

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ -
МСХА имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА

Ю.Е. Гусева, А.Н. Налиухин, В.А. Демин

СИСТЕМА УДОБРЕНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ КУЛЬТУР

Учебное пособие

Москва

РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

2025

УДК 631.8

ББК 40.44

Г 96

Рецензенты

Борисов Б.А., доктор биологических наук, профессор кафедры почвоведения, геологии и ландшафтоведения института Агробиотехнологии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Шафран С.А., доктор сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией оценки эффективности минеральных удобрений и регулирования плодородия почв ФГБНУ «ВНИИ агрохимии»

Гусева, Ю.Е. Система удобрения отдельных культур: учебное пособие / Ю.Е. Гусева, А.Н. Налиухин, В.А. Демин; Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева. – Москва: РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2025. – 181 с. – Текст: электронный.

ISBN 978-5-9675-2063-1

В учебном пособии изложены физиологические основы системы удобрений. Подробно описаны биологические особенности полевых культур, агротехнические, почвенно-климатические условия эффективного применения удобрений. Рассмотрены основы применения удобрений в севооборотах хозяйств.

Учебное пособие предназначено для студентов вузов, обучающихся по направлению 35.03.03 «Агрохимия и агропочвоведение». Может быть использовано студентами, обучающимися по направлению 35.03.04 «Агрономия», а также студентами, магистрантами и аспирантами других направлений.

Рекомендовано к изданию учебно-методической комиссией института Агробиотехнологии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, протокол № 6 от 20 февраля 2025 г.

© Гусева Ю.Е., Налиухин А.Н., Демин В.А., 2025

© ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2025

ПРЕДИСЛОВИЕ

Оптимизация минерального питания на основе рационального применения удобрений с учетом почвенно-климатических условий, биологических особенностей растений и конъюнктуры рынка - агротехнический прием, направленный на повышение урожайности сельскохозяйственных культур и улучшение качества растениеводческой продукции. Сбалансированное питание растений макро- и микроэлементами контролирует многочисленные процессы обмена веществ и играет ключевую роль в формировании урожая сельскохозяйственных культур и его качества.

Все биогенные элементы выполняют в растении жизненно важные функции. Необходимое их сочетание обуславливает продуктивность сельскохозяйственных культур. Дефицит питательных веществ непременно отразится на урожайности и качестве получаемой продукции. Растениям практически безразлично, что является источником элементов питания – почва или удобрения. Важно, чтобы они находились в почве в достаточном количестве и оптимальном соотношении.

Система удобрения – комплекс научно обоснованных агротехнических и организационных мероприятий по рациональному применению удобрений под сельскохозяйственные культуры с учетом биологических особенностей растений, почвенно-климатических, ландшафтных и агротехнических условий, состава и свойств удобрений.

Основная задача системы удобрения заключается не только в обеспечении нормального питания растений в текущем году, но и в планомерном повышении плодородия почв, ее окультуривании как основы для дальнейшего роста урожайности. Правильно разработанная система удобрения обеспечивает увеличение урожайности, улучшение качества продукции, сохранение или повышение плодородия почв и предотвращение загрязнения окружающей среды остатками агрохимикатов.

Достижение высокого качества сельскохозяйственной продукции возможно при грамотном сочетании органических и минеральных удобрений,

включая микроэлементы, правильных соотношениях элементов питания и выборе форм удобрений, соблюдении сроков их внесения.

Рациональная система удобрения способствует повышению эффективности вносимых удобрений и росту производительности труда в сельском хозяйстве.

К настоящему времени накоплен значительный практический опыт, свидетельствующий о реальной возможности целенаправленного регулирования условий минерального питания растений с целью получения продукции заданного качественного состава. В то же время, при любом уровне химизации земледелия необходим контроль за состоянием баланса питательных веществ в системе почва – растение.

Практика мирового земледелия убедительно показывает, что среди многочисленных агротехнических факторов, удобрениям принадлежит ведущая роль в повышении урожайности и плодородия почвы. Достичь высоких устойчивых урожаев требуемого качества невозможно без применения удобрений, без того, чтобы элементы питания – основной фактор роста и развития растений, были гармонично представлены в строго определенных сочетаниях в течение всей вегетации.

ГЛАВА 1. УДОБРЕНИЕ ОЗИМЫХ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

Хлебные злаки принято делить на озимые и яровые.

Озимые хлеба (озимая рожь, озимая пшеница, озимый ячмень) для нормального развития требуют осеннего посева. При весеннем посеве они лишь кустанся и не образуют соломины и колоса. Озимые хлеба в отличие от яровых для прохождения стадии яровизации требуют пониженной температуры от 0 до +3° в течение 30-65 дней (в зависимости от сорта). При посеве яровизированными семенами озимые хлеба дают урожай в год посева.

Яровые хлеба (яровая пшеница, яровой ячмень, овес и все просовидные хлеба) высеиваются весной и в тот же год плодоносят. Стадию яровизации пшеница, ячмень, овес проходят при температуре 5-10° и выше в течение 7-12 дней, а для нормального прохождения стадии яровизации просовидных хлебов требуется температура около 20° в течение 6-7 дней.

Из озимых хлебов в России наибольшее значение имеют озимая рожь и озимая пшеница. Посевы озимого ячменя сосредоточены на юге страны.

Озимые хлеба имеют большое народнохозяйственное значение:

1. Хорошо развившись с осени, они лучше, чем яровые используют весенние запасы влаги и питательных веществ в почве.
2. В основных районах возделывания при условии благоприятной перезимовки они обеспечивают более высокие урожаи, чем яровые хлеба.
3. С наступлением устойчивого тепла озимые быстро наращивают вегетативную массу; они меньше яровых страдают от весенних засух, а более раннее созревание ограждает их от суховеев.
4. Велико и организационно-хозяйственное значение озимых: при перенесении на осень значительной части посевных работ уменьшается напряженность в период весеннего сева. Более раннее созревание озимых хлебов по сравнению с яровыми снижает также и напряженность уборочных работ. Ранняя уборка озимых дает возможность более тщательно подготовить почву для последующих культур.

Устойчивость и высота урожаев озимых культур в сильной степени зависят от условий прохождения ими зимнего и ранневесеннего периодов, когда в результате неблагоприятных влияний они могут подвергнуться изреживанию или даже гибели.

Народнохозяйственное значение. Озимая пшеница принадлежит к числу наиболее ценных и высокоурожайных зерновых культур. Средний урожай её в основных районах возделывания значительно превосходит урожай яровой пшеницы и очень часто превышает урожай озимой ржи. Озимая рожь одна из важнейших продовольственных культур нашей страны. Ржаной хлеб отличается хорошими вкусовыми качествами и содержит полноценные белки и витамины (А, В, Е). По переваримости и усвояемости, однако, он стоит ниже пшеничного. Зерно ржи - концентрированный корм для животных. Ржаная мука - для откорма свиней, отруби - для кормления крупного рогатого скота. Ржаная солома - подстилка для скота, используется для изготовления матов, строительного самана, обёрточной бумаги и др.

Требования к теплу. Семена озимой пшеницы начинают прорастать при температуре 1-2°, но для дружного прорастания и появления всходов нужна более высокая температура 12-15°. К условиям произрастания озимая рожь менее требовательна, чем озимая пшеница. При наличии в почве влаги зерна ржи прорастают при температуре 1-2°. Всходы ржи обычно появляются на 5-6 день после посева. Характерной особенностью всходов ржи является их фиолетовая окраска (антоциан в coleoptile и верхней части первого листа).

Кущение. Озимая пшеница кустится осенью и весной. Кущение озимой ржи протекает главным образом осенью.

Сроки посева. Высевать озимую пшеницу следует с таким расчётом, чтобы она до наступления мороза могла хорошо раскуститься, а всходы её не подвергались бы повреждению гессенской и шведской мухами.

Озимую пшеницу следует высевать несколько раньше ржи в связи с её сравнительно медленным ростом.

Лучше сроки посева озимой пшеницы совпадают с установлением среднесуточной температуры 17-14°C (меньше повреждается мухами, лучше противостоит заболеваниям). Оптимальные сроки посева в Московской области – 20-25 августа; для Нечернозёмной полосы, Сибири, Дальнего Востока - 10-25 августа для озимой пшеницы, 5-25 августа для озимой ржи.

Норма высева для Нечерноземной полосы составляет 5,5-6,5 млн зерен, для Центрально-Чернозёмных областей 5-6 млн зёрен (1,8-2 ц/га).

Глубина заделки семян. Озимая пшеница требует относительно более глубокой заделки семян, при которой глубже закладывается узел кущения. Мелкая заделка увеличивает опасность вымерзания и выпирания. На чернозёмах и в засушливых районах глубина заделки – 5-6 см (при сильном пересыхании – 7-9 см). В Нечерноземной полосе на тяжелых почвах – 4-5 см, на средне-связных - в 5-6 см. Глубина заделки семян озимой ржи составляет на достаточно увлажнённых районах – 4-5 см, на лёгких почвах – 5-6 см. Рядки следует располагать с севера на юг.

Требования к почве. Из озимых культур озимая пшеница предъявляет наиболее высокие требования к почве. Реакция почвы должна быть нейтральной или слабокислой (рН 6,0-7,5). Лучшие для неё почвы – чернозёмы. С успехом произрастает на серых слабоподзолистых и темноцветных суглинистых почвах Нечернозёмной полосы при внесении органических и минеральных удобрений. Почвы с кислой реакцией и лёгкие песчаные земли малопригодны для озимой пшеницы. Озимая рожь менее требовательна к почве, чем другие зерновые культуры. Она широко распространена на подзолистых почвах Нечернозёмной полосы и на лёгких суглинках. Корневая система ржи отличается повышенной усвояющей способностью, особенно труднорастворимых соединений фосфора (по данным Д Н Прянишникова). Рожь можно возделывать на лёгких супесях, а также на почках с повышенной кислотностью. Малопригодны для ржи заболоченные и тяжелые глинистые почвы, лучшие – чернозёмы. Корневая система у этих культур мочковатая, располагается преимущественно в верхних слоях почвы.

Место в севообороте. Лучшим предшественником для *озимой пшеницы* во всех зонах страны служат чистые пары (табл. 1). Предпочтение отдается чёрному пару, лучшим образом способствующему борьбе с сорняками и накоплению в почве влаги и питательных веществ. В районах достаточного увлажнения, где агротехническое значение чистых паров не так велико, в целях более продуктивного использования земель рекомендуются занятые пары. Эти пары засеивают кукурузой, викоовсяной смесью, ранними сортами картофеля, гороха, льном, люпином, а также клевером и эспарцетом, подсеваемыми к предшествующей пару зерновой культуре. Эти предшественники дают возможность своевременно подготовить почву под озимые посевы и обеспечивают получение высоких урожаев. Непаровые предшественники: колосовые хлеба, а именно озимая пшеница, кукуруза, подсолнечник, зернобобовые, бахчевые. *Озимая рожь* менее требовательна к предшественникам, чем озимая пшеница. Лучшим предшественником для ржи в засушливых восточных и юго-восточных районах нашей страны являются чёрные и ранние пары. Но такие пары отводят под рожь только в тех случаях, когда озимая пшеница имеет малый удельный вес и не занимает всей площади этих паров. По чистым парам высеивают озимую рожь на севере, северо-востоке Европейской части страны, на Урале и в Сибири. В увлажнённых районах Нечернозёмной полосы озимую рожь размещают по занятым парам: кукурузному, викоовсяному, картофельному. В южных районах рожь сеют после подсолнечника, яровой пшеницы, ячменя и других культур. Высокие урожаи озимой ржи получают при высеве её по пласту многолетних трав. Допускается возделывание ржи на зерно на одном и том же поле два года подряд. Озимая рожь служит хорошим предшественником для других культур (многолетних трав, картофеля, сахарной свёклы, кормовых корнеплодов, яровых зерновых хлебов).

Таблица 1

Содержание нитратное азота после чистого пара

Тип почвы	Нитратный азот после чистого пара, кг/га	Прибавка урожая от нитратного азота, ц/га
Чернозем типичный	340	4-10
Чернозем южный	300	6-11
Чернозем выщелоченный	140	4-7
Серые лесные	100-110	5-10
Дерново-подзолистые почвы	75	4-7

Способы посева. Лучшими способами сева в настоящее время являются:

- узкорядный (междурядье 7,5-8,5 см);
- перекрёстный.

Эти способы позволяют более равномерно распределить семена на площади, благодаря чему:

- растения лучше развиваются;
- меньше угнетают друг друга;
- увеличивают продуктивную кустистость и мощность корневой системы;
- полнее используют свет, влагу, питательные вещества;
- дают более высокий урожай.

По многочисленным данным, узкорядный и перекрёстный способы посева озимой пшеницы в сравнении с обычным посевом дают прибавку урожая в среднем 2-4 ц/га.

В южных районах применяют перекрёстно-диагональный способ посева, при котором достигается большая производительность посевных машин, чем при перекрёстном.

В засушливых районах иногда применяется бороздовой посев. При этом способе впереди сошников устанавливают разгребатели, которые делают бороздку глубиной 7-10 см. На дно борозды во влажную почву заделывают семена. Ширина междурядий при бороздовом посеве увеличивается до 30-40 см. Преимущество этого способа состоит в том, что при сухом лете и осени он способствует появлению всходов.

