый период часто наблюдается повреждение первичного корешка, что приводит к резкому увеличению до 55 % нестандартных, уродливых корнеплодов.

3.5.2. Удобрение кормовой свёклы

Свёкла по гранулометрическому составу требует легких почв. На них она быстрее формирует листовой аппарат и имеет большую поверхность корней, причём корневая система активно растёт до конца вегетации. По данным Синяковой, урожайность на супесчаной почве выше на 30-35 %, чем на суглинистой.

На кислых почвах свёкла сильно нуждается в известковании. Внесение 6-8 т/га извести при рН=4,5 обеспечивает получение прибавки 80-100 ц/га, при рН=4,6-5,0 – 60 ц/га, при рН=5,6-6,0 – 40 ц/га.

Свёкла положительно отзывается на хорошо разложившиеся органические удобрения. Чем выше доза органических удобрений, тем выше прибавка (табл. 32).

Таблица 32

Эффективность органических удобрений на кормовой свёкле
(данные Московской опытной станции)

Доза навоза, т/га			
0	18	36	54
Урожайность, ц/га			
155	218	305	400
Прибавки, ц/га			
-	63	150	245

Рекомендуемые дозы органических удобрений зависят от содержания органического вещества в почве (табл. 33).

Таблица 33

Дозы органических удобрений для свёклы

Содержание органического вещества, %	1-2	2-3	3-5
Дозы навоза, т/га	50-60	50-40	20-30

1 т навоза по РФ в среднем даёт 1,5-2,0 ц/га, окупаемость 1 кг NPK составляет 70-90 кг.

Эффективным является применение помёта 3-5 т/га в основное или 0,5 т/га в подкормку при разведении 1:10.

Свёкла хорошо отзывается на применение минеральных удобрений. Дозы минеральных удобрений составляют (NPK) 60-180 и зависят от типа почв (табл. 34). Максимальная доза азотных удобрений не должна превышать 180 кг/га д.в., более высокие дозы приводят к избыточному накоплению нитратов в корнеплодах.

Таблица 34

Примерные дозы минеральных удобрений под кормовую свёклу [19]

Типы почв	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Дерново-подзолистые	120-180	45-60	90-150
Пойменные	90-120	30-60	120-180
Торфяники	45-60	90-120	180-240
Чернозёмы	60-90	60-90	60-90

По данным В.А. Туркиной, применение (NPK)₁₂₀ обеспечивает получение прибавки до 120 ц/га, по данным Сапожникова, прибавки от минеральных удобрений составляют 70-100 ц/га. Отдача от минеральных удобрений повышается по

мере окультуренности почв. По данным Лыкова при содержании гумуса 1,09-1,15 % окупаемость 1 кг NPK составила 104-208 кг, при содержании гумуса 1,23-1,27 % – 103-326 и при содержании гумуса 1,37-1,40 % – 272-330 кг. Оптимальные сочетания органических и минеральных удобрений на различных почвах обеспечивают максимальную урожайность свёклы во всех почвенно-климатических зонах. На дерново-подзолистых почвах на фоне органических удобрений (40-60 т/га) дозы минеральных $N_{60}P_{90}K_{90}$; на торфяниках следует увеличить дозы фосфорных до 90-120 и калийных до 180-240. Дозы удобрений зависят от уровня урожайности и плодородия почв (табл. 35).

Таблица 35

Дозы органических и минеральных удобрений
в зависимости от плодородия почв [10]

Урожайность ц/га	Удобрения							
	Навоз, т/га	N	P ₂ O ₅			K ₂ O		
			>120	60-120	<20-60	>150	70-120	<70
400	30	До 110	80	90	100	100	120	140
500	40	100-120	90	100	120	120	140	160
600	60	120-140	100	120	140	140	170	200

Обязательный элемент технологии свеклы – *припосевное удобрение*, оптимальные дозы его P_{10} или $N_{10}P_{10}$, или $N_{10}P_{10}K_{10}$, лучшие удобрения – борный суперфосфат, нитрофосы и нитрофоски с соотношением элементов 1:1:1.

Для снижения потерь азота (особенно при больших дозах) целесообразно дробное внесение азотных удобрений: 60-70 % – до посева и 40-30 % – в подкормку в фазе появления четвертой пары листьев. В условиях возможного вымывания калия, особенно при больших дозах его, в зонах достаточного увлажнения допустимо перенесение части общей дозы из основного внесения в подкормку (до 30-40 %) одновременно с азотными удобрениями или в более поздний период до смыкания рядков. Эффективность азотно-калийных подкормок

резко возрастает в условиях орошения. Можно планировать подкормки жидкими органическими удобрениями.

На свёкле можно проводить две *подкормки*:

1-я – при образовании первой пары настоящих листьев NP по 15-20 кг/га д.в.,

2-я – перед смыканием рядков N₂₀K₆₀ или РК по 20-30 кг/га д.в.

Применение микроудобрений. Обработка семян перед посевом борными удобрениями (или внесение их до посева или в подкормки) – один из залогов получения высоких урожаев корней с хорошим содержанием сахара и отсутствием поражений гнили сердечка. Дозы бора в основное – 1,0-1,5 кг/га, припосевное – 0,4 кг/га, некорневая подкормка – 200-250 г/га, обработка семян – 0,01-0,05 % раствором при расходе 10 л на 1 ц семян.

Формы удобрений. Навоз и другие органические удобрения под неё следует применять только в перепревшем состоянии, так как менее разложившийся навоз вызывает ветвление корнеплодов, что снижает качество и лёжкость их при хранении. Свёкла не реагирует на хлор и положительно отзывается на натрий, поэтому лучшие формы калийных удобрений – натрийсодержащие сырые калийные соли и 40%-ная калийная соль. Из азотных – селитры, фосфорных – водорастворимые.

Сроки внесения удобрений. Известковые, органические, фосфорные и калийные удобрения вносят под основную обработку почвы осенью, а азотные – в зонах достаточного увлажнения и орошаемого земледелия – весной под предпосевную обработку.

3.5.3. Удобрения турнепса и брюквы

Для них пригодны все предшественники кроме родственного семейства (крестоцветные). Лучшими предшествен-

никами являются озимые, картофель, овощные, кукуруза, бобовые и зернобобовые. В формировании урожая брюквы и турнепса большую роль играет гранулометрический состав, для них предпочтительны среднесуглинистые почвы. Сбор сухой массы брюквы, выращиваемой на суглинистых почвах, в 1,5 раза выше, чем на супесчаной, а у турнепса - в 1,2 раза. Они не требовательны к плодородию, менее требовательной культурой из них является турнепс.

Брюква прекрасно отзывается на окультуренность. Так, урожайность без удобрений на слабоокультуренной почве составила 277 ц/га, на хорошо окультуренной – 723 ц/га, при внесении НРК по 60 кг/га урожайность, соответственно, повысилась до 384 и 965 ц/га. Данные культуры способны усваивать из почвы труднодоступные формы фосфора и калия.

Турнепс прекрасно отзывается на органические удобрения. На средне-окультуренных почвах оптимальной является доза 60 т/га. С увеличением доз органических удобрений увеличивается и урожайность. Под турнепс нельзя вносить свежий навоз, так как он вызывает дуплистость корнеплодов и снижает лёжкость. Свежий навоз лучше вносить под предшественник. Турнепс хорошо отзывается на минеральные удобрения (НРК) по 90-120 кг/га, желательно чтобы дозы калийных удобрений были выше азотных в 1,5-2 раза. Максимальные урожаи обеспечивает совместное внесение органических и минеральных удобрений. На фоне 40-60 т/га органических удобрений на дерново-подзолистых почвах дозы минеральных следующие: $N_{60}P_{60}K_{60}$. Дозы удобрений зависят от уровня урожайности (табл. 36).

Таблица 36

Дозы удобрений под турнепс [19]

Урожайность ц/га	Навоз, т/га	Минеральные удобрения, кг/га						
		N	P ₂ O ₅			K ₂ O		
			>120	60-120	<20-60	>150	70-120	<70
400	30	70-90	60	80	100	70	90	100
500	40	100-110	80	90	120	90	120	150
600	50	120-130	100	110	140	110	150	170

Внесение азота свыше 160 кг/га приводит к дуплистости и образованию большого количества треснувших корней.

Дозы *припосевного* удобрения как на свёкле.

На турнепсе можно планировать две *подкормки*:

1-я – при образовании первой пары настоящих листьев
 NP по 15-20 кг/га д.в.,

2-я – перед смыканием рядков РК по 20-30 кг/га д.в.

Формы удобрений – любые.

Удобрение брюквы. Данная культура возделывается на незначительных площадях, так как в нашей зоне выращивается рассадным способом. Особое значение для брюквы имеет навоз или хорошо приготовленные компосты (табл. 37)

Таблица 37

Действие навоз на урожайность брюквы
 (данные Московской опытной станции), ц/га

Доза, т/га		
18	36	54
312	408	477

На среднекультуренных почвах оптимальной дозой является доза 60 т/га. Прибавки от органических удобрений составляют 50-100 ц/га. С увеличением доз органических удобрений увеличивается и урожайность. Можно вносить одни минеральные удобрения, но она, по сравнению с другими корнеплодами, слабо отзывается на калийные удобрения, так как корневая система хорошо усваивает калий почвы. Дозы удобрений зависят от уровня урожайности (табл. 38).

Таблица 38

Дозы органических и минеральных удобрений под брюкву [10]

Урожайность ц/га	Навоз, т/га	Минеральные удобрения, кг/га						
		N	P ₂ O ₅			K ₂ O		
			>120	60-120	<20-60	>150	70-120	<70
400-500	30-40	60-110	60	100	160	80	120	170
500-600	50-60	70-100	70	120	170	90	130	180

Дозы *припосевного* удобрения и подкормки как на турнепсе, только подкормки можно проводить в любое время.
Формы удобрений – любые.

3.5.4. Удобрение кормовой моркови

Для неё наиболее пригодны плодородные супесчаные и легкосуглинистые почвы, хорошо удаётся на торфяниках. На кислых почвах требуется проводить известкование для улучшения фосфорного питания.

Эта культура хорошо отзывается на применение органических удобрений, рекомендуется вносить компосты или навоз 30-40 т/га (табл. 39).

Таблица 39

Дозы органических удобрений для моркови

Содержание органического вещества, %	1-2	2-3	3-5
Дозы навоза, т/га	30-40	20-30	последствие

Во избежание высокой засорённости посевов под неё вносят перепревший навоз, свежий и полуперепревший – под предшественник.

При использовании свежего навоза развивается корнеплод неправильной формы: разветвлённый и утолщенный.

Данная культура хорошо отзывается на применение минеральных удобрений. Дозы минеральных удобрений зависят от типа почв и составляют $N_{45-60}P_{60-120}K_{90-210}$ (табл. 40). Прибавки от применения минеральных удобрений составляют 80-150 ц/га.

Таблица 40

Примерные дозы минеральных удобрений под морковь, кг/га, [19]

Типы почв	N	P_2O_5	K_2O
Дерново-подзолистые	45-60	60-90	90-120
Пойменные	45-60	60-90	150-210
Торфяники	45-60	90-120	120-180
Чернозёмы	45-60	60-90	60-90

При посеве на всех типах почв следует вносить суперфосфат (7,5-10 кг/га P_2O_5) или нитрофос (N-3, P_2O_5 -7 кг/га), **подкормки** целесообразны только, если до посева весной по каким-то причинам вся доза не внесена сразу. Подкормка проводится в фазу 3-4 листьев $N_{15}P_{10}K_{20}$ или NP по 15-20 кг/га.

Применение микроудобрений. На нейтральных почвах морковь хорошо отзывается на применение микроудобрений – бор, цинк, марганец, медь. Рекомендуется обработка семян водными растворами следующей концентрации: Zn – 0,5 %, Cu – 0,5 %, KMnO_4 – 0,2 %.

Формы удобрений. Из азотных мочевины или медленнодействующие (мочевиноформальдигид), так как 55-60 % азота поглощается в августе; из фосфорных – двойной суперфосфат и комплексные; из калийных – сульфат калия, метафосфат калия, калимагнезия.

Сроки внесения. Перепревший навоз (или компост) с известковыми (если нужно) и фосфорно-калийными удобрениями вносят осенью под основную обработку, азотные – весной.

Контрольные вопросы:

1. Особенности развития и питания кормовых корнеплодов и их роль в животноводстве. 2. Отношение корнеплодов к реакции почвенной среды, известкованию и уровню минерального питания. 3. Динамика потребления элементов питания корнеплодами и её значение при применении удобрений. 4. Отношение корнеплодов к формам минеральных удобрений.

3.6. Удобрение силосных культур

3.6.1. Особенности питания и удобрение кукурузы

Особенности питания. В Нечерноземной зоне кукурузу в основном возделывают на зеленую массу, так как она весьма требовательна к теплу, сумма эффективных температур должна быть не менее 1700°C. Для появления дружных всходов температура почвы должна быть 10-12°C. При температуре ниже 10°C прирост биомассы прекращается, при заморозках – 3-4°C всходы погибают. Поэтому посев кукурузы в Пермском крае необходимо вести после 15-20 мая, когда среднесуточные температуры воздуха перейдут через + 10°C. Её посевы размещают на южных, юго-восточных склонах.

Корневая система мочковатая, хорошо развита, проникает на глубину от 1,5 до 3 м. С ростом вегетативной массы образуются воздушные корни. Основная масса корней расположена в пахотном слое и разрастается в сторону до 1,2 м. Поэтому под неё не всегда целесообразно проводить глубокие междурядные обработки. Первую обработку проводят на глубину 10-12 см, вторую – 6-8 см. Особенностью корневой системы является её способность восстанавливаться.

Кукуруза – растение засухоустойчивое, но в отношении влаги проявляются два критических периода – за 10 дней до выбрасывания метёлки и последующие 20 дней после окончания цветения. Для формирования урожая кукурузы 350-400 ц зелёной массы необходимо выпадение 260-300 мм осадков в летние месяцы. [2]

Высокие урожайные возможности кукуруза может реализовать только на хорошо окультуренных, богатых гумусом и питательными веществами и хорошими водно-физическими свойствами почвах, свободных от проволочника. Она предпочитает почвы лёгкого гранулометрического состава с рН 6,0–7,5, лучшими являются чернозёмы, темно-серые, пойменные, дерново-карбонатные, дерново-бурые. Кукуруза плохо растёт на тяжёлых заплывающих почвах. Хорошо отзывается на окультуренность почв.

Кукуруза с урожаем 1 т зелёной массы выносит примерно азота 2,5 кг, фосфора 2,0 и калия 3,6 кг. Питательные элементы кукуруза потребляет до восковой спелости зерна, но наиболее интенсивно (до 90 % общей потребности) – с фазы 9-10 листьев до молочного состояния зерна (табл. 41). В начальные периоды роста (от всходов до 4-х–5-ти листьев) кукуруза растёт медленно и потребляет очень мало питательных элементов (до 5-7 % общей потребности), но нуждается в

водорастворимых их формах, поэтому допосевное (органические, фосфорно-калийные и частично азотные удобрения) и припосевные удобрения для неё обязательны. Наиболее интенсивно потребление питательных веществ отмечается в фазы выметывания метёлки и цветения. В это время прирост растений в высоту составляет 10-12 см в сутки. Критическими периодами в формировании урожая являются фаза 2-3 листьев, когда происходит закладка листьев и фаза 6-7 листьев, когда идёт формирование початков.

Таблица 41

Динамика накопления питательных веществ кукурузой
(в % от максимального) [8]

Фаза развития	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
4-5 листьев	0,33	0,19	0,2
9-10 листьев	4,2	2,5	4,4
Выбрасывание метёлки	43,5	33,3	69,0
Цветение	61,4	61,0	78,6
Молочное состояние	89,1	87,8	95,0
Восковая спелость	100,0	94,4	100,0
Полная спелость	93,3	100,0	81,8

В процессе вегетации поглощение элементов питания идёт по-разному. Поглощение азота продолжается до созревания, но максимум его приходится на период за 2-3 недели до выбрасывания метёлки. На дерново-подзолистых и серых лесных почвах, чаще всего для создания высоких урожаев не хватает азота.

Фосфор кукуруза потребляет до полного созревания, но он очень необходим в период появления всходов, поскольку способствует лучшему развитию корневой системы и в фазе 4-6 листьев для более раннего образования початков. Максимум потребления его приходится на период формирования семян. Наибольшие требования к внесению фосфорных удобрений кукуруза предъявляет на слабовыщелоченных, мощных и обыкновенных чернозёмах.

Калий интенсивно потребляется в 1-ю половину вегетации, и максимум поступления калия идёт до фазы вымётывания метёлки. Потребность в калийных удобрениях возникает на легких по гранулометрическому составу дерново-подзолистых, торфяниках и пойменных почвах, на всех почвах после предшественников, потребляющих много калия (картофель, корнеплоды, травы).

Недостаток питательных веществ в почве ведёт к отклонениям в росте и развитии растений кукурузы. При недостатке азота в начальный период вегетации рост растений замедляется, листья имеют желтовато-зелёную окраску, продолжительность их жизни сокращается. В более позднее время недостаток азота приводит к образованию меньшей ассимилирующей поверхности листьев. Азотное голодание кукурузы чаще всего проявляется в период интенсивного роста вегетативных органов и при формировании початков. При недостатке фосфора в ранний период развития кукуруза растёт медленно.

При затяжной и холодной весне иногда растения приобретают красновато-фиолетовый оттенок. В более поздний период развития при недостатке фосфора наблюдается медленный рост, слабое развитие корневой системы, затягивается выход рылец пестиков из обёрток початков, и образуются недоразвитые початки. При калийном голодании проростки и молодые растения растут медленно, слабо развивается её корневая система, и растения чаще полегают. Початки остаются плохо выполненными. Характерный признак недостатка калия у кукурузы – краевой «ожог» листьев, при котором края листовых пластинок и верхушки приобретают жёлтую или желтовато-коричневую окраску с красными крапинками, как при поражении ржавчиной.

Удобрение кукурузы. При возделывании кукурузы даже на слабокислых почвах следует проводить известкование по полной величине гидролитической кислотности. Известь нужно вносить с осени. Основным условием получения высоких урожаев, наряду с известкованием почв является внесение органических удобрений. С увеличением доз органических удобрений возрастает урожайность: при внесении 20 т/га органических удобрений прибавка составила 100 ц/га, 40 т/га – 136 ц/га и 60 т/га – 178,4 ц/га. Средние дозы органических удобрений под кукурузу от 60 до 80 т/га в зависимости от влагообеспеченности, гранулометрического состава почвы. Из органических удобрений можно вносить жидкий бесподстилочный навоз в дозах по азоту до 200 кг/га или 75 % от суммарной потребности в азоте. При возделывании её на постоянном участке повторно вносят органические удобрения через 5-6 лет. При внесении органических удобрений в средних дозах прибавки зелёной массы составляют 80-100 ц/га. Органические удобрения вносят под зябь или весной под перепашку зяби.

Дозы минеральных удобрений изменяются еще значительнее в зависимости от названных факторов, а также от уровней плановых или возможных урожаев.

Азотные удобрения вносят от 60 до 180 кг/га, фосфорные – 60-90 и калийные – 60-120 кг/га д.в. На почвах Предуралья в минимуме для кукурузы находится азот, с ростом доз азотных удобрений не только увеличивается урожайность, но повышается содержание сырого протеина.

При внесении в эквивалентных по питательным элементам дозах кукуруза лучше отзывается на органические удобрения, а наивысший эффект достигается при сочетании оптимальных доз органических и минеральных удобрений.

Они обеспечивают равномерное питание растений при благоприятной концентрации солей в течение всего вегетационного периода. На окультуренных дерново-подзолистых, пойменных почвах при благоприятных погодных условиях для получения урожайности зелёной массы 500-600 ц/га на фоне 30-40 т/га органических удобрений достаточно вносить $N_{90-120}PK_{60-90}$, на менее окультуренных дозы минеральных удобрений составляют $(NPK)_{90-120}$. На почвах Предуралья могут быть рекомендованы следующие дозы: навоз – 40-60 т/га, $N_{90-120}P_{30-60}K_{30-45}$. В целях заметного повышения белковости корма соотношение азота и фосфора во вносимых удобрениях, как минимум должно быть 2:1.

Фосфорно-калийные в качестве основного удобрения вносят с осени, азотные – весной. Можно все минеральные удобрения дать весной под культивацию.

Припосевное удобрение. Высокий эффект даёт рядковое внесение гранулированного суперфосфата. Дозы припосевного удобрения должны быть минимальными (P_{7-10} или N_3P_7), так как в период прорастания корневая система очень чувствительна к повышенной концентрации почвенного раствора.

Подкормки. Азотные удобрения под кукурузу из-за медленного роста до фазы 4–5 листьев следует вносить дробно: 30-40 % дозы до посева, остальное – в подкормку в фазе 5–6 листьев, а при сочетании с органическими всю дозу азотных удобрений лучше вносить в подкормку, роль и эффективность которой значительно возрастает с улучшением влагообеспеченности посевов. В зонах достаточного увлажнения и орошения, особенно на легких по гранулометрическому составу почвах, наряду с азотными в подкормки переносят до 50 % общей дозы калийных удобрений. Можно отметить два периода, когда кукуруза отзывчива на подкормки: фаза 2-3-х

листьев – подкормка азотно-фосфорными удобрениями по 20-30 кг/га д.в., фаза 5-6 листьев – азотно-калийными удобрениями по 20-40 кг/га д.в. Подкормки лучше давать в жидком виде. Первую подкормку проводят при высоте растений 15-20 см на расстоянии 10 см по обе стороны рядка, вторую – в середину междурядий.