В районах избыточного увлажнения на северо-западе рекомендуются гребневые посевы озимых, особенно на тяжелых почвах. Посев на гребнях предохраняет растения от застоя воды и избытка влаги, улучшает воздушно-тепловой режим почвы, а это создает лучшие условия для аэробных микробиологических процессов.

Хозяйственный вынос – масса элементов питания (в кг), отчуждаемое с поля с 1 т основной продукции с учётом соответствующего количества побочной (табл. 2).

Таблица 2

Хозяйственный вынос, кг/т

Культуры	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Озимая пшеница	32-35	12	26
Озимая рожь	30	12	28
Соотношение	2,5	1	2

Наиболее интенсивно элементы питания поступают в фазы кущения и выхода в трубку (табл. 3). Обеспеченность растений питательными веществами в эти фазы развития имеет очень важное значение. Рожь развивается быстрее, у пшеницы потребление питательных веществ затянато.

Наибольшее количество азота поглощается пшеницей в фазы выхода в трубку и колошения. Достаточное азотное питание в этот период обеспечивает лучшее развитие колоса, увеличивает число колосков в колосе. Фосфорные удобрения пшеница активно использует в течение 4-5 первых недель роста. Фосфор оказывает сильное влияние на развитие корневой системы растений,

увеличивает её размеры и объем. Калий более интенсивно поступает в растения в период с первых дней роста до цветения.

Таблица 3

Динамика потребления питательных веществ озимыми зерновыми культурами, % от максимального выноса с урожаем

Фаза развития	Озимая рожь			Озимая пшеница		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Кущение (осень)	56	49	63	32	20	23
Выход в трубку	76	58	82	56	37	78
Цветение	93	78	99	85	79	100
Восковая спелость	100	100	100	100	100	84

Отношение к известкованию. Рожь не боится слабокислых почв, более устойчива к известкованию. Озимая пшеница более требовательна к известкованию, положительно относится к ней.

Перезимовка. Внесение фосфорных и калийных удобрений улучшает сахаронакопление. Углеводы (сахара) накапливаются в растениях в качестве антифриза, препятствующему замерзанию культур. Внесение же большого количества азотных удобрений снижает сахаронакопление, при этом растения гибнут при перезимовке (табл. 4).

Таблица 4

Гибель озимых при перезимовке при температуре -16°

№	Вариант опыта	Процент гибели при промораживании почвы до -16°
1	Без удобрений	72
2	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	68
3	P ₁₈₀ K ₁₈₀	38
4	N ₄₅ P ₁₈₀ K ₁₈₀	20
5	N ₁₈₀ P ₉₀ K ₉₀	100

Правила внесения азотных удобрений под озимые культуры. Азотные удобрения необходимо правильно распределить между основным внесением и подкормкой. Под *озимую пшеницу* одну треть азотных удобрений вносят осенью, остальное - в подкормку весной. *Озимая рожь* быстрее потребляет элементы питания, поэтому до половины азотных удобрений вносят осенью, но не более 60-70 кг/га азота.

Небольшие дозы азотных удобрений стимулируют перезимовку. Если предшественники многолетние травы, чистый пар, где происходит накопление минерального азота, можно азотное удобрение с осени не вносить. В остальных случаях – необходимо внести небольшое количество азотных удобрений с осени для того, чтобы растения набрали массу на кущение. Для перезимовки необходимо правильно удобрить озимые культуры, то есть фосфорные и калийные удобрения внести хорошо, азотные удобрения – умеренно.

Фосфорно-калийное питание в начале роста создаёт благоприятные условия для ускорения роста растений и накопления в тканях сахаров, что предохраняет их от вымерзания. Усиленное азотное питание в первые периоды роста снижает устойчивость пшеницы к вымерзанию и выпреванию. Вносить азотные удобрения с осени можно лишь при размещении пшеницы по непаровым предшественникам и занятым парам. В азотном питании озимая пшеница особенно нуждается весной. Если в это время её обеспечить азотом, она быстро трогается в рост, хорошо кустится и образует много продуктивных стеблей.

Удобрения. *Озимая пшеница* предъявляет повышенные требования к плодородию почвы и очень отзывчива на удобрения.

Органические удобрения. Озимые очень отзывчивы на органические удобрения, окупаемость которых выше, чем при возделывании яровых зерновых.

Внесение 20 т/га навоза под озимые обеспечивает прибавку зерна:

– на дерново-подзолистых почвах – 7 ц/га;

- на серых лесных и выщелоченных чернозёмах – 5-6 ц/га;
- на обыкновенных и южных чернозёмах – 3 ц/га.

Обычно под озимые вносят органические удобрения в норме 20-30 т/га:

- на подзолистых почвах и в районах достаточного увлажнения дозы навоза составляет 35-40 т/га;
- на чернозёмах и в более засушливых условиях вносят пониженные дозы – 15-20 т/га.

Органические удобрения применяют или в чистом пару, или под парозанимающую культуру, при этом обязательно под озимые вносят минеральные удобрения. Если предшественник убирают рано, то органические удобрения вносят непосредственно под озимые, под вспашку. Под озимые и парозанимающие культуры следует применять полуперепревший навоз. Если под озимые проводят поверхностную обработку почвы, то навоз надо заделывать при глубокой зяблевой вспашке под парозанимающую культуру.

В южных районах навоз вносят на чёрных парах с осени или рано весной, а в Нечернозёмной полосе - весной под перепашку; на ранних парах – под основную вспашку весной.

На подзолистых почвах навоз компостируют с фосфоритной мукой. Доза: 12-15 т/га навоза и 3-4 ц/га фосфоритной муки. Под озимые вносят торф и приготовленные из него компосты.

Минеральные удобрения. Основное удобрение. Осенью фосфорно-калийные удобрения следует заделывать под плуг. Только небольшую дозу фосфорных удобрений (10-15 кг/га P_2O_5) оставляют для рядкового внесения. Если под озимые ограничиваются поверхностной обработкой почвы, то фосфорно-калийные удобрения лучше внести под парозанимающую культуру с расчётом на озимые.

После чистого пара, бобовых трав и зерновых бобовых культур значение фосфорно-калийных удобрений для озимых возрастает, а азотных – снижается. Азотные удобрения действуют наиболее сильно на почвах низкого

плодородия, а также в случае короткого периода между уборкой предшествующей культуры и посевом озимых, когда в почве не может накопиться достаточного количества минерального азота.

Азотные удобрения в качестве основного вносят под озимые с заделкой плугом культиватором или дисковой бороной. Избыточное питание растений азотом в осенний период снижает накопление в них сахаров и ухудшает устойчивость к перезимовке. Однако и недостаток азота в этот период также отрицательно сказывается на развитии озимых.

При размещении озимых по чистому пару, после высокоурожайных бобовых, многолетних трав и зерновых бобовых, по хорошо унавоженному занятому тому пару - отпадает необходимость предпосевного внесения азота:

- при раннем подъеме пласта высокоурожайных многолетних бобовых (бобово-злаковых) трав и благоприятных погодных условиях интенсивно протекает минерализация их пожнивно-корневых остатков и в почве накапливается достаточное количество минерального азота;

- при поздней распашке многолетних трав период от обработки почвы до посева озимых сокращается и разложения пожнивно-корневых остатков протекает слабо, особенно при низких температурах и избытке влаги. Озимые могут испытывать недостаток азота в осенний период и его необходимо восполнить минеральными удобрениями.

В почвенно-климатических районах с короткими мягкими зимами и где исключены значительные потери азота из почвы от вымывания, целесообразно внесение всей нормы азота до посева (Центрально-Чернозёмная зона, Северный Кавказ). Если весна дружная и почва подсыхает быстро, поверхностное внесение азотных удобрений в подкормку может быть менее эффективно по сравнению с использованием всей нормы азота перед посевом с заделкой в почву.

Количество азотных удобрений под озимые перед посевом зависит от:

- величины планируемого урожая;
- накопления азота в растениях за осенний период в фазе кущения;

– предшественника и его удобрённости.

Примерная норма внесения азота под озимую пшеницу на дерново-подзолистых почвах приводится в таблице 5. Если азот вносится при посеве в рядки в виде комплексного удобрения, то нормы азота до посева уменьшаются на соответствующее количество. Следовательно, в осенний период (основное удобрение + рядковое) вносится 20-40 % азота от его общей нормы, то есть примерно 30 %.

Таблица 5

Внесение азота (в кг/га) в основное удобрение под озимую пшеницу на дерново-подзолистых почвах

Предшественник	Урожай 30 ц/га		Урожай 40 ц/га		Урожай 50 ц/га	
	общая норма N	в том числе основное удобрение	общая норма N	в том числе основное удобрение	общая норма N	в том числе основное удобрение
Занятый пар (вико-овес, горох-овес)	90	40	140	60	180-200	70
Занятый пар, навоз 30 т/га	60	0-10	120	25	170	40
Многолетние травы (клевер и тимофеевка), урожай сена 40 ц/га	40	0-15	100	30	150	40

Рядковое удобрение – важный агрохимический прием. Главная роль в нём принадлежит фосфору, меньшая – азоту, а калий практически не

оказывает положительного влияния. Действие азота в припосевном удобрении проявляется обычно после непаровых предшественников, когда почва обеднена минеральным азотом.

Рекомендуемая доза рядкового удобрения 10 кг P_2O_5 в виде гранулированного суперфосфата или $N_{10}P_{10}K_{10}$, $N_{10}P_{10}$ – в виде комплексных удобрений. При более высоких дозах окупаемость 1 кг д.в. удобрений снижается.

Высокая доза азотных и калийных удобрений при внесении в рядки при посеве может снизить всхожесть семян ввиду высокой концентрации солей.

Высокая окупаемость фосфорных удобрений в рядки наблюдается на почвах, слабо обеспеченных подвижным фосфором (1-3 класс), и в случае, когда перед посевом применяют низкие дозы фосфорных удобрений.

Лучше всего вносить рядковое удобрение комбинированными сеялками. При рядковом внесении гранулированного суперфосфата создаются наилучшие условия для питания растений, особенно в первые фазы роста. Благодаря этому усиливается развитие корневой системы, она лучше ветвится, увеличивается количество корневых волосков, это способствует более глубокому проникновению корней в почву и повышению зимостойкости озимых.

Подкормка. При весенней подкормке озимых эффективны только азотные удобрения, фосфорные и калийные в этом случае дают незначительный эффект, не оправдывающий производимых затрат. Эффективность азотной подкормки озимых снижается с севера на юг и юго-восток, то есть с ухудшением условий увлажнения.

Внесение 30 кг/га азота в подкормку озимых весной обеспечивает прибавку зерна ~ 0,3 т/га в среднем по стране, на дерново-подзолистых почвах – 0,5-0,6 т/га.

После перезимовки ослабевшим растениям необходим азот для интенсивного отрастания. К этому времени (дерново-подзолистые почвы Нечернозёмной зоны) азот минеральных удобрений, даже если он был внесён

до посева, под влиянием осадков осенне-весеннего периода мигрирует из зоны корней в нижележащие почвенные слои. Низкая температура и повышенная влажность почвы рано весной задерживают в ней активные микробиологические процессы, в результате растения испытывают крайний недостаток минеральных форм азота.

Для проведения подкормки используют аммиачную селитру, сульфат аммония и мочевины, которую необходимо обязательно заделывать на 5 см в почву, при поверхностном внесении потери азота из удобрения в отсутствии осадков будут составлять 10-30 %). Ранней весной несколько лучший эффект получается от аммиачной селитры, поздней осенью – от сульфата аммония. При применении аммиачной селитры весной отмечено наиболее рациональное азотное питание озимых: аммиачный азот некоторое время удерживается в верхнем слое почвы, а нитратный быстро передвигается вниз, в зону развития корней. Для использования растениями азота мочевины требуется время на её аммонификацию. При этом происходит его потеря в виде аммиака (10 % и более NH_3).

Когда подкармливать озимые культуры? Разные сроки подкормок диктует нам погода. Озимые начинают отрастать, когда среднесуточная температура $\sim +5^\circ$ (последняя декада апреля в Нечерноземной зоне). Почва мягкая, вязкая, на поле – грязь, трактор не проедет, увязнет в грязи.

1. Внести подкормку теоретически можно с самолёта (летательных аппаратов) (1 ц/га $\text{NH}_4\text{NO}_3 \sim 35 \text{ кг N}$). На практике, если пониженные участки рельефа, – не годится.

2. Для условий производства лучший способ внесения подкормки по «черепку»: снег с полей сошел, почва переувлажнена, утренние заморозки сковывают почву. Трактор, проезжая по такой замёрзшей почве, вносит азотные удобрения, при этом он не повреждает растения, которые находятся в фазе кущения. Но время «черепка» держится недолго, сложно поймать, когда утром точно будут заморозки. Если пропустить время «черепка», то трактор на поле не сможет проехать, почва мягкая, вязкая, необходимо ждать, когда

почва просохнет. На просохшей почве удобрения не работают, необходимо наличие влаги. Если время упущено, с такой эффективностью подкормить не удастся (критический период кущения).