Кукуруза отзывчива на *микроудобрения*. На дерново-подзолистых известкованных почвах она хорошо реагирует на цинковые микроудобрения. Почвенный цинк при известковании и применении большого количества фосфорных удобрений снижает доступность цинка, а также на постоянных участках с высокой урожайностью выносится значительное количество цинка из почвы. Поэтому необходимо восполнять его в почве. Лучший способ применения цинка – включение сернокислого цинка в гидрофобную плёнку при инкрустации семян. Такая плёнка защищает семена от гниения в почве, повышает холодостойкость проростков, улучшает образование початков, что, в конечном итоге, повышает урожайность. На чернозёмах повышается потребность в марганцевых удобрениях. Дозы основного внесения 1-2 кг/га, при некорневой подкормке – $MnSO_4$ (концентрация раствора 0,01- 0,05 %).

Кукурузу во всех зонах можно возделывать в севооборотах по различным предшественникам, а также в бессменных посевах на выводных полях севооборотов. Причем, в последнем случае это и успешный прием борьбы с сорняками триазиновыми гербицидами, и повышение плодородия бедных почв при интенсивном удобрении кукурузы известковыми, органическими и минеральными удобрениями.

Отношение к формам удобрений. Из фосфорных удобрений следует выделить суперфосфат (в зависимости от необ-

ходимости обогащенный тем или иным микроэлементом), из азотных – жидкий аммиак при наличии техники (в бессменных посевах еще и как средство уничтожения проволочника), мочевины; из калийных – лучше бесхлорные формы, а в отсутствии их – осеннее внесение хлористого калия.

3.6.2. Особенности питания и удобрение подсолнечника

Особенности питания подсолнечника. Подсолнечник является одной из самых распространенных силосных культур Нечернозёмной зоны, но поедается хуже кукурузы, из-за высокой влажности силос получают низкого качества. Во время силосования для удаления избытка воды необходимо добавлять измельчённую солому из расчёта 10-15 % от силосной массы. Для улучшения поедаемости и качества силоса его целесообразно возделывать с горохом. Посев гороха проводят в поперечном направлении по 90-100 кг/га. Уборку смеси начинают в фазе цветения подсолнечника, а горох находится в фазе зелёной спелости. Сбор протеина достигает 100 и более граммов на 1 к.ед. Смесь убирают на 7-10 дней раньше по сравнению с чистым посевом подсолнечника.

Семена подсолнечника прорастают при температуре 4-6°С. Всходы без особых повреждений переносят заморозки до 6°С. Он обладает мощной корневой системой, проникающей на глубину 4-5 м, способной поглощать труднодоступные формы калия и фосфора из почвы и удобрений. Соотношение потребляемых элементов N:P:K при выращивании на зелёную массу во всех регионах – 1,7:1:5. Вынос 1 т зелёной массы составляет N – 2,9 кг, P₂O₅ – 0,8 кг и K₂O – 6 кг, то есть это очень сильный калиелюб. Поглощение питательных веществ идёт неравномерно (табл. 42).

Динамика накопления питательных веществ
подсолнечником (в % от максимального)[13,14]

Фаза развития	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
2 пары листьев	1,3	0,7	0,8
4 пары листьев	6,5	2,5	2,8
6 пар листьев	13,1	5,4	7,3
Начало образования корзинок	54,1	27,2	45,4
Начало цветения	54,6	29,2	46,5
Полное цветение	64,5	33,2	56,2
Налив семян	98,0	67,2	81,8
Корзинки жёлтого цвета	100,0	100,0	100,0

В первый период подсолнечник выносит мало питательных веществ, но отмечается критический период по отношению к фосфору не на всех почвах, а на бедных и в отношении азота. Максимальный вынос приходится на период формирования корзинок, цветения и начала созревания семян. Азот подсолнечник усиленно потребляет от начала образования корзинки до налива зерна; избыток его, особенно при недостатке фосфора, резко снижает масличность семян. Фосфор интенсивно потребляется подсолнечником от всходов до цветения и при наливе семян, а калий – в фазе образования корзинки. Благодаря мощной корневой системе эта культура может использовать питательные элементы из подпахотных слоев и материнской породы почвы.

Азот в сочетании с другими элементами питания усиливает рост растений, способствует формированию крупных корзинок. Фосфор способствует более мощному развитию корневой системы, заложению репродуктивных органов с большим числом зачаточных цветков в корзинке. При достаточном фосфорном питании ускоряется развитие растений, экономнее используется влага, повышается устойчивость к засухе, повышается содержание жира. Калий оказывает положительное влияние на фотосинтез и углеводный обмен.

В первые 2-3 недели подсолнечник растёт медленно, со второй половины июня его темпы возрастают и достигают максимума в период от бутонизации до начала цветения (с 25 июля до 5-10 августа). Аналогично складывается и ход формирования урожая зелёной массы.

Для него лучшими почвами являются нейтральные, богатые кальцием, по гранулометрическому составу среднесуглинистые. Оптимальная реакция почвы для подсолнечника близка к нейтральной (рН 6,0-6,8), поэтому на более кислых почвах необходимо известкование почвы непосредственно под подсолнечник или предшествующую культуру. Наиболее благоприятные для подсолнечника дерново-глебоватые почвы. Однако при внесении достаточных доз удобрений хороший урожай можно получать и на дерново-подзолистых почвах. Для предотвращения поражений болезнями размещать его повторно в одном и том же поле следует не чаще чем через 7 – 8 лет.

Удобрение подсолнечника. Система удобрения подсолнечника включает основное удобрение, припосевное и подкормку. Подсолнечник хорошо отзывается на органические удобрения, средние дозы которых на разных почвах составляют 40-60 т/га. Навоз и другие органические удобрения вносят до посева под основную обработку почвы, осенью.

Это позволяет получать прибавку зелёной массы 50-150 ц/га, и чем выше доза органических удобрений, тем выше урожайность.

Подсолнечник хорошо отзывается на применение минеральных удобрений. Средняя доза минеральных удобрений $N_{90}P_{60}K_{90}$. По фону 30-40 т/га навоза требуется вносить $N_{60}P_{30}K_{60}$. В зависимости от окультуренности почвы, доз органических удобрений, плановых и возможных урожаев подсолнечника дозы минеральных удобрений значительно изме-

няются. На дерново-подзолистых почвах Пермского края для получения зелёной массы 250-350 ц/га рекомендуется вносить 30-40 т/га органических удобрений и полное минеральное удобрение с преобладанием в них азотных – N₉₀₋₁₂₀. Фосфорно-калийные следует применять согласно агрохимическим картограммам.

Припосевное удобрение. Большой эффект даёт припосевное внесение суперфосфата. Дозы внесения суперфосфата составляют 10-30 кг/га д.в., на бедных почвах эффективно внесение азота и фосфора N₁₀₋₁₅ и P₁₅₋₃₀ в виде диаммофоса или нитроаммофоса по 10-15 кг/га д.в. При припосевном внесении суперфосфата семена и удобрения должны быть разделены слоем почвы, так как суперфосфат содержит свободную ортофосфорную кислоту, которая отрицательно сказывается на всхожести семян.

Подкормку можно рекомендовать: первую в фазе 2-3-х листьев NP по 20-30 кг/га и вторую, если выращивается на семена, в начале образования корзинок (РК) по 20-30 кг/га. Подкормки лучше давать в жидком виде и на глубину 10-12 см. Первую подкормку проводят на расстоянии 12-15 см по обе стороны рядка, вторую – в середину междурядий.

Применение микроудобрений. Подсолнечник отзывчив на борные и медные микроудобрения.

По отношению к формам минеральных удобрений не требователен, можно применять любые формы.

Сроки внесения. Известковые, органические, фосфорные и калийные удобрения следует вносить с осени под основную обработку почвы. На всех почвах высокоэффективны навозно-фосфоритные компосты. В зонах достаточного увлажнения и при орошении азотные удобрения следует вносить весной под предпосевную обработку почв, при этом

большую или меньшую часть их, в зависимости от наличия и дозы органических удобрений, можно оставлять для подкормки в фазе начала образования корзинки.

3.6.3. Особенности питания и удобрение рапса

Особенности питания рапса. В нашем крае возделывают в основном яровой рапс. Семена способны прорасти при температуре 1-3°C, всходы переносят заморозки до 3-5°C, а взрослое растение до – 8°C, то есть данная культура морозостойкая. Он имеет мощную, хорошо развитую корневую систему, проникающую на глубину до 2-х м, а боковые разветвления углубляются до 25-50 см. Яровой рапс – растение влаголюбивое, наибольшая потребность в воде в период цветения и налива семян. Это растение длинного дня. В условиях Пермского края при посеве в ранние сроки ускоряется его развитие, быстро зацветает, затем созревает и не обеспечивает высокого урожая зелёной массы. В ранние сроки его лучше сеять для получения семян. При посеве в условиях короткого дня, растение задерживается в своём развитии и даёт большой урожай зелёной массы. Рапс культура влаголюбивая, за период вегетации он потребляет воды в 1,5-2,0 раза больше, чем яровые зерновые.

На корм рапс можно возделывать в несколько сроков, широко используя его в промежуточных, поукосных, пожнивных и повторных посевах. Продолжительность вегетационного периода 80-110 дней. От всходов до цветения 45-60 дней. В годы с обильными осадками он способен давать два укоса. Произрастает на любых почвах, кроме тяжёлых и песчаных по гранулометрическому составу. Не переносит кислых и заболоченных почв. Высокие урожаи даёт на хорошо и среднекультуренных почвах. Оптимальная реакция раствора рН 6-6,5. К предшественникам особых требований не предъявляет.

Нельзя его размещать в свекловичном севообороте, так как он является хозяином нематоды, и после клевера сильно сам поражается склеротинией.

Рапс требователен к уровню минерального питания. Соотношение N:P:K=1:0,45:0,85 подчеркивает высокую потребность рапса в азоте. Примерный вынос элементов питания 1 т семян N – 50-60 кг, P₂O₅ – 25-35 кг, K₂O – 40-90 кг, 1 т зелёной массы N – 3,5-5,5, P₂O₅ – 1-2 и K₂O – 6,0-7,5 кг.