3. Когда трактор может войти в поле. Для этого поле должно просохнуть. Если не выпадут осадки, азотные удобрения не сработают. Эффект от такой подкормки – 30-35 % от «черепка».

4. Поверхностное внесение и боронование (удаляет плесень и немного рыхлит). При бороновании, чтобы не травмировать растения, лучше использовать «средний зигзаг», если пройдут дожди, то «слабый зигзаг». Эффективность подкормки – 37 % от «черепка».

5. Проведение прикорневой подкормки с помощью зерновой сеялки поперек рядков растений (или по диагонали). Если почва тяжелая, врезания не произойдет (царапанье); если почва более легкая, то лучше. Использовать необходимо старую сеялку, так как удобрения - агрессивный материал, вызывающий коррозию металла. Сеялка вносит удобрения на глубину ~ 5 см, а это пересыхающий слой, эффективность подкормки ниже. Так эффективность подкормки зерновой сеялкой с последующим боронованием – 67 %, а эффективность подкормки зерновой сеялкой без боронования – 55 %.

6. Проведение подкормки в фазу выхода в трубку поверхностно, без вырезания. Растения в эту фазу ломкие, ломаются от давления трактора. Если осадков не будет в течение недели после проведения подкормки, эффекта не будет. Для проведения подкормки необходимо оставить технологическую колею, от общей площади посевов потери 8-10 %. Не добираться урожай. На этой площади размножаются сорняки. Если планируются обработки химическими средствами защиты, то такая колея нужна, если нет, то можно обойтись без неё.

7. Для южных регионов позднюю осеннюю подкормку озимых рекомендуется проводить только на ровных по рельефу участках и на связных почках, чтобы избежать существенных потерь азота от смыва и вымывания. Не следует вносить азотные удобрения в подкормку озимых по снежному

покрову, а также по свежему рыхлому снегу, так как возможно сдувание их вместе со снегом. На юге зима короткая, снег быстро тает. Где нет суровой зимы весь азот необходимо вносить до посева. Эффективность подкормки – 70 % от «черепка».

8. Подкормка дает неплохой результат при проведении её весной на ровных участках по 5-7-сантиметровому слою плотного снега. Эффективность подкормки без боронования – 55 %, с боронованием – 70 % от «черепка».

По данным опытов, внесение $N_{40-60}P_{50-60}K_{30-60}$ обеспечивает прибавку урожая зерна озимой пшеницы в основных районах её возделывания от 6 до 10 ц/га. Более высокая отдача от удобрений отмечается в зонах с достаточных количеством осадков.

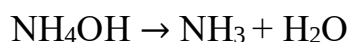
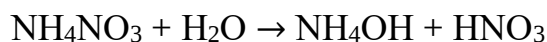
Различные сорта озимых зерновых культур неодинаково отзываются на улучшение минерального питания. Это обусловлено потенциальными возможностями сорта и устойчивостью его к полеганию. Более урожайные сорта требуют и более высоких норм удобрений.

Правильное применение удобрений способствует наряду с увеличением урожайности озимых повышению качества зерна. На качество зерна озимой пшеницы положительное влияние оказывает поздняя некорневая подкормка в фазу или колошения, или цветения, или начала молочной спелости. Лучшее азотное удобрение для некорневой подкормки – мочевина, содержащая 46 % азота. Рабочие концентрации её для опрыскивания растений можно доводить до 20-30 и даже 40 %. 20%-ный раствор - в фазы колошения или цветения, более высокая концентрация раствора может вызвать ожоги. 30%-ный раствор – в фазу молочной спелости.

Мочевина:

- источник азотного питания;
- физиологически активное вещество, существенно усиливает фотосинтез;
- увеличивает распад белков в листьях, тем самым способствует более полному оттоку азотистых веществ из листьев в колос.

Аммиачная селитра (NH_4NO_3) дает сильные ожоги растений при 2-5%-ной концентрации раствора. Мочевина – органическое вещество, на катионы и анионы в растворе не распадается. Аммиачная селитра (NH_4NO_3) – соль, образованная слабым основанием и сильной кислотой. Содержит 34,6% азота ($\sim 50\% \text{NO}_3^-$ и $\sim 50\% \text{NH}_4^+$). Гидролиз по катиону:



Азотная кислота (HNO_3) – сильная кислота, вызывает ожоги растений. Объем раствора готовят 300-350 л/га, содержащий 30-40 кг азота. Перед проведением подкормки обязательно необходимо провести растительную диагностику (табл. 6-7).

Таблица 6

Оптимальное содержание общего азота в растениях озимых зерновых культур, в % на сухую массу

Фаза развития	Озимая рожь	Озимая пшеница
Кущение	$\sim 4,5$	5
Выход в трубку	3,5	4
Колошение	-	3,7

Таблица 7

Содержание азота в листьях для проведения подкормки, в % на сухую массу

Фазы развития	Общий азот
Массовое колошение – начало цветения	~ 4
Массовое цветение	$\sim 3,5$
Формирование зерновки	$\sim 3,5$

На величину урожая данная подкормка не действует, только на показатели качества:

- увеличивает содержание сырого белка на 1-3%;

- повышает содержание сырой клейковины на 4-8 %;
- увеличивает стекловидность на 15-50 %.

Жидкую некорневую подкормку следует проводить в пасмурную погоду, а также рано утром или вечером. Если вслед за подкормкой пройдет дождь, то эффективность её резко снижается. При попадании на почву, азот из удобрений теряется. В сухом виде подкормка дает худший результат, чем в жидком. При неправильном установлении необходимости подкормки, увеличивается себестоимость продукции.

Когда оправдана подкормка? Когда позволяет повысить класс зерна пшеницы (повысить содержание белка). Если не позволяет – проводить не нужно. Должна быть надбавка на качество. Если дано правильное количество азота до посева и проведены подкормки, то позднюю некорневую подкормку можно не проводить, изменить уже ничего не удастся.

В норму удобрений (рассчитанную) не включают количество азота, внесённое с данной подкормкой. Например, для получения запланированного урожая необходимо внести 90 кг азота, а также для улучшения качества продукции решено провести позднюю некорневую подкормку, количество азота составит: 90 кг N (расчётное) + (30-45) кг N (с мочевиной).

При проведении поздней некорневой подкормки необходимо оставить технологическую колею (потери площади пашни и, следовательно, урожая).

В таблице 8 приводятся нормы удобрений под озимые культуры на планируемый урожай.

Обработка почвы. Система обработки почвы под озимые строится в зависимости от:

- предшественника;
- засоренности полей;
- района возделывания.

Озимая пшеница очень отзывчива на глубину вспашки.

После уборки парозанимающей культуры необходимо пахать плугами с предплужниками и своевременно бороновать. Вслед за уборкой пропашных

поле культивируют и боронуют. В сухие годы по посеву озимой пшеницы следует пустить каток с одновременным легким боронованием. Прикатывание обеспечивает дружные всходы озимых, их нормальное развитие, а также устраняет возможность оседания почвы, что улучшает условия перезимовки.

Таблица 8

**Нормы удобрений под озимые зерновые культуры при среднем
содержании в почве подвижных форм фосфора и калия**

Почвы	Предшественник	Планируемый урожай (ц/га)	Нормы удобрений (навоз, т/га; минеральные удобрения, кг/га)			
			навоз	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Дерново- подзолистые среднесуглинистые и серые лесные	Занятый пар	30-35	30- 40	80- 100	80- 100	60- 80
	»	40-45	30- 40	120- 130	90- 120	80- 100
Выщелоченные черноземы	Непаровый предшественник	30-35	-	60- 80	60- 90	60- 80
	Занятый пар	40-45	20	50- 70	50- 90	40- 50

При ранней вспашке с одновременным боронованием лучше сохраняется влага в почве, не наблюдается глыбистости, которая бывает при поздней вспашке. При поздней вспашке необходимо перед посевом прикатать.

На ранней вспашке до посева озимых в случае появления сорняков проводятся 2-3 культивации с боронованием. Первые культивации делают

более глубокими, а предпосевную - на глубину заделки семян. Такой способ обработки почвы – полупар. Широко распространён на юге. На чистых полях при сухой погоде в ряде случаев можно заменять глубокую вспашку 1-2-кратным дискованием.

Уход за посевами. При посеве озимой пшеницы в недостаточно влажную или рыхлую не осевшую почву полезно провести прикатывание посевов кольчатыми катками. Прикатывание способствует перемещению влаги в верхние слои почвы, что обеспечивает быстрое и дружное появление всходов и хорошее осеннее кущение.

Проросшие озимые слабоустойчивы к неблагоприятным зимним условиям. Чтобы уменьшить опасность их повреждения, растения подкашивают на одну треть высоты. Скошенную зелёную массу необходимо немедленно убрать с поля во избежание развития на растениях плесени. Подкашивать нужно своевременно, чтобы растения до наступления устойчивых холодов могли окрепнуть. Пастба на озимых категорически запрещается.

Важное значение имеет весеннее боронование с целью разрушения почвенной корки, удаления погибших и повреждённых растений, а также сорняков, которые - очаг распространения вредителей и болезней.

К боронованию приступают после того, как поверхность почвы немного подсохнет. Бороны пускают поперёк рядков посева или по диагонали, на слаборазвитых посевах и на тяжелых почках в два следа. Весеннее боронование посевов озимой пшеницы повышает урожай зерна на 2-3 ц/га.

Озимая пшеница в отличие от ржи весной развивается медленно и легко зарастает сорняками. Поэтому её рекомендуется пропалывать, удаляя крупные сорняки химическими средствами борьбы с сорняками. Для уменьшения полегания озимых используют ретарданты. Озимую пшеницу первый раз обрабатывают смесью тура (3 кг/га) и кампозана М (2 л/га) в начале выхода в трубку и второй раз – перед колошением (стебли становятся упругими). Объем готового раствора 400 – 500 л/га. Озимую рожь опрыскивают кампозаном М

(4 л/га) один раз – в начале фазы выхода растений в трубку. Обработка семян туrom повышает зимостойкость и засухоустойчивость растений.

Удобрение озимой пшеницы при орошении. Озимая пшеница в условиях орошения (Северный Кавказ, Поволжье) высевается по непаровым предшественникам (озимые и яровые хлеба, кукуруза, подсолнечник и другие). Важнейшим условием при этом является проведение осенних влагозарядковых поливов, которые обеспечивают появление дружных всходов, хорошее их развитие с осени, лучшую перезимовку растений и благодаря которым в почве создается необходимый запас влаги для дальнейшего развития пшеницы. Норма высева при орошении увеличивается на 10-15 % против обычной, а семена целесообразно заделывать на глубину 6-8 см. В этом случае узел кущения располагается глубже, и пшеница приобретает большую устойчивость против полегания и вымерзания.

Влагозарядковый полив (1000-2000 м³/га воды или 1000-2000 т/га, или 100-200 л/м²) проводят после глубокой вспышки. Осуществляется по бороздам, бороздам-щелям, по полосам. Почва промачивается на глубину 1-2,5 м. Урожай возрастает в 1,5-2 раза. Один влагозарядковый полив не обеспечивает нормальный режим влажности почвы в течение всей вегетации озимой пшеницы. Обычно проводит 2-3 вегетативных полива по 400-500 м³/га.

Органические удобрения вносят под предшествующую культуру в норме 20-50 т/га. Фосфорно-калийные удобрения заделывают под плуг (до влагозарядкового полива). Небольшую часть фосфорных удобрений (10-15 кг/га Р₂О₅) оставляют для рядкового внесения. Азотные удобрения вносят дробно: 1/3 азота от общей нормы вносят после влагозарядкового полива под культивацию, большую часть азотных удобрений при ранневесенней подкормке и 30-45 кг/га для некорневой подкормки в фазу колошения – цветения для повышения качества зерна. Влагозарядковые поливы проводят только на тяжелых почвах (тяжелосуглинистых, суглинистых).

Основные районы орошаемого земледелия озимой пшеницы – черноземы и каштановые почвы. Эффект от влагозарядкового полива 80-100

%. В условиях орошения рекомендуется вносить под озимую пшеницу в зависимости от почвенно-климатических условий и агротехнического фона 60-120 кг/га N, 60-90 кг/га P₂O₅, 0-30 кг/га K₂O.

Контрольные вопросы:

1. Перечислите основные биологические особенности озимых зерновых культур.
2. Какие требования озимые зерновые культуры предъявляют к почвам для получения высоких урожаев?
3. Расскажите о динамике поглощения питательных веществ. Каков их вынос озимыми зерновыми культурами в расчете на 1 т зерна с учетом соответствующего количества соломы?
4. Роль предшественников в специфике составления системы удобрения под озимые зерновые культуры.
5. Каковы особенности применения извести под озимые зерновые культуры?
6. Расскажите о нормах, месте и сроках внесения органических удобрений в севооборотах с озимыми зерновыми культурами.
7. Сроки внесения и способы заделки различных форм азотных, фосфорных и калийных удобрений в допосевной период.
8. В чем проявляется особенность совместного применения органических и минеральных удобрений под озимые зерновые культуры?
9. Какова доза рядкового удобрения под озимые зерновые культуры?
10. Сроки и способы подкормки озимых зерновых культур. Некорневая подкормка озимой пшеницы.
11. Особенности удобрения озимых при орошении.

ГЛАВА 2. УДОБРЕНИЕ РАННИХ ЯРОВЫХ ХЛЕБОВ

К этой группе хлебов относятся яровая пшеница, ячмень и овес. По площади посева и сбору зерна они занимают первое место среди всех сельскохозяйственных культур в нашей стране. Основные зоны производства

зерна яровой пшеницы – Поволжье, Урал, Западная и Восточная Сибирь, где сосредоточено около 95 % всех её посевов. Ячмень и овес возделывают почти повсеместно.

Народнохозяйственное значение. В зерновом балансе страны удельный вес *яровой пшеницы* очень большой как по размеру занимаемых площадей, так и по качеству её зерна. Содержание белка в зерне яровой пшеницы составляет 16-18 %, а в засушливые годы повышается до 21 % и более. Количество белка в зерне характеризует его питательность и в то же время является показателем объемного выхода хлеба. Многие сорта яровой пшеницы обладают зерном наивысших мукомольных и хлебопекарных качеств. Зерно твёрдых пшениц особенно богато белком: оно используется в хлебопечении в качестве улучшителя; из него вырабатывают также лучшие сорта манной крупы, вермишели, лапши и макарон.

Использования *ячменя* – продовольственное, техническое, кормовое. Из зерна ячменя готовят перловую, ячневую крупы, а также муку, которую в количестве до 20-25 % можно примешивать к ржаной или пшеничной муке. Широко используется ячмень для откорма свиней, для кормления лошадей. Ячмень дает отличное сырье для пивоваренной и спиртокуренной промышленности.

Зерно *овса* – незаменимый концентрированный корм для лошадей, молодняка других видов скота, а также для птиц; оно используется на производство круп, толокна, галет, кофе. Благодаря хорошей усвояемости белков, жира, крахмала и витаминов эти продукты имеют большое значение в диетическом и детском питании.

Биологические особенности. *Яровая пшеница* проходит стадию яровизации в более короткий период, чем озимая. Для яровизации мягких пшениц требуется температура 9-12 °С в течение 5-8 дней. Твёрдые пшеницы, как более позднеспелые, требуют более низких температур порядка 2-5° и более длительного срока – 8-14 дней. В зависимости от сорта и района возделывания яровая пшеница вызревает за 75-115 дней.

Ячмень относится к растениям длинного дня. Стадию яровизации ячмень проходит при температуре 2-5° в течение 5-10 дней. Ячмень – наиболее скороспелая культура (из яровых). Вегетационный период различных его сортов колеблется в пределах от 60 до 110 дней. Усвояющая способность корневой системы ячменя выше, чем у пшеницы, но ниже, чем у овса. Ячмень кустится значительно сильнее, чем овес и яровая пшеница.

Стадия яровизации у *овса* короткая, составляет 10-15 дней, проходит при температуре 2-5°. Вегетационный период овса 80-110 дней.

Отношение к теплу. Прорастание семян *яровой пшеницы* возможно уже при 1-2 °С тепла, а появление жизнеспособных всходов – при 4-5°. Кушение яровой пшеницы лучше проходит при температуре 10-12°. Пониженная температура почвы в этот период положительно влияет на образование и развитие узловых корней, а тем самым и на высоту урожая пшеницы. Сорты мягкой пшеницы более устойчивы к весенним заморозкам, чем твёрдые пшеницы.

Зерна *ячменя* начинает прорастать при температуре 1-2°. Оптимальная температура для прорастания 20-22°. Всходы выдерживают заморозки до 7-8°. Но в период цветения и созревания ячмень очень чувствителен даже к небольшим заморозкам. Для зародыша зерновки в период налива опасны заморозки 1,5-3°.

Овес – растение умеренного климата. Семена его начинают прорастать при 2-3°. В период всходов и кушения для овса предпочтительна прохладная погода – 15-18° тепла. Всходы овса переносят безболезненно кратковременные весенние заморозки 8-9°. По мере развития растений устойчивость овса к низким температурам ослабевает, во время цветения заморозки 2° являются для него губительными. В фазе молочной спелости овес менее чувствителен к холоду.

Отношение к влаге. Обычно *твёрдые пшеницы* сильнее страдают от почвенной засухи, но они лучше приспособлены к воздушной засухе, что может быть объяснено наличием у них длинных остей, ослабляющих влияние

суховеев на зерно. Периоды выхода растений в трубку и колошения являются критическими для яровой пшеницы. Недостаток воды в почве в это время ухудшает кущение, сокращает период роста от кущения до колошения, что сильно снижает урожай. Наиболее благоприятной для растений является влажность почвы в пределах 70-75 % её полевой влагоёмкости.

Среди хлебов первой группы *ячмень* считается одним из наиболее засухоустойчивых. К недостатку воды ячмень наиболее чувствителен в фазу выхода в трубку. Если в этот период в почве не будет содержаться необходимое количество влаги, колос не сможет нормально развиваться и в нем увеличится число бесплодных колосков, что приведёт к снижению урожая.

Овес – влаголюбивое растение. Пленчатое зерно его требует для набухания больше влаги, чем зерно голозерных культур. Критическим в потребности овса во влаге является период от выхода растений в трубку до выметывания. Особенно губителен для овса недостаток почвенной влаги за 10-15 дней до выметывания. Засуха в этот период может привести к резкому снижению урожая. Наилучшие урожаи овес дает во влажные годы с осадками в первой половине лета. Дождливая погода во второй половине лета сильно затягивает вегетационный период, вследствие чего овес не вызревает до наступления морозов.

Отношение к почве. *Яровая пшеница* весьма требовательна к наличию в почве легкодоступных питательных веществ, что объясняется её сравнительно коротким вегетационным периодом и пониженной усвояющей способностью корневой системы. Лучшие для твёрдой пшеницы почвы – черноземы, каштановые, суглинистые, средне- и слабоподзолистые, темноцветные суглинки. На подзолистых почвах необходимо вносить известь, органические и минеральные удобрения. Пшеница страдает от почвенной кислотности. Требует нейтральных или слабощелочных почв (рН 6,0-7,5).

Ячмень характеризуется относительной приспособленностью к любым почвам. По отзывчивости к плодородию почвы ячмень стоит ближе к

пшенице, чем к овсу. Для него более предпочтительны плодородные структурные почвы с глубоким пахотным горизонтом. С супесчаными и песчаными почвами ячмень мирится плохо. Ячмень лучше развивается при рН 6,8-7,5. Кислые почвы малопригодны.

К почвам *овес* менее требователен, чем другие яровые хлеба, что объясняется хорошо развитой его корневой системой и высокой её усвояющей способностью. Корневая система овса развивается на глубину до 120 см и в ширину до 80 см. Эта биологическая особенность овса позволяет ему извлекать питательные вещества из труднорастворимых соединений почвы. Овес может произрастает на супесчаных, суглинистых, глинистых и торфяных почвах. Овес лучше других зерновых культур удаётся на кислых почвах (рН 5-6,0) и хорошо на осушенных торфяниках. Несмотря на способность переносить кислые почвы, овес в то же время хорошо отзывается на известкование на кислых дерново-подзолистых почвах. Солонцеватые почвы для овса малопригодны.

Сроки посева. *Яровая пшеница* относится к культурам самых ранних сроков посева, запаздывание с посевом в большинстве районов значительно снижает её урожай. Сев начинают при температуре +2-3°. Работы следует провести в первую неделю после физического созревания почвы, так как растения лучше используют почвенную влагу, наблюдается быстрый рост растений, угнетение сорняков. *Ячмень* следует сеять одновременно с яровой пшеницей или сразу после неё.

Высевать *овес* надо в возможно ранние сроки. Вместе с тем некоторое запаздывание с севом овса не вызывает такого резкого снижения урожая, как при посеве яровой пшеницы и ячменя. Объясняется это тем, что овес сравнительно легко приспосабливается к условиям среды, а главное, меньше страдает от повреждения шведской и гессенской мухами, который часто являются бичом для яровой пшеницы и ячменя. Овес следует высевать сразу после яровой пшеницы и ячменя.

Норма высева. Яровая пшеница слабо кустится и поэтому хорошо отзывается на повышение норм высева. Эти нормы в зависимости от местности различны: в засушливых районах они ниже, чем в увлажнённых. При обычном рядовом посеве норма высева в Нечерноземной зоне составляет 200-225 кг/га или 6-7,5 млн зерен/га (2-2,3 ц/га). Нормы высева у ячменя изменяются в зависимости от района возделывания. В Нечерноземной полосе они колеблются в пределах 1,9-2,4 ц/га или 5,5-6 млн зёрен/га. Нормы высева овса значительно колеблются в зависимости от крупности и качества высеваемых семян, способов посева и влажности почвы. В Нечерноземной зоне 6-7 млн зёрен/га или 2-2,5 ц/га.

Глубина заделки семян яровой пшеницы колеблется в зависимости от почвенно-климатических условий. На тяжелых и средних почвах Нечерноземной полосы заделывать семена рекомендуют на 3-4 см, в Центрально-Черноземной зоне и северных районах Сибири – 3-5 см, в засушливых районах Сибири, Юго-Востока, Северного Кавказа – 5-8 см. На тяжелых глинистых почвах семена ячменя заделывают на 3-4 см, на лёгких супесчаных – на 5-6 см, а в засушливых районах – на 6-8 см. Глубина заделки семян овса также зависит от района, характера почвы и сроков посева. Семена овса заделывают мельче, чем семена ячменя и яровой пшеницы. В северных районах на тяжелых почвах глубина заделки не должна превышать 3 см, на осушенных болотах – 2 см. В полувлажных районах на черноземных почвах глубина заделки семян увеличивается до 4-5 см. При сильном пересыхании верхнего слоя почвы семена заделывают на 5-6 см.

Место в севообороте. Наиболее ценные предшественники для пшеницы – чистые пары, целина, залежь, пропашные культуры. На Северном Кавказе, в Центрально-Чернозёмных областях и на юге яровая пшеница хорошо удаётся после озимых, по пропашным (кукурузе, подсолнечнику, картофелю) и зернобобовым культурам, а также после бахчевых культур (арбузов, дынь). В Нечернозёмной полосе яровая пшеница высевается после унавоженного

картофеля, по пласту многолетних трав, обороту пласта (после льна), после озимых культур.

Лучшими предшественниками для *ячменя* служат пропашные культуры, озимые, зернобобовые культуры. В свекловичных районах прекрасным предшественником для ячменя является сахарная свёкла.

Овес лучше всего размещать после пропашных или зернобобовых культур. Овес требует много азота, поэтому хорошим предшественником для него является горох (прибавка урожая не менее 2-3 ц/га). Высокие урожаи овса получают при размещении его после озимых культур. В Нечерноземной полосе очень ценные предшественники для овса являются картофель и лен. Овес не рекомендуется высевать по свёкле, так как это ведёт к распространению общего для этих культур вредителя – нематоды. Плохо удаётся овес при возделывании его два года подряд на одном и том же поле, а также после ячменя.

Способы посева. Лучшие способы посева *яровой пшеницы* – узкорядный и перекрёстный. Яровая пшеница, посеянная названными способами, более устойчива к полеганию, отличается однородностью стеблестоя, одновременно созревает и образует больше плодоносящих колосьев, чем при сплошном рядовом посеве. *Ячмень* лучше всего сеять узкорядным и перекрёстным способами, также как и *овес*. Норму посева при узкорядном и перекрёстных способах сева следует повышать для яровой пшеницы и овса на 10-12 %.

Хозяйственный вынос. На 1 т зерна вместе с соответствующим количеством соломы яровые зерновые выносят (в кг):

Таблица 9

Хозяйственный вынос, кг/т

Культуры	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Яровая пшеница	38	12	25
Ячмень	27	11	24
Овес	30	13	29

Потребление питательных веществ у яровых зерновых культур происходит наиболее интенсивно в фазы выхода в трубку и колошения (табл. 10).

Таблица 10

Динамика поступления питательных веществ в яровые зерновые культуры, % от максимального

Фаза развития	Яровая пшеница				Овес		
	Сухое вещество	N	P₂O₅	K₂O	N	P₂O₅	K₂O
Кущение	12	33	42	37	-	-	-
Выход в трубку	30	65	57	68	-	-	-
Колошение	54	74	73	88	51	36	54
Цветение	77	87	85	100	82	71	100
Молочная спелость	100	100	100	87	90	83	88
Полная спелость	95	83	97	69	100	100	83

Органические удобрения. Яровые зерновые культуры хорошо отзываются на внесение органических удобрений, хотя и уступают в этом отношении озимым. Как правило, под яровые зерновые навоз не вносят.

Минеральные удобрения. В Нечернозёмной зоне на серых лесных почвах, оподзоленных, выщелоченных черноземах, на выщелоченных черноземах Зауралья и Восточной Сибири урожай яровых зерновых зависит от азотных удобрений; во втором минимуме находится фосфор; на третьем - калийные удобрения, высокое действие которых отмечается только на лёгких почвах.

На обыкновенных и выщелоченных черноземах Западной Сибири и обыкновенных чернозёмах Поволжья при недостаточном увлажнении урожай яровых зерновых повышается от внесения фосфорных и азотных удобрений. На обыкновенных, южных черноземах, каштановых почвах засушливых степных районов юга и юго-востока прибавка урожая яровых зерновых почти полностью зависит от фосфорных удобрений, азотные и калийные удобрения в этих условиях практически не действуют.