С 350 ц зелёной массы вынос азота составляет около 190 кг, фосфора – 30 кг и калия – 230 кг. Поглощение элементов питания идёт неравномерно. В фазе всходов отмечается критический период – в отношении фосфора и на бедных почвах – в отношении азота. Максимальное потребление питательных веществ отмечается перед цветением.

Удобрение рапса. При возделывании на кислых почвах необходимо их известковать по полной гидролитической кислотности. Са и Mg для него имеет также важное значение как элементы питания. Потребность озимого рапса в кальции и магнии составляет, соответственно, 110-130 и 30-40 кг/га, ярового рапса – 70-90 и 20-30 кг/га. Если лёгкие почвы имеют недостаточное количество обменного Са и Mg, то внесение известняковой или доломитовой муки даже при нейтральной реакции, повышает урожай рапса и содержание в нем масла. Известкование лучше проводить под предшественник.

Рапс прекрасно отзывается на органические удобрения. Их вносят в количестве 40-60-100 т/га в год посева или под предшествующую культуру.

Рапс очень много потребляет азота, для создания одной тонны семян с соответствующим количеством побочной продукции затрачивается в среднем 60 кг азота, при урожайности семян 20 ц/га вынос данного элемента составляет 160-

170 кг/га. Дозы внесения азота и фосфора составляют 60-120 кг/га. Высокая обеспеченность рапса фосфором оказывает существенное влияние на урожай семян и устойчивость к неблагоприятным условиям. Потребность рапса в фосфоре значительно выше, чем у зерновых культур. При дефиците фосфора заметно снижается интенсивность роста растений, задерживается также начало цветения, что приводит к снижению урожайности семян. Наиболее интенсивное потребление фосфора растениями (до 3 кг/га P_2O_5 за день) наблюдается в фазы стеблевания – цветения. Благодаря глубоко проникающей корневой системе рапс использует фосфаты не только пахотного, но и подпахотных горизонтов почвы. Более того, как установлено в последние годы, его корни обладают фосфатмобилизующей способностью и могут усваивать неподвижные фосфаты почвы. Поэтому при содержании в почве подвижных фосфатов (P_2O_5) 120-150 мг/кг рапс удовлетворяет свои потребности в фосфоре преимущественно (на 70-80 %) за счет его запасов в почве.

Он обладает высокой потребностью в калийных удобрениях. При недостатке калия снижается рост корней и надземных органов растений, уменьшается холодостойкость рапса, устойчивость к полеганию, что приводит к снижению урожайности семян.

При хорошей обеспеченности рапса калием образуется больше цветков, завязывается больше семян. Наиболее интенсивное потребление калия растениями происходит в период активного роста листовой массы. Дозы калийных удобрений составляют 90-240 кг/га.

Рапс требователен к магнию, он необходим во время цветения и образования семян. Потребность рапса в магии составляет примерно 20-35 кг/га. Для устранения недостатка магния целесообразно использовать в качестве известкового удобрения доломитовую муку.

В зависимости от уровня урожайности и обеспеченности почв элементами питания в Предуралье по фону 30-40 т/га навоза рекомендуемые дозы минеральных удобрений – $N_{30-60}P_{60-80}K_{60-80}$, без навоза – $N_{120-160}P_{60}K_{150-180}$. Рапс хорошо отзывается на внесение 20-40 кг/га серы. Минеральные удобрения вносят осенью, весной и летом. Фосфорно-калийные – осенью; азотные – дробно: по 60-80 кг весной и летом после первого укоса. При возделывании на зерно по данным А.В. Мокрушиной и др. [15] оптимальная доза минеральных удобрений $N_{90}P_{60}K_{60}$. (табл. 43).

Влияние различных форм азотных удобрений на урожайность и качество зерна рапса ярового проводили в Башкирском ГАУ (табл. 44).

Таблица 43

Урожайность ярового рапса, т/га, [15]

Дозы удобрений	Среднее за два года исследований	Прибавка
Без удобрений	0,44	
N_{30}	0,78	0,34
N_{60}	1,09	0,65
N_{90}	1,46	1,06
N_{120}	1,77	1,33
$N_{30}P_{60}K_{60}$	1,88	1,44
$N_{60}P_{60}K_{60}$	2,27	1,83
$N_{90}P_{60}K_{60}$	2,55	2,11
$N_{120}P_{60}K_{60}$	2,66	2,22
НСР ₀₅ – главных эффектов		0,09
НСР ₀₅ – частных различий		0,12

Таблица 44

Урожайность ярового рапса, т/га, [23]

Варианты опыта	Урожайность, т/га	Прибавка		Окупаемость 1 кг д.в. N	Масса 100 семян, г	%	
		т/га	%			масличность	сырой протеин
$P_{60}K_{60}$ контроль	1,58	-	-	-	2,8	39,90	23,65
Фон + $(NH_4)_2SO_4$	2,12	0,54	34,1	9,0	3,2	41,32	23,77
Фон + $CO(NH_2)_2$	2,04	0,46	29,1	7,7	3,0	40,92	23,71
Фон + NH_4NO_3	1,96	0,38	24,0	6,3	2,9	40,80	23,65
НСР ₀₅		0,07	-	-	-	0,9	-

Применение азотных удобрений повышало урожайность семян рапса ярового на 24,0-34,1 %, окупаемость 1 кг д.в. азота изменялась от 6,3 до 9,0 кг. Наибольшая прибавка зерна 0,54 т/га . получена при использовании сульфата аммония. внесение сульфата аммония способствовало повышению жира на 1,42 %, сырого протеина на 0,12 % в сравнении с контролем. Действие мочевины и аммиачной селитры на содержание жира и сырого протеина незначительно уступало сульфату аммония.

Припосевное удобрение. Эффективность и дозы припосевного удобрения определяют плодородием почв. На всех почвах рационально вносить суперфосфат вместе с семенами 10-20 кг/га д.в., на бедных – эффективно внесение азота и фосфора $N_{10}P_{17}$, лучшим удобрением является аммофос.

Применение микроудобрений. Рапс очень чувствителен к недостатку бора и марганца. По данным В.В. Кидина [9] при урожае семян 30-35 ц/га вынос бора составляет 200-300 г, марганца 0,5-1,0 кг. Недостаток бора очень часто проявляется на песчаных почвах и после известкования, при его дефиците более эффективно проводить некорневые подкормки из расчёта 0,4-0,5 кг/га борной кислоты. В зоне дерново-подзолистых и серых лесных почв недостаток марганца проявляется крайне редко.

К формам минеральных удобрений рапс не требователен.

Контрольные вопросы:

1. Динамика потребления элементов питания кукурузой, подсолнечником и рапсом и ее значение при применении удобрений.
2. Особенности развития и питания кукурузы.
3. Отношение кукурузы, подсолнечника и рапса к реакции почвенной среды и уровню минерального питания.
4. Отзывчивость данных культур на известкование и сроки внесения извести.
5. Влияние минеральных, органических удобрений и мелиорантов на урожайность кукурузы, подсолнечника и рапса.
6. Влияние азотных, фосфорных и калийных удобрений на качество урожая данных культур.
7. Отношение культур к формам минеральных удобрений.
8. Применение микроудобрений на кукурузе, подсолнечнике и рапсе.

3.7. Удобрение сенокосов и пастбищ

Сенокосы и пастбища являются источником корма для животных, еще и источником наиболее дешевых кормов и важным фактором сохранения плодородия почв. Производство травяных кормов наименее затратное по сравнению с другими сельскохозяйственными культурами. Себестоимость кормовой единицы многолетних трав ниже в 2-2,5 раза, чем кормовой единицы однолетних трав и кукурузы.

На 1 гектаре посевов бобовых и бобово-злаковых трав при среднем урожае за счет растительных остатков накапливается около тонны гумусовых веществ, что равноценно применению 20 т органических удобрений. Сенокосы и пастбища являются важным противоэрозионным средством, а также препятствуют выщелачиванию элементов питания.

Однако под сенокосы и пастбища обычно отводят менее пригодные почвы в хозяйстве. Почвы кормовых угодий значительно хуже обеспечены элементами питания и имеют более кислую реакцию среды, чем пашня. Бобовые многолетние травы более требовательны к плодородию почвы, чем злаковые, и хорошо растут на почвах с реакцией среды близкой к нейтральной. Злаковые многолетние травы дают высокие урожаи и на менее плодородных почвах со слабокислой реакцией среды.

По способу использования растительности луга могут быть сенокосными и пастбищными. Урожайность сенокосов и пастбищ в Предуралье низкая и составляет 7-9 ц/га сена. Одним из важнейших приёмов повышения продуктивности кормовых угодий в районах с достаточным количеством осадков – применение удобрений.

Потребность пополнения содержания в почве на сенокосах и пастбищах различных питательных веществ с помо-

щью удобрений обуславливается характером травостоя, особенно соотношением в нем бобовых и злаковых трав, способом использования кормового угодия, плодородием почвы, условиями увлажнения и многими другими факторами.

В зависимости от места нахождения естественные луга и пастбища бывают суходольными, низинными, пойменными или заливными, болотными и лесными.

Суходольные занимают повышенные части рельефа и склоны. Условия здесь неблагоприятные. Основные причины – бедные почвы и неустойчивое увлажнение. Увлажнение идёт в основном за счёт атмосферных осадков. Преобладают малоценные травы. Урожайность не превышает 5-8 ц/га.

Низинные луга расположены на более низких частях рельефа, близко залегают богатые кальцием и магнием грунтовые воды. Почвы темноцветные с большим содержанием органического вещества. Урожайность без внесения удобрений составляет 12-18 ц/га.

Пойменные или заливные луга расположены в долинах крупных и малых рек. Почвы рыхлые, плодородные. Урожайность составляет 18-20 ц/га.

Болотные луга расположены в долинах рек и озёр, на месте бывших водоёмов при выходе грунтов вод на поверхность, урожайность составляет 10-15 ц/га.

Лесные – лесные поляны, вырубки, гари. Они быстро зарастают кустарником и мелколесьем. Урожайность составляет 6-10 ц/га.

Основными типами угодий в Пермском крае являются суходольные и лесные (83,4 %), низинные и пойменные занимают 10,4 % и заболоченные – 6,2 %. [14]

Травы на сенокосах и пастбищах растут с весны до поздней осени. Это обуславливает повышенную потребность

в питательных веществах. Потребность в них возрастает при многократном скашивании или стравливании. Это объясняется тем, что молодая трава отличается более высоким содержанием питательных веществ. Повышенная потребность сенокосов и пастбищ в удобрениях обуславливается ещё тем, что значительная часть питательных веществ закрепляется в мощно развитой корневой системе трав. При отсутствии ежегодной перепашки, питательные вещества корневой системы надолго выпадают из биохимического круговорота веществ.