Основное удобрение. Если яровая пшеница высевается по чистому пару или хорошему пласту многолетних бобовых трав, то азотные удобрения или совсем не вносят, или применяют в малых дозах. Своевременная распашка пласта многолетних трав по сравнению с поздней способствует большему накоплению минерального азота в почве. После зернобобового предшественника доза азота обычно снижается в 1,5-2 раза. Во всех этих случаях возрастает роль фосфорных и калийных удобрений. Если яровые зерновые выращивают после недостаточно удобренного предшественника, выносящего из почвы с урожаем большое количество питательных веществ, повышается значение полного минерального удобрения (табл. 11).

Таблица 11

Примерные нормы минеральных удобрений, кг/га д.в. под яровую пшеницу

Район, почвы	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Центральные области лесостепи, выщелоченные и мощные черноземы	40	50	30
Степные районы юга и юго-востока, южные черноземы и каштановые почвы (при орошении)	90-120	70	30-40

**Примерные нормы минеральных удобрений, кг/га д.в. под яровую
пшеницу**

Район, почвы	N	P₂O₅	K₂O
То же, в условиях засоления	70-90	50	-
Обыкновенные и предкавказские черноземы (при орошении)	90-120	70-90	30
Степные районы, черноземы и каштановые почвы без орошения	-	50	-
То же, после поздно убранных предшественников и дождливой осени	40	50-70	-
Во всех районах при ограниченных ресурсах удобрений	-	10 (в рядки)	-

Азотные удобрения в зонах избыточного и достаточного увлажнения на дерново-подзолистых, серых лесных почвах, выщелоченных и оподзоленных чернозёмах следует применять весной. Однако аммиачные удобрения, особенно жидкие, на связных почвах можно вносить с осени. В зонах недостаточного увлажнения лучший эффект азотные удобрения часто обеспечивают при заделке их плугом с осени под зябь, чем весной под культиватор.

Внесение до посева фосфорно-калийных удобрений осенью под плуг обеспечивает большую прибавку зерна яровых зерновых культур, чем при заделке их весной культиватором или дисковой бороной. Особенно это проявляется в зонах недостаточного увлажнения.

Рядковое удобрение. Во всех зонах страны вносят в рядки при посеве яровых зерновых культур около 10 кг/га P_2O_5 в виде гранулированного суперфосфата или комплексных удобрений.

Подкормка. Весеннюю подкормку яровых зерновых азотными удобрениями не проводят. Некоторое исключение могут составлять только районы орошаемого земледелия, где часть азота (30-40 кг/га) целесообразно выделять в подкормку ввиду возможного вымывания его из корнеобитаемого слоя почвы.

С целью повышения качества зерна (прежде всего яровой пшеницы), как для озимых, применяют некорневую подкормку растений мочевиной в фазе кошения-цветения. На 1 га расходуется 200 л 30%-ного раствора мочевины.

Внесение удобрений в средних нормах ($N_{40-60}P_{50-60}K_{0-40}$) обеспечивает в различных почвенно-климатических зонах страны прибавки урожая зерна яровых культур 3-8 ц/га. Наименьшие прибавки отмечаются в засушливой зоне, наибольшие - при орошении и в зонах достаточного увлажнения.

Для получения урожая зерна яровых культур 35-40 ц/га рекомендуется вносить на дерново-подзолистых среднесуглинистых и серых лесных почвах $N_{100-120}P_{80-100}K_{80-100}$, а на выщелоченных чернозёмах – $N_{60-70}P_{60-90}K_{50-70}$ при среднем содержании в этих почвах подвижных форм фосфора и калия.

В условиях орошения на южных чернозёмах и каштановых почвах для получения урожая зерна 40-45 ц/га следует вносить $N_{90-120}P_{60-90}K_{0-60}$.

При интенсивной технологии возделывания яровых зерновых культур используют весь научный комплекс агротехнических мероприятий, включающий интегрированную систему защиты растений, применение регуляторов роста, предусматривается технологическая колей (10,8 м). Фосфорные (кроме P_{10-20} в рядки) и калийные удобрения рекомендуется вносить более глубоко под основную обработку (под плуг) или локально-ленточно сеялками СЗС-2,1 и СЗС-2,1Л на глубину 10 см или плоскорезами-удобрителями КПП-2,2 и ГУН-4 на глубину 16-18 см. Азотные удобрения применяют в основное внесение, 30-40 кг азота мочевины – в некорневую

подкормку (для повышения качества зерна). При интенсивной технологии используют наиболее окультуренные, плодородные почвы. Для получения урожая зерна 5,0-5,5 т/га рекомендуется вносить: на дерново-подзолистых среднесуглинистых почвах с повышенным содержанием подвижных форм фосфора и калия по неунавоженному предшественнику $N_{150-180}P_{110-150}K_{120-150}$, по унавоженному предшественнику (30-40 т/га торфонавозного компоста) – $N_{120-150}P_{80-120}K_{100-120}$; на выщелоченных черноземах по унавоженному предшественнику (30 т/га навоза) – $N_{80-100}P_{70-100}K_{60-80}$. В степной зоне при выращивании яровой пшеницы по интенсивной технологии по чистому пару применяют в основное удобрение и в рядки $P_{40-70}K_{20-30}$, а под вторую культуру после пара – $N_{30-40}P_{40-60}K_{20-30}$ в сухостепной зоне – соответственно P_{30-60} и $N_{20-30}P_{30-50}$. Кроме того, по результатам листовой диагностики проводят некорневую подкормку мочевиной.

Удобрение яровой пшеницы при орошении. Особенности возделывания яровой пшеницы при орошении схожи с озимой пшеницей. Если с осени проводится влагозарядковый полив, то заделку азотных удобрений проводят после него (лучше в аммиачной и амидной формах) или весной под культиватор, а фосфорные и калийные удобрения – с осени под плуг. Влагозарядковый полив дает меньший эффект на яровой пшенице по сравнению с озимой, это связано с тем, что зябь с влагозарядкой поспевает весной на 4-7 дней позднее, чем неполиваемая. Вследствие этого сроки посева запаздывают, резко возрастает среднесуточная температура воздуха и почвы, сокращается период укоренения и кущения, всходы подвергаются более сильному повреждению скрытостебельными вредителями.

Контрольные вопросы:

1. Перечислите основные биологические особенности яровых зерновых культур.
2. Какие требования яровые зерновые культуры предъявляют к почвам для получения высоких урожаев?

3. Расскажите о динамике поглощения питательных веществ. Каков их вынос яровыми зерновыми культурами в расчете на 1 т зерна с учетом соответствующего количества соломы?

4. Роль предшественников в специфике составления системы удобрения под яровые зерновые культуры.

5. Каковы особенности применения извести под яровые зерновые культуры?

6. Сроки внесения и способы заделки различных форм азотных, фосфорных и калийных удобрений в допосевной период.

7. Какова доза рядкового удобрения под яровые зерновые культуры?

8. Некорневая подкормка яровой пшеницы.

9. Удобрение яровой пшеницы при орошении.

ГЛАВА 3. УДОБРЕНИЕ ЗЕРНОВЫХ БОБОВЫХ КУЛЬТУР

Народнохозяйственное значение. Одной из основных особенностей является высокое содержание белков в семенах, стеблях и листьях зерновых бобовых. В семенах многих из них содержится 26-30 % белка. Особенно много белка в семенах сои и люпина 35-45 %. Богатые белками семена зерновых бобовых растений обладают высокими пищевыми и кормовыми достоинствами. Наряду с белками в семенах зерновых бобовых содержится до 50 % углеводов, а в семенах сои и некоторых видов люпина также и значительное количество жира, что ещё больше повышает ценность этих растений. Наконец, в семенах и вегетативных органах зерновых бобовых обнаружены разнообразные витамины (А, В1, В2, С), повышающие их пищевое и кормовое значения. Особенно много витаминов в незрелых семенах бобовых (зелёный горошек) и в их листьях.

Народнохозяйственная ценность зерновых бобовых растений заключается также в том, что белки в семенах и вегетативных органах связываются в преобладающей части за счёт азота воздуха. Обладая способностью использовать атмосферный азот (с помощью клубеньковых

бактерий), зерновые бобовая растения не только не истощают почву, а, наоборот, обогащают её азотом. Так, однолетний люпин, запаханный в начале завязывания бобов, оставляет на гектар почвы 150-200 кг азота. Даже при запашке только пожнивных остатков люпина можно накопить в почве около 50 кг азота за счёт воздуха.

Некоторые бобовые обладают способностью использовать труднодоступные формы минеральной пищи. Так, люпин, а в известной степени также горох и конские бобы хорошо используют труднорастворимые фосфаты почвы, которые после отмирания их корневых остатков становятся доступными и для других растений.

В силу этих особенностей бобовые, произрастая на сравнительно бедных почвах, улучшают их. Особенно велика способность произрастать на бедных азотом почвах у люпина, часто возделываемого в качестве культуры зелёного удобрения даже на бесплодных песках.

Посевы зерновых бобовых по различным зонам нашей страны распределены неравномерно. Среди основных зерновых бобовых растений наибольшую площадь занимает культура гороха, возделываемого в районах, достаточно обеспеченных влагой. Больше всего гороха в Нечерноземной полосе и в увлажнённых районах Черноземной полосы. В Черноземных областях распространена культура чечевицы, а в более сухой зоне – культура нута и чины. Соя и фасоль преобладают на юге Европейской части России. Посевы люпина сосредоточены преимущественно в Нечерноземной зоне.

Особенности роста и развития растений. Появляющийся из прорастающего семени бобовых корешок быстро уходит глубоко в почву, образуя основной стержневой корень. Глубина проникновения зависит от проницаемости почвы, но нередко случаи, когда он достигает 1 м и более.

Наиболее интенсивный рост надземных органов наблюдается у зерновых бобовых в период бутонизации – до цветения (табл. 12). Цветение у зернобобовых растянуто и совпадает с интенсивным ростом растений, что

определяет большую требовательность их в этот период к влаге и питательным веществам (критический период).

Таблица 12

Динамика поступления питательных веществ, в % от максимального

Фаза развития	Сухое вещество, %	Содержание азота, %
Начало цветения	30	40
Полное цветение	80	100
Созревание	100	100

При заготовке сена, зелёной массы растения до созревания можно не доводить, 100 % азота накапливается при полном цветении. Если убирать растения в начале цветения (содержание сухого вещества – 30 %), то увозить будем из поля одну воду (~ 70 %). Не добор сухого вещества – 70 %, азота – 60 %.

Отношение к почве. Для культуры зерновых бобовых растений пригодны весьма различные почвы, кроме избыточно увлажнённых с близким расположением грунтовых вод или песчаных. Однако на песчаных почвах возможно культура люпина, особенно жёлтого, возделывание которого при внесении фосфорно-калийных удобрений служит средством окультуривания этих почв.

Зерновые бобовые растения предпочитают почву с нейтральной реакцией. Поэтому известкование кислых почв хорошо влияет на урожай. Исключением в этом отношении является люпин, не боящийся кислых почв и отрицательно относящийся к высокому содержанию извести в почве.

Отношение к климату. Требования к климатическим факторам у зерновых бобовых весьма различны, что и позволяет возделывать их в разных климатических зонах.

По длине вегетационного периода зерновые бобовые можно разделить на две группы:

1. Более короткий вегетационный период имеют: горох (75-100 дней), чечевица и чина (80-110 дней).

2. Более длинный – конские бобы (90-120 дней), фасоль (75-80 до 120 дней) и соя (100-160 дней).

По этой причине представители первой группы распространены севернее. Однако в пределах каждой культуры имеются скороспелые сорта с коротким периодом вегетации.

Отношение к теплу. С размещением зерновых бобовых в разных зонах связано также их требование к теплу. Некоторым показателем этого может служить минимальная температура прорастания семян: у гороха, чины, люпина – 1-2°, у чечевицы и конских бобов – 4-5°, у фасоли – 10°. Чем ниже температура прорастания семян, тем выше температура замерзания всходов. Так, горох погибает при заморозке 8°, конские бобы – при 5-7°, соя – при 2°, а фасоль – при 0-1°. В зависимости от начальной температуры прорастания семян и от чувствительности всходов к заморозкам устанавливаются и сроки посева зерновых бобовых.

Горох, чечевица, чина менее требовательны к теплу; фасоль, соя, нут и некоторые виды люпина предъявляют к теплу более высокие требования. Особенно важны повышенные температуры для зерновых бобовых растений в период налива и созревания семян. Отсюда видна опасность поздних сроков посева, затягивающих созревание на осень.

Отношение к влаге. Наиболее требовательны к влаге горох, конские бобы и люпин. Их культура приурочена к районам, достаточно обеспеченным влагой. Группу засухоустойчивых составляют нут и чина. Повышенную засухоустойчивость предъявляют также и некоторые сорта фасоли и чечевицы.

Отношение к почве отдельных культур. Лучшие для гороха – среднесвязные с суглинки и супеси, с содержанием достаточно фосфора, калия и извести. непригодны – лёгкие песчаные почвы, солонцеватые и заболоченные. Малопригодны – кислые почвы. Горох предпочитает

нейтральные почвы (рН 6,8-7,4), на которых высока активность клубеньковых бактерий. Для *чечевицы* лучшие почвы – лёгкие суглинки и достаточно плодородные супесчаные черноземы. На кислых почвах она растёт плохо. *Чина* малотребовательна к почвам и может расти даже на лёгких супесях. Лучше она удаётся на черноземных почвах. *Нут* к почвам менее требователен, чем горох, и удаётся на песчаных и засоленных почвах. *Конские бобы* предпочитают влажные, связные почвы. Предъявляют также требования к повышенному плодородию почвы. *Фасоль* плохо растёт на тяжелых глинистых почвах с высоким уровнем грунтовых вод, а также на засоленных почвах. Очень чувствительна она к кислой реакции (рН 6-7,5). Многоцветная фасоль лучше приносит избыточную влажность. *Соя* к почвам предъявляет высокие требования и хорошие урожаи дает только на плодородных почвах; вообще же она может произрастать на разных почвах, кроме кислых, сильно засоленных или заболоченных. *Люпин* к почвам не предъявляет высоких требований, особенно жёлтый люпин, лучше других произрастающий на песчаных почвах. Лучшие для них – глубокие, проницаемые, лёгкие почвы. Все виды люпина хорошо переносят кислые почвы. непригодны для возделывания люпина почвы заболоченные и засоленные, а также содержащие много извести.

Хозяйственный вынос. На 1 т зерна вместе с соответствующим количеством соломы зерновые бобовые выносят (в кг):

Таблица 13

Хозяйственный вынос, кг/т

Культура	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Горох	66	16	20
Вика	65	14	16
Люпин	68	19	47
Соя	71	16	18

Азотфиксация. Зерновые бобовые при оптимальных условиях выращивания усваивают из воздуха с помощью клубеньковых бактерий примерно две трети азота от общего его содержания в растении и одну треть используют из почвы. Поскольку азотфиксация сильно снижается на кислых почвах, возрастает роль почвенного азота в формировании урожая. Лучший азотфиксатор – люпин, худший – вика.

К примеру, урожай гороха составляет 3 т/га. 1 т зерна гороха с учетом соответствующего количества соломы выносит из почвы (с учетом азотфиксации) 66 кг азота.

Хозяйственный вынос азота: $3 \text{ т/га} \times 66 \text{ кг/т} = 198 \text{ кг/га}$.

В пожнивно-корневых остатках зернобобовых культур остается 1/2 от хозяйственного выноса азота.

Остаточный вынос азота: $198 \text{ кг/га} \times 1/2 = 99 \text{ кг/га}$.

Биологический вынос = Хозяйственный вынос + Остаточный вынос

Биологический вынос азота: $198 \text{ кг/га} + 99 \text{ кг/га} = 297 \text{ кг/га}$.

2/3 азота – азотфиксация;

1/3 азота – из почвы и удобрений.

За счет азотфиксации: $2/3 \times 297 \text{ кг/га} = 198 \text{ кг/га}$.

Из почвы и удобрений: $1/3 \times 297 \text{ кг/га} = 99 \text{ кг/га}$.

Таким образом, 99 кг азота горох использует из почвы и 99 кг азота оставляет в пожнивно-корневых остатках.

Баланс азота под посевами гороха: $99 \text{ кг/га} - 99 \text{ кг/га} = 0$.

Под чистыми посевами гороха складывается нулевой баланс азота. Последствие после гороха хорошее, но обогащение почвы азотом не происходит. Разложение пожнивно-корневых остатков растений происходит интенсивно. Коэффициенты использования азота из ПКО бобовых культур составляют: в первый год – 25 %, во второй год – 15 %, в третий год – 10 %.

При добавлении поддерживающей культуры баланс азота под посевами будет отрицательным.

Место в севообороте. В результате медленного начального роста *горох* в первые фазы развития сильно угнетается сорняками. Поэтому лучшими предшественниками для него служат культуры, оставляющие поле чистым от сорняков, но не сильно истощающие почву. Такими культурами являются озимые хлеба и пропашные растения, удобренные навозом. Частая повторная культура гороха на одном поле может привести к снижению урожая вызванному так называемым горохоутомлением почвы. Близкое расположение посевов гороха от клеверища опасно, так как на клевере зимуют клубеньковые долгоносики, повреждающие всходы гороха.

Лучшие предшественники для *чечевицы* - озимые хлеба и пропашные культуры. Сама чечевица хороший предшественник для яровых зерновых культур.

Чина в севообороте размещается после озимых и пропашных. Сама также хороший предшественник для яровых зерновых.

Нут мало требователен к месту в севообороте, но сам является хорошим предшественником для озимых и яровых хлебов. Благодаря короткому вегетационному периоду нута, озимая пшеница после него дает более высокие урожаи, чем после кукурузы. Нут высевают также в междурядьях подсолнечника или бахчевых культур.

Под *конские бобы* следует отводить в севообороте хорошо удобренные поля (после удобренных озимых или пропашных); можно размещать их и первой культурой по навозному удобрению. Их подсевают иногда в качестве дополнительной культуры к картофелю.

Фасоль как бобовая и пропашная культура является прекрасным предшественником для яровых зерновых культур. В южных влажных районах после фасоли можно получать урожаи озимой пшеницы не ниже, чем по чистому пару. Благодаря поздним срокам посева фасоль может служить для пересева погибших озимых хлебов.

Сою необходимо размещать на чистых полях, ближе к основному удобрению, например, после удобренных озимых. Соя – отличный

предшественник для яровых зерновых хлебов, сахарной свёклы, риса, масличных культур.

Органические удобрения. Зерновые бобовые хорошо отзываются на внесение органических удобрений, но чаще всего им приходится использовать их последствие.

Минеральные удобрения. Основное внесение удобрений. Поскольку зерновые бобовые сами могут фиксировать азот из воздуха, то прежде всего они нуждаются в фосфорно-калийных удобрениях.

Исследования показали, что относительное количество азота, фиксированного бобовыми культурами из атмосферы (в процентах от общего выноса азота растением), с увеличением нормы вносимого азота удобрений снижается. Поэтому и стали считать, что внесение азотных удобрений подавляет азотфиксацию бобовыми культурами. Если и рекомендуется вносить азотные удобрения под зерновые бобовые культуры, то только в небольших «стартовых» дозах (20-30 кг/га), чтобы обеспечить растения в начальный период роста, когда деятельность клубеньковых бактерий ещё слабая.

Эффективность азотных удобрений на бобовых культурах зависит от:

- кислотности почвы;
- фосфорно-калийного питания;
- влажности почвы;
- температуры почвы;
- инокуляции семян;
- применения разных форм азотных удобрений;
- применения микроудобрений (прежде всего молибдена).

Если уровень плодородия почвы не в состоянии обеспечить бобовые растения достаточным количеством минерального азота в начальный период их развития (до начала активной деятельности клубеньков) при других благоприятных факторах, то внесение азотных удобрений положительно сказывается на урожае бобовых и образовании на их корнях клубеньков и их

активности. Когда же количество минерального азота в почве вполне достаточно для начального развития бобовых (хорошо окультуренные почвы), то, как правило, азотные удобрения не эффективны.

Таким образом, количество необходимого минерального азота почвы для зерновых бобовых культур находится в прямой зависимости от величины общего урожая (если считать, что они используют из почвы $1/3$ азота от общего содержания в растениях). Поэтому не каждая почва в состоянии обеспечить зерновые бобовые необходимым количеством минерального азота для получения высокого урожая за счёт своего плодородия.

Примеры:

1. Запланированная урожайность гороха: 2 т/га;

Почва: выщелоченный чернозем;

Содержание Нлг: 10 мг/100 г почвы;

Вынос азота с запланированным урожаем: $30 \text{ кг/т} \times 2 \text{ т/га} = 60 \text{ кг/га}$;

Содержание азота в пахотном слое почвы: $10 \times 30 = 300 \text{ кг/га}$;

Коэффициент использования горохом азота из почвы: 20 %;

Используется горохом из почвы: $300 \text{ кг/га} \times 0,2 = 60 \text{ кг/га}$;

Необходимо внести азота с удобрениями: $60 \text{ кг/га} - 60 \text{ кг/га} = 0$.

2. Запланированная урожайность гороха: 2,5 т/га;

Почва: выщелоченный чернозем;

Содержание Нлг: 10 мг/100 г почвы;

Вынос азота с запланированным урожаем: $30 \text{ кг/т} \times 2,5 \text{ т/га} = 75 \text{ кг/га}$;

Содержание азота в пахотном слое почвы: $10 \times 30 = 300 \text{ кг/га}$;

Коэффициент использования горохом азота из почвы: 20 %;

Используется горохом из почвы: $300 \text{ кг/га} \times 0,2 = 60 \text{ кг/га}$;

Необходимо внести азота с удобрениями: $75 \text{ кг/га} - 60 \text{ кг/га} = 15 \text{ кг/га}$;

Коэффициент использования горохом азота из минеральных удобрений в первый год: 60-70%;

Требуется азотных удобрений: $\frac{15 \text{ кг/га}}{0,7} = 21 \text{ кг/га}$ или $\frac{15 \text{ кг/га}}{0,6} = 25 \text{ кг/га}$.

3. Запланированная урожайность гороха: 3 т/га;

Почва: выщелоченный чернозем;

Содержание N_{лг}: 10 мг/100 г почвы;

Вынос азота с запланированным урожаем: 30 кг/т × 3 т/га = 90 кг/га;

Содержание азота в пахотном слое почвы: 10 × 30 = 300 кг/га;

Коэффициент использования горохом азота из почвы: 20 %;

Используется горохом из почвы: 300 кг/га × 0,2 = 60 кг/га;

Необходимо внести азота с удобрениями: 90 кг/га – 60 кг/га = 30 кг/га;

Коэффициент использования горохом азота из минеральных удобрений
в первый год: 60-70%;

Требуется азотных удобрений: $\frac{30 \text{ кг/га}}{0,7} = 43 \text{ кг/га}$ или $\frac{30 \text{ кг/га}}{0,6} = 50 \text{ кг/га}$.

В вегетационных и полевых опытах кафедры агрохимии, показано, что при внесении азотных удобрений относительное количество фиксированного азота зерновыми бобовыми (в процентах от его накопления в растении) снижается (табл. 14).

Таблица 14

Урожай и накопление азота в инокулированных растениях вики, гороха и сои при различной обеспеченности минеральным азотом (вегетационные опыты, 6 кг почвы или песка на сосуд)

Доза азота, мг/сосуд	Урожай, г		Общий вынос азота с урожаем, мг	Усвоение азота растениями, мг		Азот фиксированный, % от общего накопления в растениях
	Общий (зерно + солома + корни)	зерна		из удобрений	из атмосферы	
Вика (песчаная культура)						
100	-	7,5	517	90	394	76

**Урожай и накопление азота в инокулированных растениях вики, гороха и сои при различной обеспеченности минеральным азотом
(вегетационные опыты, 6 кг почвы или песка на сосуд)**

Доза азота, мг/сосуд	Урожай, г		Общий вынос азота с урожаем, мг	Усвоение азота растениями, мг		Азот фиксированный, % от общего накопления в растении
	Общий (зерно + солома + корни)	зерна		из удобрений	из атмосферы	
250	-	9,9	737	214	491	66
1000	-	12,1	1088	700	355	32
Горох (почвенная культура)						
0	42,8	12,0	670	-	544	81
100	43,3	11,7	672	80	514	77
500	64,1	15,2	1009	400	531	53
1000	69,6	16,6	1245	700	497	40
Соя (песчаная культура)						
50	24,0	11,6	708	-	604	93
168	36,7	16,6	1050	-	839	80
504	58,6	24,2	1755	-	1273	72

Однако если обратить на абсолютное усвоение азота зерновыми бобовыми на различных фонах азотного удобрения, то при оптимальном азотном режиме ($\sim 1/2 - 1/3$ нормы азота удобрений от общего его выноса с урожаем) растения усваивали из атмосферы столько же и даже больше азота, чем без внесения азотных удобрений. При этом урожай также увеличивался.

Следовательно, при хорошей обеспеченности растений минеральными соединениями азота в начальные периоды развития и создании благоприятных условий для симбиотической азотфиксации во второй половине вегетации достигается оптимальное сочетание в использовании растениями азота обоих источников питания. Получается наиболее высокий урожай сухой массы и зерна, увеличивается общий вынос азота. При повышенной норме азота в среде клубеньки образовывались позже. Однако темп их развития затем возрастает и их становится даже больше, чем на бедном азотном фоне. Малые «стартовые» дозы азотных удобрений не давали эффекта.