Пастбища обычно нуждаются в более высоких дозах удобрений, так как стравливаются в более ранние фазы. В 1 т лугового сена содержится 15-20 кг азота, 4-5 кг фосфора и 15-20 калия, в 1 т пастбищной травы, соответственно, 25-30 кг азота, 6-7 кг фосфора и 30-35 калия. По данным ВНИИ кормов, при урожайности кормового угодья 36,4 ц/га вынос азота составляет 49,6 кг; при пастбищном – 91,5 кг/га.

На пастбищах и при многоукосном использовании сенокосов растения удаляют в ранние фазы развития, они содержат большое количество азота и калия, умеренное – фосфора, поэтому многолетние травы в первую очередь нуждаются в азотном удобрении, а затем, в зависимости от свойств почв, – в фосфорно-калийных удобрениях. Вынос азота с урожаем трав на естественных сенокосах и пастбищах составляет 60-120 кг/га, на культурных – до 200-300, а при орошении – до 400 кг/га. При сбалансированном питании соотношение элементов N:P:K в урожае трав обычно составляет в среднем 1:0,33:0,8-1,2.

При планировании системы питания естественных трав необходимо учитывать ботанический состав, особенно соотношение в них бобовых и злаковых растений. Злаковые больше нуждаются в азоте, бобовые в фосфоре и калии.

Бобовые менее устойчивы в травостоях, чем злаковые травы. Выпадение бобовых многолетних трав связано с вымерзанием, вымоканием, выпреванием, неблагоприятной кислотностью почвы, с плохой обеспеченностью фосфорно-калийными удобрениями.

Наиболее интенсивно элементы питания бобовые многолетние травы поглощают в фазы бутонизации и цветения. У злаковых трав к этому периоду (к фазам колошения-цветения) практически заканчивается поглощение элементов питания: верховые злаки (тимофеевка, ежа сборная, лисохвост) накапливают почти весь азот и калий и 80-90 % фосфора, а низовые злаки – примерно 70 % азота, 60 % фосфора и 70 % калия. Условия питания оказывают значительное влияние на видовой состав травостоя. Внесенные азотные удобрения, прежде всего, способствуют росту злаковых трав, которые по мере роста начинают активно использовать фосфор и калий из почвы, перехватывая его у бобовых. Следовательно, внесение азотных удобрений способствует увеличению доли злаковых в травостое за счет бобовых компонентов, а фосфорные и калийные удобрения, наоборот, увеличивают долю бобовых в травостое.

Поглощение азота и зольных элементов в значительной мере зависит от нарастания органической массы и продолжительности прохождения растениями фаз развития. Чем короче вегетационный период и меньше требуется времени для прохождения фаз растению, тем интенсивнее оно накапливает органическое вещество и поглощает питательные вещества. Так, лисохвост и овсяница луговая являются более требовательными, чем мятлик луговой и тимофеевка. Поглощение питательных веществ у первой группы происходит за более короткий период.

Действие удобрений на продуктивность сенокосов и пастбищ в значительной мере определяется их типом и почвами, на которых они произрастают.

На естественных сенокосах и пастбищах, расположенных на суходольных и пойменных лугах с преобладанием злаковых трав, наиболее эффективно сочетание всех видов минеральных удобрений, на торфяно-болотных почвах эффективны калийные и медные в сочетании с фосфорными и иногда азотными удобрениями.

Эффективность фосфорно-калийных удобрений возрастает с увеличением влажности и доли бобовых в травостое, а также с улучшением азотного питания трав.

Более высокое действие фосфорных удобрений проявляется на сеяных лугах, расположенных на торфяных почвах и низинных лугах, а низкое – на суходольных и заливных. Калийные удобрения более эффективны на болотных и низинных лугах, менее – на суходольных и лесных. Слабая отзывчивость на азотные удобрения отмечена на сеяных лугах, расположенных на окультуренных торфяниках, а также на лугах с высоким содержанием бобового компонента. Максимальная отдача от азота наблюдается на суходольных и заливных лугах (табл. 45). На суходольных лугах, по данным опытов, 1 кг азота окупается 25-30 кг сена и обеспечивает 10-12 к.ед.

Таблица 45

Эффективность азотных удобрений в зависимости от типа луга [19]

Показатели	Суходольные луга				Заливные луга			
	N ₀	N ₃₀	N ₆₀	N ₉₀	N ₀	N ₃₀	N ₆₀	N ₉₀
Урожайность, ц/га	19,8	28,6	37,7	38,5	28,8	35,6	40,4	45,2
Прибавка, ц/га	-	8,0	17,9	18,7	-	6,8	11,6	16,4
Окупаемость 1 кг азота, кг	-	29,3	29,8	20,3	-	22,4	18,3	13,7

На дерново-подзолистых почвах для получения устойчивых урожаев в первую очередь также требуется вносить азотные удобрения ежегодно. Азотные удобрения в повы-

шенных дозах целесообразно вносить в несколько сроков. Такое использование имеет преимущество перед одноразовым, так как обеспечивает более равномерную продуктивность травостоя по отдельным циклам скармливания. Кроме того, не повышается содержание нитратов. Азотные удобрения, применяемые в ранние фазы развития злаков, повышают урожайность сена, а содержание азота в растениях изменяется мало.

Внесение их во вторую половину вегетации слабо влияет на урожай, но существенно повышается количество азотистых веществ в растениях. В зоне достаточного увлажнения азотные удобрения нужно вносить через 3-4 недели после схода снега.

Луговые и пастбищные растения фосфор и калий более интенсивно поглощают в первый период развития, поэтому более эффективным сроком внесения фосфорно-калийных удобрений является начало отрастания и фаза кущения. В эти сроки целесообразно вносить всю дозу фосфорно-калийных удобрений, предусмотренную для данного года. Прибавки сена от 1 кг P_2O_5 в среднем составляют 7-35 кг или 2,8-14,0 к.ед., от 1 кг K_2O до 12-13 кг или около 5,0 к.ед. Прибавки от калия зависят от типа луга: на суходольных – 6,1 кг, низинных – 12,2 кг, пойменных – 5,9 кг и болотных – 17,7 кг. Фосфорно-калийные удобрения можно вносить в запас на 3-4 года. Однако при внесении калийных удобрений в запас может в первые годы происходить накопление калия в растениях, превышающее допустимый уровень его в сене.

В Пермском крае на сенокосах средняя окупаемость 1 кг азота – 25 кг сена, 1 кг фосфора – 14 кг и 1 кг калия – 9 кг.

Соотношение между бобовыми и злаковыми, а среди последних между высоко- и малопродуктивными можно ре-

гулировать видами и дозами удобрений. Если для роста бобовых условия неблагоприятны, а необходимо получать высокую урожайность трав (более 5 тыс. корм. ед. /га), то азотные удобрения являются основным средством достижения цели, причем, срок использования таких угодий составляет 10 и более лет. Бобово-злаковые угодья требуют ремонта (перезалужения) обычно каждые 5-6 лет.

Удобрение сенокосов и пастбищ. Дозы извести и минеральных удобрений зависят от плодородия и влагообеспеченности почв, уровней возможных урожаев и ботанического состава трав, а также других факторов.

Сенокосы. На *абсолютных суходолах* из-за недостаточного увлажнения и преобладания малоценных трав применение удобрений неэффективно, нерационально применение удобрений на *заболоченных низинных щучковых лугах*.

На *суходольных лугах при сенокосном использовании* ежегодно вносят (РК) по 30-45 кг, низинных $P_{40-60}K_{60-90}$. При бобово-злаковой растительности N не вносят. На злаково-разнотравной растительности при одноукосном использовании – N_{30-45} , при 2-укосном – дозу азота увеличивают до 60-90 кг и многоукосном – до 120 кг/га.

На *пойменных (заливаемых) природных сенокосах* Черногоземной зоны при злаковом и злаково-разнотравном травостое рекомендуется ежегодно вносить $N_{45-90}K_{30-60}$. При 2-укосном использовании при внесении N_{45-60} можно получать 40-50 ц/га сена, при дозе азота 90 кг/га – 60-70 ц/га. При многоукосном использовании (3 и более укосов) и орошении дозу азота увеличивают до 120 кг/га, калия – до 90, и фосфор вносят 30-45 кг/га, урожайность сена может составлять 80-90 ц/га.

На *природных суходольных пастбищах* при поверхностном улучшении рекомендуемые дозы удобрений $N_{90-120}P_{45-}$

${}_{60}\text{K}_{60-120}$. Когда доля бобового компонента составляет 30%, то дозу фосфора увеличивают до 75-90 кг/га, калия – до 90-120 кг/га, дозы азотных удобрений уменьшают до 45-60 кг/га. При пастбищном использовании кормового угодья азотные удобрения в небольших дозах 30-45 кг/га вносят в один приём, а при повышенных – после каждого стравливания по 30-45 кг/га.

На окультуренных пастбищах в лесной зоне на бобово-злаковом травостое без орошения вносят $\text{N}_{30-40}\text{P}_{30-45}\text{K}_{60-90}$, при орошении – $\text{N}_{40-45}\text{P}_{45-60}\text{K}_{60-120}$; на злаковом травостое без орошения – $\text{N}_{180-200}\text{P}_{45-60}\text{K}_{90-120}$, при орошении – $\text{N}_{240-300}\text{P}_{60-90}\text{K}_{120-180}$. На интенсивных пастбищах удобрения применяют в соотношении 3:1:2, на лугах сенокосного использования – 1,5:1:1,5.

Органические удобрения. При удобрении лугов и пастбищ применяют органические удобрения, прибавки от органических удобрений составляют 8-17 ц/га. Основное правило внесения органических удобрений – равномерность. В качестве органических удобрений можно использовать навозную жижу, бесподстилочный навоз. Внесение навозной жижи в дозе 20-30 т/га обеспечивает прибавку сена до 12,5 ц/га. При поверхностном внесении навоза и навозной жижи много теряется азота, поэтому их лучше вносить при искусственном залужении и создании культурных пастбищ. При поверхностном залужении органические удобрения вносят 1 раз в 3 года. На эффективность органических удобрений влияют сроки внесения. При весеннем внесении при 1 и 2 циклах стравливания скот траву поедает хуже, чем при осеннем. Наиболее ценен разложившийся навоз (20-30 т/га) и бесподстилочный (60-80 т/га). Вносить желательно осенью после уборки трав или после последнего стравливания.

Известкование. Большая часть лугов и пастбищ в Нечернозёмной зоне расположена на кислых дерново-

подзолистых почвах. Это является одной из причин их низкой продуктивности. Луговые травы, произрастающие на кислых почвах, испытывают недостаток в фосфоре и молибдене. Продуктивность трав снижается из-за недостатка кальция. На кислых почвах очень быстро выпадает бобовый компонент. На переувлажнённых лугах проявляется вредное действие избыточного количества железа.