При определении норм азотных удобрений под зерновые бобовые культуры можно рекомендовать следующий подход. Если урожай зерна гороха планируется 3,5 т/га, то при выносе на 1 т зерна (вместе с соломой) 66 кг азота общий вынос азота составит 231 кг/га. Примерно 1/2 часть азота от хозяйственного выноса содержится в пожнивно-корневых остатках, т.е. 116 кг/га. Следовательно, в урожае с 1 га всего содержится 347 кг азота. В лучшем случае при оптимальных условиях зерновые бобовые используют из почвы 1/3 азота и 2/3 за счет азотфиксации. В нашем примере растения используют из почвы около 116 кг/га азота (1/3 от 347 кг). Таким образом, растения потребляют из почвы столько же азота, сколько оставляют его в виде пожнивно-корневых остатков. Поэтому принято считать, что зерновые бобовые не изменяют баланс азота почвы, но сами в значительной степени обеспечивают себя азотом и оказывают хорошее последствие на другие культуры за счет высвобождения минерального азота при разложении корневых и пожнивных остатков. Однако 116 кг/га азота для создания урожая 3,5 т/га может обеспечить не каждая почва. Поэтому часть азота следует вносить с удобрениями. Так, если в черноземе содержится на 100 г почвы 10 мг легкогидролизуемого азота, то растение при коэффициенте его использования 20 % сможет усвоить 60 кг/га азота. Остальные недостающие 56 кг/га азота (если не применяются органические удобрения) надо внести с минеральными удобрениями. При коэффициенте использования азота

растениями в 1-й год из удобрений 60-70 % потребуется 80-93 кг/га д. в. На дерново-подзолистых или серых лесных почвах норма будет выше, так как из этих почв растения смогут использовать азота меньше.

В зоне промывного водного режима твердые азотные удобрения применяют весной. Используют сульфат аммония, мочевины, аммиачную селитру. С осени в зоне достаточного и избыточного увлажнения вносят аммиачную воду и безводный аммиак. Аммиачную селитру в южных регионах нежелательно использовать, так как могут быть потери в результате денитрификации. В зоне недостаточного увлажнения вносят с осени аммонийную и амидную формы азота.

Особое место среди зерновых бобовых культур занимает люпин, он не нуждается в азотных удобрениях.

Сроки внесения и способы заделки минеральных удобрений под зерновые бобовые такие же, как и для яровых зерновых культур. Фосфорно-калийные удобрения вносят с осени под плуг. Калийные удобрения желательно применять с меньшим содержанием хлора.

Рядковое удобрение. В рядки при посеве вносят гранулированный суперфосфат (или комплексные удобрения) в дозе 10 кг/га P_2O_5 , можно внести и 10 кг/га N.

Подкормки. Зернобобовые хорошо реагируют на обработку семян молибденом и на некорневую подкормку молибденовыми удобрениями.

Применяют:

- $(NH_4)_2MoO_4$ – молибденово-кислый аммоний (молибдат аммония), содержание молибдена – 50-52 %;
- Na_2MoO_4 – молибдат натрия, содержание молибдена – 36 %.

Этими удобрениями опрыскивают семена, растения.

Обработка семян гороха и вики молибденово-кислым аммонием: на 1 т семян берут 200-300 г удобрения, растворяют в 10-20 л тёплой воды. На брезенте размещают семена и обрабатывают с помощью лейки, перелопачивают.

Обработка семян люпина, кормовых бобов, сои (крупные семена): на 1 т семян берут 300-500 г молибденово-кислого аммония, растворяют в 20-40 л воды. Обработку семян проводят так же, как и посевной материал гороха и вики.

Обработка семян бобовых трав (мелкие семена клевера, люцерны и др.): на 1 т семян берут 5-7 кг молибденово-кислого аммония, растворяют в 20-40 л воды. Обработку семян проводят так же, как и посевной материал гороха и вики.

Молибдат натрия содержит 36 % молибдена, для обработки семян его необходимо брать в 1,5 раза больше для приготовления раствора.

Опрыскивание растений в фазах бутонизации-цветения: на 1 га берут 200-300 г молибденово-кислого аммония, растворяют в 250-300 л воды. Опрыскивание растений проводят рано утром или поздно вечером.

Обработка семян нитрагином соответствующей группы повышает урожай зерна на 1,5-3 ц/га. Инокуляция семян азотобактерином повышает урожай зернобобовых культур на 2-3 ц/га.

Контрольные вопросы:

1. Перечислите основные биологические особенности зерновых бобовых культур.
2. Какие требования зерновые бобовые культуры предъявляют к почвам для получения высоких урожаев?
3. Расскажите о динамике поглощения питательных веществ. Каковы их вынос зерновыми бобовыми культурами в расчете на 1 т зерна с учетом соответствующего количества соломы?
4. Роль предшественников в специфике составления системы удобрения под зерновые бобовые культуры.
5. Каковы особенности применения извести под зерновые бобовые культуры?
6. Сроки внесения и способы заделки различных форм азотных, фосфорных и калийных удобрений в допосевной период.

7. Как рассчитывают нормы азота под зерновые бобовые культуры?
8. Какова доза рядкового удобрения под зерновые бобовые культуры?
9. Сроки и способы подкормки зерновых бобовых культур.
10. Роль зернобобовых культур в балансе азота в севооборотах.

ГЛАВА 4. УДОБРЕНИЕ КАРТОФЕЛЯ

Народнохозяйственное значение. Картофель возделывают для пищевых, кормовых и технических целей.

Клубни картофеля содержат крахмал, азотистые соединения и ряд других веществ. В зависимости от сорта и условий выращивания картофеля количество крахмала в клубнях достигает 20 % и более. В клубнях картофеля имеется противоязвенный витамин С и витамины группы В, предохраняющие от заболевания нервную и кровеносную системы. В 300 г варёного картофеля содержится 21 мг аскорбиновой кислоты, что обеспечивает минимальную потребность человека в витамине С.

Велико значение картофеля в севообороте. Глубокая вспашка и неоднократное рыхление междурядий при уходе за картофелем способствуют устранению сорной растительности.

Картофель очень ценен и как парозанимающая культура: возделывание картофеля ранних сортов в паровом поле позволяет с одной и той же площади иметь два урожая. Кроме того, размещением картофеля в паровом поле решаются две задачи:

- 1) получению высокого урожая клубней;
- 2) хорошая подготовка поля под озимую культуру.

При возделывании картофеля в хозяйстве более равномерно распределяется труд. Посадку и уход за картофелем проводят после окончания сева яровых зерновых культур и до начала сенокоса, убирают ранний картофель перед жатвой хлебов, а средних и позднеспелых сортов после

уборки зерновых культур; перерабатывают клубни картофеля в осенне-весеннее время, свободное от полевых сельскохозяйственных работ.

Из картофеля можно получать спирт, крахмал, глюкозу, глюкозную патоку, сушеные брикеты, витамины и т.д. Картофельная мука в сочетании с пшеничной или ржаной мукой дает хорошего качества хлеб.

Картофель – прекрасный корм для свиней, молочного скота и птицы. Урожай 250 ц/га клубней картофеля дает возможность получить свыше 0,5 т свинины. При скормливании картофеля коровам их удои значительно повышаются.

Биологические особенности картофеля. Различают 4 основные фазы развития картофеля:

- 1) всходы;
- 2) бутонизация;
- 3) цветение;
- 4) созревание (естественное отмирание ботвы).

Начало бутонизации у большинства сортов совпадает с началом клубнеобразования.

К концу цветения, когда полностью формируется ботва, растения потребляют 2/3-2/4 питательных веществ (табл. 15). От всходов до начала бутонизации (май-июнь) среднепоздние сорта картофеля накапливают 20-27 % питательных веществ, от бутонизации до конца цветения (июль) – 40-60 % и после цветения – 20-33 %. У ранних сортов срок поступления элементов питания наименее короткий (~1-1,5 месяца). Поэтому неблагоприятные погодные условия в большей степени отражаются на раннем картофеле, чем на позднем. Ко времени уборки в клубнях картофеля накапливается ~ 80 % азота, 90 % фосфора и более 90 % калия от общего их количества во всём урожае.

В первую фазу развития (всходы) картофель потребляет мало питательных веществ почвы. Значительный запас питательных веществ в материнском клубне обеспечивает образование первоначальных органов

(наземных и подземных) с достаточной усвояющей поверхностью. В период от всходов до бутонизации возрастает потребность в азоте и фосфоре.

Таблица 15

**Прирост ботвы, клубней и накопление питательных веществ
картофелем, % от максимального**

Месяц (фаза развития)	Ботва	Клубни	N	P₂O₅	K₂O
Июнь (начало бутонизации)	38	6	27	23	20
Июль (бутонизация и цветение)	100	31	67	75	80
Август (наибольший рост клубней)	94	50	91	85	98
Сентябрь (созревание)	86	100	100	100	100

Максимальное поступление питательных веществ из почвы в растение совпадает с фазами бутонизации и цветения. Азот и калий продолжают усваиваться и в период от цветения до начала отмирания ботвы; в этот период поступление питательных веществ в растение снижается. Наибольшая обеспеченность растений в фазе от всходов до бутонизации азотом и фосфором благоприятствует образованию достаточной ассимиляционной поверхности листьев, необходимой для накопления органического вещества в клубнях. Достаточная обеспеченность картофеля в фазе бутонизации и цветения фосфором и калием ускоряет образование клубней и накопление в них крахмала.

Имеется и ещё одна биологическая особенность у картофеля — это способность его корневой системы при ограниченности её развития создавать огромную наземную массу (ботву) и клубни, превышающие вес корней в 10 раз и более.

Отношение к теплу. Минимальная температура для прорастания клубней и формирования нормальных ростков 7°. Наилучшая температура для ассимиляции 21°, при температуре воздуха 26-29° ассимиляция снижается, и при 35° она прекращается почти полностью. Воздействие высокой температуры (более 26°) вызывает сбрасывание картофельным растением цветов и бутонов.

Нормальному процессу клубнеобразования соответствует температура почвы 16-17°, а при 20° и выше процесс клубнеобразования замедляется. Длительное воздействие высокой температуры на клубнеобразование является крайне отрицательным, оно приводит к непродуктивному ветвлению столонов, измельчению клубней и вырождению их. При температуре почвы 29° и выше клубнеобразование прекращается.

Отношение картофеля к влаге различно в отдельные фазы его развития. Наибольшая обеспеченность растений водой требуется во время бутонизации и цветения. В эти периоды желательно иметь запас воды в почве, равный 80 % полевой влагоёмкости, в другие фазы жизни картофеля и до всходов оптимальный запас воды в почве, обеспечивающий нормальный рост и развитие, не должен снижаться менее 60 %.

Фаза бутонизации и цветения совпадает с началом процесса клубнеобразования, в этот период потребление растениями воды является наивысшим. При недостаточной обеспеченности растений в этот период водой рост клубней задерживается, процесс крахмалонакопления приостанавливается.

Картофель можно отнести к числу культур, умеренно требовательных к влажности почвы, так как испаряющая поверхность его на единице площади в сравнении с другими культурами значительно меньше.

Требования картофеля к почве определяются особенностями его строения. Мочковатая корневая система картофеля располагается в основном в пахотном слое, здесь же находятся и столоны, которые состоят из клеток вдвое крупнее, чем клетки корней. Такая особенность в строении столонов обуславливает их незначительную способность раздвигать почвенные частицы. Поэтому для нормального роста и развития столонов необходима рыхлая, легко проницаемая для воздуха почва.

Для картофеля лучшими почвами являются черноземы, окультуренные торфяники, легкие и средние суглинки дерново-подзолистых почв. Картофель можно возделывать и на супесчаных почвах: при соответствующем уходе на этих почвах можно получать клубни с нормальным содержанием сухих веществ, главным образом крахмала.

Тяжелые суглинистые почвы менее пригодны для картофеля. При избыточном увлажнении эти почвы способствуют заболеванию мокрой гнилью, а при недостаточной обеспеченности влагой и сильном уплотнении задерживают рост столонов и образование клубней. Наилучший рост и развитие картофеля наблюдается при pH 5,1-5,5; при pH ниже 4 и выше 8 развитие картофеля ухудшается.

Оптимальная реакция среды слабокислая. Картофель по сравнению с большинством полевых культур лучше переносит кислые почвы и более высокие концентрации почвенного раствора.

Хозяйственный вынос. На 10 т клубней при соответствующем количестве ботвы разные сорта картофеля в зависимости от почвенно-климатических условий выносят 40-70 кг азота, 15-20 кг фосфора и 60-90 кг калия. Как правило, ранние сорта потребляют меньше питательных веществ на единицу основной продукции, чем поздние, что объясняется прежде всего более высоким соотношением ботвы и клубней у поздних сортов.

Место в севообороте. К лучшим предшественникам картофеля относятся:

- оборот пласта многолетних трав;

- озимые культуры по чистым и занятым удобренным парам;
- зерновые бобовые культуры;
- однолетние бобово-злаковые смеси;
- пласт многолетних трав.

В центральных районах Нечерноземной полосы допустима повторная культура картофеля.

В Нечерноземной полосе и в районах с орошением экономически и агрономически целесообразна замена чистых паров занятыми. Основной парозанимающей культурой в этих районах должен быть картофель ранних сортов. На паровых полях, заправленных с осени органическими удобрениями, получают высокие урожаи раннего картофеля без значительного снижения урожая основной культуры - озимой пшеницы или озимой ржи.