На природных лугах и пастбищах травы произрастают в широком интервале рН. Злаковые хорошо развиваются при рН 5,5-5,9, бобовые дают наибольшую урожайность при рН 5,5-8,2. На кислых почвах культурные виды трав быстро вытесняются дикими малоценными злаками – полевицей обыкновенной, щучкой дернистой. В опытах П.И. Ромашова на тяжелосуглинистой почве с рН 4,2 при внесении 12 т/га извести в течение 4-х лет ежегодно прибавка составила 9,7 ц/га, а при внесении извести и РК удобрений – 18 ц/га. Дозы извести зависят от гранулометрического состава почвы (табл. 46). Известкование можно проводить осенью после уборки трав или рано весной вразброс.

Таблица 46

Дозы извести на лугах и пастбищах в зависимости от гранулометрического состава почв, т/га [5]

Гранулометрический состав	рН<4,5	рН=4,5-5,0
Супесчаный	2-3	1,5-2
Легко и среднесуглинистый	3-4	2-3
Тяжелосуглинистый	5-6	3-4

Удобрение культурных сенокосов и пастбищ. Для повышения урожайности проводят поверхностное и коренное улучшение угодий.

При поверхностном улучшении проводят следующие мероприятия: подкормки без нарушения дернины, удаление кустарников, подсев многолетних трав, боронование. Урожайность повышается в 1,5-2,0 раза.

Коренное улучшение происходит с нарушением дернины, проводят глубокую вспашку, известкование, внесение высоких доз органических и минеральных удобрений, фосфоритование для повышения содержания фосфора в почве, посев многолетних трав, уход за посевами. Урожайность повышается в 4-6 раз.

Дозы известки определяют по полной величине гидролитической кислотности, а затем в зависимости от продуктивности трав и насыщенности удобрениями, через каждые 5-6 лет или более проводят поддерживающее известкование.

На кислых почвах ($Nг = 2,5$ мг-экв/100 г и более) проводят фосфоритование в дозах 1,0-1,5 т/га, заделывая муку вместе с органическими удобрениями (50-60 т/га) под глубокую основную обработку, а известь – под предпосевную обработку почвы.

При посеве вносят гранулированный суперфосфат (10 кг/га д. в.), азотные удобрения перед закладкой искусственных угодий не вносят. В первые годы азотный режим регулируется соотношением бобового и злакового компонента. В дальнейшем их вносят в виде подкормок, распределяют по числу скашиваний и стравливаний, вносят перед каждым из них. Калийные удобрения на хорошо унавоженных территориях лучше применять в подкормки осенью с третьего-четвертого года после внесения органических, а без органических – вместе с фосфорными в запас на 2-3 и более лет, в зависимости от свойств почв до посева (перезалужения), а позже – также в виде подкормок.

Дозы минеральных удобрений зависят от уровней плановой и возможной урожайности трав, ботанического состава травостоя и плодородия почв (табл. 47).

Таблица 47

Дозы минеральных удобрений для подкормки культурных сенокосов и пастбищ в лесной зоне, кг/га д.в. [19]

Удобрения	Бобово-злаковый травостой		Злаковый травостой	
	без орошения	при орошении	без орошения	при орошении
Пастбища				
Азотные	N ₀ *	N ₀ *	N ₁₈₀₋₂₄₀	N ₂₄₀₋₃₆₀
Фосфорные	P ₄₅₋₆₀	P ₄₅₋₆₀	P ₆₀₋₉₀	P ₉₀₋₁₂₀
Калийные	K ₆₀₋₉₀	K ₉₀₋₁₂₀	K ₁₂₀₋₁₈₀	K ₁₈₀₋₂₄₀
Сенокосы (двуукосное использование)				
Азотные	N ₀ *	N ₀ *	N ₁₂₀₋₁₈₀	N ₁₈₀₋₂₂₀
Фосфорные	P ₃₀₋₄₅	P ₄₅₋₆₀	P ₄₅₋₆₀	P ₄₅₋₆₀
Калийные	K ₆₀₋₉₀	K ₉₀₋₁₂₀	K ₆₀₋₉₀	K ₉₀₋₁₂₀
Сенокосы** (трёхукосное использование)				
Азотные	N ₀ *	N ₀ *	N ₁₈₀₋₂₇₀	N ₂₇₀₋₃₀₀ *
Фосфорные	P ₆₀₋₉₀	P ₆₀₋₉₀	P ₆₀₋₉₀	P ₆₀₋₉₀
Калийные	K ₉₀₋₁₂₀	K ₁₂₀₋₁₈₀	K ₁₂₀₋₁₈₀	K ₁₈₀₋₂₄₀

* – При слабом развитии бобовых трав в год посева целесообразно вносить 30-40 кг/га азота. После сокращения бобовых в травостое до 30 % азотные удобрения применяют в дозах, указанных для злаковых травостоев.

** – При числе укосов больше трех азот вносят в дозах, указанных для злаковых пастбищ.

Дозы азотных и калийных удобрений всегда должны быть экологически безопасными и гарантировать содержание нитратов в травах не выше ПДК (200 мг/100 г сухого вещества), а калия – не более 3 % на сухую массу трав. Дозы азотных подкормок резко изменяют в зависимости от соотношения бобовых и небобовых компонентов трав.

На сенокосах и пастбищах в первый цикл их использования азотные удобрения применяют весной. Оптимальный срок внесения азотных удобрений – начало интенсивного роста трав, на сенокосах двуукосного использования $\frac{2}{3}$ азота от общей годовой дозы применяют под первый укос и $\frac{1}{3}$ – под второй; при трёхукосном и более азотное удобрение вносят равными дозами под каждый укос. На культурных пастбищах эти удобрения применяют равными дозами под каждый цикл использования травостоя, что повышает их эффективность и позволяет получать зелёный корм в течение всего

вегетационного периода. На орошаемых площадях азотные удобрения вносят перед поливом. Оптимальная доза азотного удобрения на культурных лугах при пастбищном использовании – 60 кг/га под каждый цикл стравливания.

Формы сроки и способы внесения минеральных удобрений. Лучшая форма азотных удобрений на лугах – аммиачная селитра. Эффективность мочевины в зависимости от почвенно-климатических условий может снижаться на 15-30% по сравнению с аммиачной селитрой. Потери азота из мочевины при поверхностном внесении наиболее значительны на слабокислых и нейтральных почвах при высоких температурах воздуха и почвы и пониженной влажности её. Её не следует вносить на лугах, почва которых имеет рН 6,0 и выше. Такими свойствами обладает и азот карбоаммофоски, в состав которой входит мочевина. Эффективность сульфата аммония снижается при систематическом применении его на лугах с кислыми почвами. Эффективны и жидкие азотные удобрения (жидкий аммиак, аммиакаты и КАС). Жидкий аммиак нужно обязательно заделывать в почву на глубину 8-15 см.

Фосфорные удобрения на всех типах лугов используют весной или осенью. При поверхностном внесении на лугах предпочтительны водорастворимые формы удобрений. На кислых почвах высокую эффективность проявляет фосфоритная мука при внесении её осенью.

Лучшие сроки внесения калия весна или осень (за месяц до окончания вегетации трав). При высоких дозах калийные удобрения следует использовать под каждый укос или цикл стравливания, так как в данном случае достигается лучшее обеспечение трав этим элементом. Во избежание избыточного накопления калия в растениях сверх допустимого уровня следует ограничивать единовременную дозу до 60-80 кг/га калия.

В **качестве подкормок** трав эффективны и жидкие органические удобрения (бесподстилочный, полужидкий, жид-

кий навоз, навозные стоки, навозная жижа), которые вносят в один приём (полужидкий навоз 50-60 т/га ранней весной после подсыхания дернины) или в 2-4 приема после каждого укоса цистернами-разбрасывателями или, смешивая с поливной водой (1:5-7), дождевальными установками.

Использование *микроэлементов* определяют по содержанию их в почве. Необходимость использования возникает при содержании их в почве, мг/кг:

Cu – 0,5-1,5, Mo – 0,05-0,15, B – 0,1-0,2, Mn – 1,0-10,0, Zn – 0,2-1,0.

В нечернозёмной зоне из микроудобрений на сенокосах и пастбищах при наличии бобовых эффективны молибденовые (на 1 ц семян берут 0,7-1,0 кг молибдата аммония, растворенного в 2-4 л раствора или некорневые подкормки 100-150 г/га), а на торфянистых почвах – медные удобрения (3-8 кг/га в основное или некорневые подкормки 200 г/га), на известкованных почвах – борные (0,7-1,0 кг/га в основное, 200-250 г/га при некорневых подкормках). Чаще микроудобрения применяют в качестве некорневых подкормок.

Оптимальные показатели качества пастбищной травы: сырой протеин – 13-14 %, переваримый протеин – 10,5-11,0 %, клетчатка – 20-22 %, фосфор – 0,25-0,35 %, магний – не ниже 0,2 %, кальций – 0,3-0,5 %, натрий 0,25 %, калий – не менее 1,0 и не более 2,5-3,0 %. Важный показатель качества корма – отношение сахара к протеину, оптимальное 0,8-1,2:1. При высоких дозах это отношение нарушается. Высокие дозы азотных удобрений также уменьшают накопление в травах кальция и магния, нарушается оптимальное соотношение К и (Ca+Mg), которое в зелёном корме должно составлять 1:2,2.

Во избежание накопления избыточного количества нитратов не рекомендуется вносить азотные удобрения за один приём более 50-60 кг/га.

Контрольные вопросы и задания:

1. Особенности питания и удобрения многолетних трав на пастбищах и сенокосах. 2. Как с помощью удобрений можно регулировать ботанический состав трав и качество сена? 3. Какие мероприятия проводят при поверхностном улучшении лугов и пастбищ? 4. Какие мероприятия проводят при коренном улучшении лугов и пастбищ и их эффективность? 5. Сроки, приёмы и способы внесения удобрений на лугах и пастбищах

3.8. Оценка агрономической и энергетической эффективности применения минеральных удобрений

Мероприятия по применению удобрений должны быть агрономически выгодны и энергетически целесообразны. В настоящее время наиболее широко распространена агрономическая оценка действия удобрений.

Агрономическая эффективность – это оплата или окупаемость единицы удобрений д.в. кг полученной прибавкой товарной продукции (или хозяйственного урожая) культуры (или севооборота) в конкретных почвенно-климатических условиях. (Окупаемость 1 кг д.в. = Σ прибавки от NPK / Σ NPK кг д.в.). Её выражают в кормовых или зерновых единицах. Оплата 1 кг действующего вещества минеральных удобрений прибавкой основной продукции (кг) может составлять: по озимой ржи (2,3-6,2), пшенице (2,0-6,0), ячмене (2,0-8,2), овсе (2,0-7,0), кукурузе (1,2-7,1), картофеле (18-47), солодке льна (3,8-8,6), подсолнечнике (1,8-4,0), овощах (10-50), сене трав (5-25).

По данным Географической сети опытов максимальная окупаемость (не менее 20 кг зерн. ед.) каждого килограмма удобрений прибавками урожаев всех культур наблюдается при оптимальных дозах припосевного (рядкового, припосадочного) удобрения. Азотные подкормки озимых зерновых культур и многолетних злаковых трав (при оптимальных дозах) обеспечивают прибавки 10-20 кг зерн. ед. на каждый килограмм внесенных удобрений. Оптимальные дозы основного (допосевного) внесения минеральных удобрений обеспе-

чивают в среднем оплату каждого килограмма удобрений не менее 5 кг зерн. ед.

При локальных способах заделки оптимальных доз подкормок и основного удобрения эффективность их возрастает, как правило, не менее чем на 50 %.

Мероприятия по применению удобрений должны быть энергетически целесообразны с учётом их влияния на экологическую обстановку. Для экологической экспертизы необходимы не только величина прибавок от удобрений, но и затраты энергии для производства продукции. Энергия, накопленная в сельскохозяйственной продукции, оценивается в джоулях и учитывается как в основной продукции, так и в суммарном урожае, то есть с учётом побочной продукции.

Количество энергии, накопленной в основной продукции, полученной от применения минеральных и органических удобрений, определяется по следующей формуле:

$$ВЭ = Уп \times Ri \times L \times 100,$$

где ВЭ – содержание энергии в основной (хозяйственно-ценной части) продукции, МДж/га; $Уп$ – прибавка урожая основной продукции сельскохозяйственной культуры от удобрений, ц/га; Ri – коэффициент перевода сельскохозяйственной продукции в сухое вещество (табл. 39); L – содержание общей энергии в 1 кг сухого вещества основной продукции, МДж (табл. 48); 100 – коэффициент перевода ц в кг.

Таблица 48

Содержание общей энергии (L) и коэффициенты перевода продукции в сухое вещество (Ri) [13]

Культура	Ri , ед.	L , МДж/кг	Культура	Ri , ед.	L , МДж/кг
1	2	3	4	5	6
Пшеница озимая, зерно	0,86	19,13	Зернофуражные культуры на зелёный корм	0,30	15,40
Пшеница яровая мягкая, зерно	0,86	19,31	Многолетние травы, сено	0,20	18,91
Пшеница яровая твёрдая, зерно	0,86	19,49	Лугопастбищные травы, сено	0,20	16,19
Рожь, зерно	0,86	19,49	Люцерна, сено	0,25	21,83

1	2	3	4	5	
Ячмень, зерно	0,86	19,13	Однолетние травы, сено	0,20	16,39
Овёс, зерно	0,86	18,80	Кормовые корнеплоды	0,25	16,39
Гречиха, зерно	0,86	19,38	Картофель	0,20	18,29
Горох, зерно	0,86	20,57	Овощи в среднем	0,10	14,36
Лён, волокно	0,89	20,24	Кукуруза, з/м	0,25	16,39
Лён, семена	0,88	23,50	Подсолнечник, з/м	0,25	16,80

Основным показателем энергетической оценки является биоэнергетический коэффициент (r), который определяют по следующей формуле:

$$r = \frac{BЭ}{E},$$

где E – совокупные энергетические затраты на применение удобрений, МДж/га.

Затраты техногенной энергии на применение удобрений определяют на основе нормативных данных (табл. 49) по формуле:

$$E = (H_N \times a_N) + (H_P \times a_P) + (H_K \times a_K) + (H_O \times a_O),$$

где H_N , H_P , H_K – фактическая доза внесения минеральных азотных, фосфорных и калийных удобрений, кг/га д.в.;

H_O – фактическая доза внесения органических удобрений в кг/га;

a_N a_P a_K a_O – энергетические затраты на 1 кг удобрений (для минеральных на 1 кг д.в.).

Важным показателем является энергетическая себестоимость продукции ($Э.с.$), которая вычисляется по формуле:

$$Э.с. = \frac{E_0}{Y_0},$$

где E_0 – совокупные затраты техногенной энергии для получения урожая или прибавки, МДж/га;

Y_0 – прибавка основной продукции, т (ц)/га.

Энергозатраты на производство промышленных
минеральных и местных удобрений) [13]

Виды удобрений	Энегрзатраты, МДж/кг д.в	Виды удобрений	Энегрзатраты, МДж/кг д.в.
Промышленные минеральные удобрения		Местные удобрения	
Азотные	86,8	Навоз	0,42
Фосфорные	12,6	Торфонавозные компосты	1,70
Калийные	8,3	Известковые удобрения	3,80
Комплексные	51,5	Местные минеральные удобрения	2,90

Изучение энергоотдачи удобрений приобретает все бóльшую актуальность в связи с возможным истощением запасов ископаемого топлива (нефти, газа, угля) и возрастающими затратами их и другой (удобрения, мелиоранты, машины, механизмы и так далее) антропогенной энергии в интенсивных системах земледелия.

В механизированном сельском хозяйстве различных стран биоэнергетический КПД удобрений в зависимости от природно-хозяйственных условий колеблется от 0,3 до 4,0. Оптимизация доз удобрений в конкретных природно-климатических условиях их применения максимально повышает оплату удобрений прибавками урожайности и использование растениями солнечной энергии, то есть энергоотдачу производства растениеводческой продукции. Поэтому энергетическая оценка применения удобрений, наряду с агрономической, даёт более ёмкое представление об эффективности их в конкретных условиях.

Обобщение Л.М. Державиным [5] данных более 11 тыс. полевых опытов Агротехслужбы с 17 основными культурами показало, что накопление энергии в прибавках хозяйственных и, тем более, биологических урожаев всех культур под влиянием минеральных удобрений (по всем опытам) превышает затраты энергии на их применение.

В среднем по всем опытам биоэнергетический КПД применения удобрений под зерновыми колосовыми культурами составил: по прибавке зерна – 1,29-1,76, хозяйственного урожая – 2,97-4,47, биологической массы – 3,44-5,12.

Во всех анализировавшихся опытах Агрохимслужбы расчёт биоэнергетических КПД от применения NPK, N, P и K по прибавке основной продукции показал, что максимальная энергоотдача у большинства культур наблюдалась от калийных, затем фосфорных и минимальная – от азотных удобрений. Однако по величине прибавок урожайности всех культур указанные виды удобрений располагаются в противоположном порядке, что обусловлено во много раз бóльшими затратами энергии на производство азотных, чем фосфорных и калийных удобрений.

Контрольные вопросы и задания:

1. Какие основные показатели представляют агрономическую эффективность минеральных и органических удобрений? 2. Какие основные показатели характеризуют эффективность применения удобрений? 3. Необходимость расчёта энергетической эффективности.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

а) основная литература

1. Кидин В.В. Система удобрения: учебник* для бакалавров / В.В. Кидин. – Москва: РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2012. – 479 с.
2. Кротких Т.А. Эколого-агрохимические основы применения удобрений в Предуралья: <учебное пособие>* / Т.А. Кротких, Л.А. Михайлова. - Пермь: Пермская ГСХА, 2013. – 298 с.
3. Михайлова Л.А. Особенности питания и удобрение основных сельскохозяйственных культур на почвах Предуралья: учебное пособие / Л.А. Михайлова, Т.А. Кротких. - Пермь: Пермская ГСХА, 2012. – 223 с.

б) дополнительная литература:

1. Агрехимия: учебник. / В.Г. Минеев. – М.: Изд-во Моск. ун-та, Наука, 2006. – 720 с.
2. Кидин В.В. Основы питания растений и применения удобрений. / В.В. Кидин. – М.: изд-во РГАУ-МСХА, 2008. – Ч. 1. – 415 с.
3. Кидин В.В. Особенности питания и удобрения сельскохозяйственных культур. / Кидин В.В. – М.:изд. РГАУ-МСХА, 2009. – 412 с.

Заключение

Учебное пособие состоит из трёх глав. В первой главе изложены факторы, влияющие на эффективность удобрений. Во второй главе рассмотрены методы определения доз минеральных удобрений с учётом имеющихся удобрений в хозяйствах. Третья глава посвящена удобрению зерновых, зернобобовых, кормовых и технических культур. Уделено внимание особенностям питания культур, требованию их к почвенным условиям, видам и формам минеральных удобрений. Рассмотрены методы оценки агрономической и энергетической эффективности применения минеральных удобрений.

СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ И ПЕРСОНАЛИЙ (ГЛОССАРИЙ)

Агрономическая эффективность удобрений и мелиорантов – результат действия удобрений и мелиорантов, выраженный прибавкой натуральной основной продукции или прибавкой основной и побочной продукции пересчитанной в зерновые или кормовые единицы в расчёте на гектар или на единицу удобрения и мелиоранта.

Агроценоз – (агробиоценоз) – совокупность живых (растения, животные, насекомые и др.), косных (приземный слой атмосферы, солнечная энергия, кора выветривания), биокосных (почва, природные воды) и антропогенных (растения, удобрения, мелиоранты, пестициды и др.) компонентов природы и деятельности человека, обитающих на землях сельскохозяйственного и лесного пользования, занятых посевами или посадками культурных растений или древесных насаждений, взаимодействующих путём обмена вещества и потоков энергии в пределах однородного участка земной поверхности.

Азотфиксация – усвоение молекулярного азота атмосферы симбиотическими и свободноживущими (несимбиотическими) микроорганизмами.

Алюминий почвы подвижный – алюминий, переходящий из почвы в раствор нейтральной соли.

Баланс элементов – соотношение статей прихода и расхода питательного элемента в агроценозе. Абсолютные показатели баланса: положительный (со знаком «+»), если приход больше расхода на установленную величину (кг/га, г/м² д.в.); отрицательный или дефицитный (со знаком «-»), если приход меньше расхода на установленную величину; нулевой (уравновешенный, бездефицитный, со знаком «0»), если приход равен расходу.

Вымывание питательного элемента из почвы – передвижение растворимых элементов из верхних слоев почвы в нижележащие под действием фильтрующихся вод.

Вынос элемента питания растениями – общее количество питательного элемента, содержащегося в основной и побочной продукции, отчуждаемой с поля. Биологический вынос элементов – содержание во всех органах надземной и подземной частей убираемой культуры, включая корневые и пожнивные остатки растений, то есть в биологическом урожае. Хозяйственный вынос элементов – содержание в основной (товарной) и побочной продукции культуры, убираемых с поля, то есть в хозяйственном урожае. Относительный вынос (затраты) элементов – содержание в единице (т) основной с соответствующим количеством побочной продукции убираемой культуры.

Действующее вещество (д.в.) – основной питательный элемент, содержащийся в удобрениях.

Динамика потребления питательных элементов – потребление элементов питания в течение вегетационного периода.

Доза удобрения (мелиоранта) – количество удобрения (мелиоранта), вносимого под конкретную культуру за один приём, которое выражают: при внесении минеральных удобрений в кг действующего вещества (д.в.) на гектар, в г

д.в./м², мг/сосуд и др.; при внесении органических удобрений и мелиорантов в т/га, кг/м², г/сосуд.

Калий почвы обменный – калий, переходящий в раствор при взаимодействии почвы растворами нейтральных солей.

Кислотность почвы – свойство почвы, обусловленное преобладанием в почвенном растворе ионов водорода над гидроксонием, обменных ионов водорода и алюминия в почвенном поглощающем комплексе.

Кислотность почвы гидrolитическая – кислотность почвы, проявляющаяся при обработке её раствором гидrolитически щелочной соли.

Кислотность почвы обменная – кислотность почвы, проявляющаяся при обработке её раствором нейтральной соли.

Кислотность почвы потенциальная – кислотность почвы, обусловленная наличием ионов водорода и алюминия в поглощенном состоянии.

Коэффициент использования питательного элемента почвы (КИП) – отношение количества элемента вынесенного с хозяйственным урожаем культуры (Bo) к количеству (запасу) его (в усвояемой для растений форме) в почве (З), который определяют по формуле: $КИП = \frac{Bo}{З} \cdot 100$ и выражают в долях от единицы или в процентах (если умножают, как в формуле, на 100).

Коэффициент использования питательного элемента удобрения (КИУ) – отношение количества элемента, вынесенного с хозяйственным урожаем культуры, к общему количеству его, внесённому с удобрением.

Локальное внесение удобрений – внесение удобрений, которое обеспечивает его размещение очагами различной формы (лентами, в гнездо, в рядок).

Мелиорация почвы химическая – комплекс мероприятий, направленных на улучшение её агрохимических, агрофизических и биологических свойств посредством химических мелиорантов – извести или гипса.

Миграция элемента питания в почве – процесс перераспределения водорастворимых веществ в профиле почвы. Вертикальная нисходящая миграция веществ в почве реализуется путем многократных актов сорбции-десорбции.

Минеральные удобрения – удобрения промышленного или ископаемого происхождения, содержащие питательные элементы в минеральной форме (соли).

Основное внесение удобрений – внесение основной массы удобрения до посева и посадки.

Подкормка растений – внесение удобрений в период вегетации растений.

Разбросное внесение удобрений – внесение удобрения, которое обеспечивает сплошное его размещение по поверхности почвы разбрасывателями.

Рядковое внесение удобрений – внесение удобрений при посеве или посадке растений в рядки.

Севооборот – научно обоснованное чередование сельскохозяйственных культур (и пара) на полях и во времени. Период, в течение которого культуры и пар в установленной последовательности проходят через каждое поле севооборота, называется ротацией, а последовательность чередования – схемой севооборота.

Система удобрения конкретного агроценоза – это всесторонне обоснованные виды, дозы, соотношения и способы применения удобрений, мелиорантов,

определяемые с учётом биологических потребностей культур в питательных элементах, чередования их в севообороте и фактического плодородия почв, для получения максимально возможных урожаев культур хорошего качества при имеющихся природно-экономических ресурсах с одновременной оптимизацией показателей плодородия почв.

Способ внесения удобрения – прием внесения удобрения под сельскохозяйственную культуру. По способам внесения различают допосевное (основное) удобрение, послепосевное удобрение (подкормка), припосевное (припосадочное) удобрение, обработка семян перед посевом.

Технология внесения удобрений – комплекс последовательных производственных операций по внесению удобрения.

Удобрение – вещество, используемое для питания растений и воспроизводства плодородия почвы.

Удобрение физиологически кислое – удобрение, при внесении которого подкисляется почвенный раствор из-за преимущественного использования растениями катионов.

Удобрение физиологически щелочное – удобрение, при внесении которого подщелачивается почвенный раствор из-за преимущественного использования растениями анионов.

Форма минерального удобрения – характеристика вида удобрения по химическому составу.

Формы элементов подвижные – формы химических элементов, извлекаемые из почвы или субстратов различными вытяжками.

Химическая мелиорация почв – улучшение физико-химических свойств кислых и солонцовых почв путем проведения известкования и гипсования почв.

Экономическая эффективность удобрений и мелиорантов – результат действия удобрений и мелиорантов, выраженный в стоимостных показателях: чистый доход, производительность труда, окупаемость затрат, себестоимость продукции и др.

Энергетическая эффективность удобрений и мелиорантов (энергоотдача или биоэнергетический КПД) – отношение накопленной в прибавке продукции энергии к суммарным энергетическим затратам на производство, транспортировку, хранение и внесение удобрений (мелиорантов) и на уборку, транспортировку, доработку, хранение и реализацию этой прибавочной продукции.

Элемент питания – химический элемент, необходимый для роста и развития растений.

Элементы необходимые – химические элементы, без которых растения не могут полностью закончить цикл своего развития и не могут быть заменены другими элементами.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авдонин, Н.С. Научные основы применения удобрений / Н.С. Авдонин. – М., 1972. – 175 с.
2. Агрохимия /Под редакцией Б.А. Ягодина. – М.: Колос, 2002. – 584 с.
3. Башков, А.С. Повышение эффективности удобрений на дерново-подзолистых почвах Среднего Предуралья: монография /А.С. Башков – Ижевск: ФГДОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2013 – 328 с.
4. Беляев, Г.Н. Калийные удобрения из калийных солей Верхнекамского месторождения и их эффективность: Монография / Г.Н. Беляев. – Пермь: Пермское кн. изд-во. 2005. – 304 с.
5. Державин, Л.М. Применение минеральных удобрений в интенсивном земледелии / Л.М. Державин. – М.: Колос. 1992. – 272 с.
6. Державин, Л.М. Составление проекта на составление удобрений: рекомендации / Л.М. Державин, И.В. Колокольцева, Н.К. Скворцов. – М.: Ростинформагротех, 2000. – 155 с.
7. Калинин С.О. Приёмы повышения урожайности и улучшения качества зерна яровой пшеницы в Предуралье: автореф. дис... канд. с. – х. наук. С.О. Калинин. – Пермь, 2002. – 24 с.
8. Каталымов М.В. Справочник по минеральным удобрениям. Теория и практика применения. / Под редакцией М.В. Каталымова. – М.: Сельхозгиз, 1960. -552 с.
9. Кидин, В.В. Особенности питания и удобрения сельскохозяйственных культур: учебное пособие / В.В. Кидин. – М.: Изд-во РГАУ–МСХА, 2009. – 412 с.
10. Кидин, В.В. Система удобрения: Учебник / В.В. Кидин. – М.: Изд-во РГАУ–МСХА, 2012. – 534 с.
11. Кулаковская Т.Н. Оптимизация агрохимической системы почвенного питания растения. / Т.Н. Кулаковская – М.: Агропромиздат, 1990 – 219 с.
12. Лапа В.В. Система удобрения: Учебное пособие / В.В. Лапа, В.Н. Емильянова, Ф.Н. Леонов и др.; под ред В.В. Лапа. – Гродно: ГГАУ, 2011. – 418 с.
13. Минеев, В.Г. Агрохимия: учебник. / В.Г. Минеев. – М.: Из-во Моск. Унта; Наука, 3-е изд., 2006. – 720 с.
14. Михайлова, Л.А. Особенности питания и удобрение основных сельскохозяйственных культур на почвах Предуралья: учебное пособие / Л.А. Михайлова, Т.А. Кротких – Пермь: Изд-во ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА, 2012. – 193 с.
15. Мокрушина, А.В. Влияние минеральных удобрений на семенную продуктивность и биохимический состав сортов ярового рапса в условиях Среднего Предуралья. / А.В. Мокрушина, А.С. Богатырёва, Э.Д. Акманаев //Пермский аграрный вестник № 2, 2019 – с. 87-91.
16. Мурыгин, В.П. Влияние приёмов весенней подкормки азотным удобрением на урожайность и качество зерна озимых зерновых культур в Среднем Предуралье: автореф. дис... канд. с. – х. наук. В.П. Мурыгин. – Уфа, 2018. – 21 с.
17. Пискунов, А.С. Азотный режим дерново-подзолистых почв и условия эффективного использования азотных удобрений под зерновые культуры в Предуралье: Автореф. дис...докт. с.- х. наук / А.С. Пискунов. – М., 1988. – 31 с.
18. Пьянкова, Н.М. Оценка действия азотных удобрений и биологического азота клевера лугового на урожайность яровой пшеницы в Предуралье: автореф. дис... канд. с. – х. наук. Н.М. Пьянкова. – Пермь, 2007. – 18 с.
19. Расширенное воспроизводство плодородия почв в интенсивном земледелии Нечерноземья / Под ред. Милащенко Н.З. – М., 1993. – 864 с.
20. Ренёва Ю.А. Нормы внесения, дозы и способы внесения азотных удоб-

рений в агротехнологии горохо-ячменных агрофитоценозов в Предуралье./Ю.А. Ренёва. - Пермский ГАТУ: Пермь; Прокрость., 2018. – 170 с.

21. Сенокосов, М.М. Оценка действия азотных удобрений на зернофуражных культурах, выращиваемых после клевера 2 г.п. на дерново-подзолистых желосуглинистых почвах Предуралья: автореф. дис... канд. с. – х. наук. / М.М. Сенокосов. – Пермь, 2009. – 18 с.

22. Стихин, М.Ф. Озимая рожь и пшеница в Нечернозёмной полосе. Изд. 2-е перераб. и доп. / М.Ф. Стихин, П.В. Денисов. – Л.: Колос, 1977. – 320 с.

23. Хайруллин, А.М.. / А.М. Хайруллин, Ф.Я Багаутдинов, Р.Р. Гайфуллин и др. //Пермский аграрный вестник №2, 2019 – С. 101-108.

Учебное издание

Михайлова Людмила Аркадьевна, **Пинаева** Мария Игоревна

**АГРОХИМИЯ.
НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ
ПОД ОСНОВНЫЕ ПОЛЕВЫЕ КУЛЬТУРЫ**

Учебное пособие

Подписано в печать 03.08.23. Формат 60×84¹/₁₆
Усл. печ. л.8,88. Тираж 30 экз. Заказ № 41

ИПЦ «Трокрость»

Пермского государственного аграрно-технологического университета
имени академика Д.Н. Прянишникова
614990, г. Пермь, ул. Петропавловская, 23 тел. (342) 217-95-42