Известкование. Избыточное известкование почвы вызывает парши на клубнях, снижает содержание в них крахмала и ухудшает лежкость при хранении. Известкование прежде всего уменьшает доступность калия для растений (особенно у картофеля, льна и люпина). Это происходит вследствие обогащения почвенного раствора кальцием (или кальцием и магнием). В результате соотношение между калием, с одной стороны, и кальцием, и магнием – с другой, резко изменяется, поглощение калия растениями снижается. Поэтому при известковании следует вносить повышенные нормы калийных удобрений (увеличить норму на 30-50 %). На известкованных почвах сильно снижается доступность бора. Исправить это можно применением борных удобрений (0,7-1 кг/га д.в.).

Отрицательное действие извести на картофель объясняется также нарушением оптимального соотношения в поглощении между кальцием и магнием. Поэтому известковые удобрения, содержащие магний, наиболее желательны в севооборотах с картофелем, особенно на легких почвах. Поскольку в севооборотах наряду с картофелем выращивают другие культуры, которые очень хорошо отзываются на известкование, этот прием

следует проводить с учётом биологических особенностей всех культур. Обычно в севооборотах с картофелем нормы извести снижают от полной N_T на 1/3 на средних и тяжелых по гранулометрическому составу почвах и на 1/2 на легких.

В севооборотах со значительным содержанием картофеля (2 поля и больше) дозы извести обычно составляют не более 1/2 от полной. Учитывая, что действие извести начинает существенно проявляться на 2-3 год после её внесения и затухает на 5-й и 6-й годы при дозах, равных 1/2 от N_T , её следует применять или непосредственно под картофель (лучше весной под культиватор), или за несколько лет вперед, т.е. когда картофель будет испытывать слабое последствие извести.

Если почвы средне- и сильнокислые ($pH_{\text{сол}} - 5$ и ниже), то известкование полей под картофелем обязательно. Отрицательное действие извести (даже полной нормы) на картофель можно снять внесением повышенных норм калия, применением известково-магневых (доломитовая мука и др.) и борных удобрений.

Полная норма извести действует 10-15 лет, половинная – 5-6 лет.

Органические удобрения. Картофель очень хорошо отзывается на внесение органических удобрений. Ранние его сорта ввиду более короткого вегетационного периода используют питательные вещества навоза менее продуктивно, чем поздние.

Наиболее сильное действие навоза на урожайность картофеля отмечается на дерново-подзолистых почвах легкого гранулометрического состава, а также в зонах достаточного увлажнения.

Оптимальная норма навоза с точки зрения окупаемости 1 т его прибавкой урожая составляет для дерново-подзолистых почв до 40 т/га, а для черноземов – 20 т/га. При увеличении норм этого удобрения окупаемость снижается, хотя урожайность увеличивается. По усредненным опытным данным, внесение 20-40 т/га навоза в различных почвенно-климатических зонах обеспечивает прибавку урожая клубней 25-60 ц/га. Часто хозяйства

Нечерноземной зоны для получения высоких урожаев картофеля хорошего качества применяют навоз или компост в норме 50-80 т/га.

На песчаных, супесчаных и легкосуглинистых почвах в зонах достаточного и избыточного увлажнения наибольший эффект дает весеннее внесение навоза, на средних и тяжелых – осенью под зябь.

При внесении в почву 30 т/га навоза дополнительно ежедневно выделяется 100-200 кг/га CO₂. Для создания же урожайности картофеля 30-40 т/га требуется ежедневно 200-300 кг CO₂. Только за счет CO₂ прибавка урожая клубней может возрасти на 30-40 %.

Из навоза картофель получает калий в легкодоступной форме и практически без хлора, что также очень важно.

Дополнительно к навозу необходимо вносить азотные удобрения, так как в первый год лучше используются фосфор (коэффициент использования фосфора из органических удобрений в первый год – 30 %) и калий (коэффициент использования калия из органических удобрений в первый год – 60 %), а не азота (коэффициент использования азота из органических удобрений в первый год – 20 %). При применении фосфорных и калийных удобрений урожайность клубней картофеля может увеличиться в два раза и более, чем при внесении азота.

На 10 т навоза вносят 10-15 кг азота. К примеру, при применении 30 т навоза, необходимо дополнительно внести 45 кг азота.

Соотношение минеральных удобрений под картофель (3 класс по содержанию P₂O₅ и K₂O; нет бобового предшественника):

$$N : P_2O_5 : K_2O = 1 : 1 : 1,5.$$

При таком соотношении питательных веществ в удобрениях получают одинаковые прибавки урожая от каждого элемента питания.

Если вносят 40 т навоза, то доза минеральных удобрений:

$$\begin{aligned} N & : P_2O_5 : K_2O \\ 60 \text{ кг} & : 60 \text{ кг} : 90 \text{ кг} \\ + 60 \text{ кг} \end{aligned}$$

120 кг : 60 кг : 90 кг

Следует отметить, что обильное фосфорно-калийное питание улучшает качество продукции (лучшее крахмалонакопление).

Органические удобрения:

- 1) улучшают водно-физические свойства почвы;
- 2) улучшают тепловой режим почвы;
- 3) содержат большое количество микроэлементов;
- 4) из органических удобрений в первый год лучше используется фосфор;
- 5) содержат богатую микробиологическую флору;
- 6) практически не содержат хлора, картофель – хлорофобная культура;
- 7) повышают удельный выход крупных клубней в структуре урожая.

Навоз не должен быть заражен разными болезнями. Однако в настоящее время не существует эффективных приемов обеззараживания.

Использование под картофель торфа малоэффективно. Внесение 30-40 т/га торфа редко обеспечивает прибавку урожая клубней более чем на 10-20 %. Слабая эффективность чистого торфа объясняется тем, что органическое вещество его трудно разлагается в почве. Если применять торф в чистом виде, выгоды не будет, так как внесение 100 т торфа дает 18-20 ц клубней, а 100 т/га, это 10 кг торфа на 1 м², затраты большие, а отдача слабая. Торф лучше применять для компостирования.

На песчаных и супесчаных почвах высокий результат дают сидеральные удобрения, с которыми следует дополнительно вносить прежде всего фосфорные и калийные.

Минеральные удобрения. Основное удобрение. В районах достаточного и избыточного увлажнения твердые азотные удобрения следует применять весной под перепахку или культивацию зяби, а жидкие аммиачные на связных почвах можно носить под зябь. Фосфорные удобрения (кроме

гранулированного суперфосфата) и калийные (особенно хлорсодержащие) лучше заделывать с осени под плуг.

Только на песчаных и супесчаных почвах калийные удобрения целесообразно применять весной. Гранулированный суперфосфат и гранулированные комплексные удобрения дают наибольший эффект при внесении их в борозду при посадке картофеля. При других обстоятельствах их лучше заделывать не осенью под зябь, а весной под её перепашку.

На пойменных и торфянистых почвах минеральные удобрения следует вносить только весной.

Можно использовать азотные удобрения: аммиачную селитру (NH_4NO_3), сульфат аммония ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$), мочевины ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$). При высаживании картофеля как монокультуру наилучшее азотное удобрение - сульфат аммония ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$), физиологически кислое удобрение. Избыточное известкование отрицательно действует на качество картофеля, поэтому в первые годы после внесения извести необходимо применять физиологически кислые удобрения.

Фосфоритную муку можно применять при $\text{pH} = 5$ и менее. При $\text{pH} = 5,1-5,5$ фосфоритная мука действует слабо, лучше применять суперфосфат.

Хорошие калийные удобрения под картофель, не содержащие хлор, - сернокислый калий (K_2SO_4) (дорогой, применяется, как правило, в овощеводстве), калиймагнезия, калиймаг. На 1 кг д.в. K_2O в хлористом калии (KCl) приходится 0,9-1 кг хлора; на 1 кг д.в. K_2O в калийной соли – 1,4-1,9 кг хлора; на 1 кг д.в. K_2O в каините, карнолите – 2,5-3 кг хлора; на 1 кг д.в. K_2O в сильвините приходится до 5 кг хлора (12-13 % K_2O). Поэтому сырые калийные соли не применяют под картофель. Есть даже вносить их с осени, то весь хлор может не вымыться. К примеру, при внесении сильвинита крахмалистость клубней снижается, урожайность при этом немного повышается. Под картофель можно использовать цементную пыль, не содержащую хлор.

Итак, органические, фосфорно-калийные удобрения под картофель вносятся с осени под плуг на суглинистых почвах. На супесчаных почвах

органические удобрения вносятся весной, калийные удобрения - также весной под перепахку. Глубина вспашки – 20-25 см, а глубина перепахки – 16-17 см. Азотные удобрения в аммиачной и амидной формах в южных регионах, где нет промывного водного режима, можно вносить с осени (сульфат аммония, мочевины). В южных районах – высокая температура, клубнеобразование идёт плохо, урожай картофеля снижается. Аммиачную воду и безводный аммиак на связных почвах можно и нужно вносить с осени.

Порядок минимума:

1. Дерново-подзолистые почвы песчаные и супесчаные (неокультуренные): NKP.

Дерново-подзолистые почвы песчаные и супесчаные (окультуренные): NPK.

2. Дерново-подзолистые почвы связные (средне- и тяжелосуглинистые): NPK.

3. Серые лесные почвы, черноземы оподзоленные и выщелоченные: NPK.

4. Обыкновенные, типичные, мощные черноземы: PNK.

5. Пойменные и торфянистые почвы: KNP.

Припосадочное удобрение. При посадке картофеля минеральные удобрения вносят в норме 20-40 кг N, 20-40 кг P₂O₅ или N₂₀₋₄₀P₂₀₋₄₀K₂₀₋₄₀ в виде комплексных удобрений или P₂₀₋₄₀ – гранулированного суперфосфата. Рядковое удобрение обеспечивает прибавку урожая клубней 25-50 ц/га.

Подкормка. Перенесение части азотных и калийных удобрений из основного удобрения в подкормку может быть оправдано только в увлажнённых районах или при орошении на песчаных и супесчаных почвах, где возможно вымывание этих удобрений.

Потребность в подкормках определяется по данным почвенной диагностики (содержание минерального азота в почве в фазе 2-4 листьев) и растительной диагностики (в фазе 4-5 листьев и начала бутонизации).

Корневая система картофеля на 90-95 % находится в пахотном слое, остальная – глубже, до 40 см может использовать питательные вещества.

Доза подкормки: 20-40 кг N, 20-40 кг K₂O. Сколько проводить подкормок? Ранние сорта картофеля – одна подкормка в фазу бутонизации; среднепоздние и поздние сорта картофеля – две подкормки: 1) высота растений 20 см; 2) ближе к фазе бутонизации. На связных почвах подкормки не проводят, всю норму удобрений вносят в основное.

Более высокие урожаи клубней картофеля получают при совместном внесении органических и минеральных удобрений по сравнению с отдельным их внесением в эквивалентных количествах питательных веществ. На каждые 10 т навоза следует добавлять 10-15 кг азота. Это наиболее характерно для дерново-подзолистых, серых лесных почв, оподзоленных и выщелоченных черноземов. Ранние сорта картофеля более отзывчивы на дополнительное внесение азота на фоне навоза, чем позднеспелые. При внесении только одних минеральных удобрений можно получить высокие урожаи картофеля, но с более низким содержанием крахмала в клубнях, чем по органическим удобрениям или при совместном правильном их применении с минеральными. Примерные годовые нормы удобрений под картофель на разных почвах даны в таблице 16.

Таблица 16

Нормы удобрений под картофель на планируемый урожай

Почвы	Планируемый урожай, т/га	Навоз, т/га	Минеральные удобрения, кг/га д. в		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Дерново-подзолистые супесчаные	13-15	30-40	100	40-80	60-100
	17-20	30-40	120	60-100	80-120
	22-30	60-70	80-90	40-80	70-130

Нормы удобрений под картофель на планируемый урожай

Почвы	Планируемый урожай, т/га	Навоз, т/га	Минеральные удобрения, кг/га д. в		
			N	P₂O₅	K₂O
Дерново- подзолистые суглинистые, Северо- Западный район	18-20	30-40	60-90	30-90	40-100
	25-30	40-50	80-120	50-110	60-120
Дерново- подзолистые суглинистые, Центральный район	13-15	30-40	80	40-80	60-80
	20-25	30-40	120	8-100	80-120
Торфяно- болотные	До 18	-	-	60-110	80-160
	26-35	-	-	80-150	100-200
Темно-серые, оподзоленные и выщелочены черноземы	15-20	20-30	60-80	40-60	40-90
	20-25	20-30	100-130	90-110	120-160

Орошение. Режим орошения: до цветения – 65-75 % от полной полевой влагоемкости; фаза цветения - интенсивное клубнеобразование – 75-85 % от полной полевой влагоемкости.

Без применения удобрений при орошении затраты воды на образование клубней – 260 т (м³) воды на 1 т клубней; с удобрениями – 160 т воды на 1 т клубней (растения формируют мощную ботву, благодаря которой междурядья заняты, свет не проходит).

Орошение, особенно в период цветения и интенсивного клубнеобразования, оказывает решающее влияние на урожайность картофеля.

При орошении дробное внесение удобрений часто способствует повышению урожая клубней. В этом случае проводят одну или две подкормки минеральными удобрениями в дозе 20-40 кг N, 20-40 кг K₂O. Первую подкормку осуществляют при высоте растений около 20 см, вторую - в период бутонизации. Удобрения вносят на глубину 8-12 см и на расстоянии от растения 12-15 см при первой подкормке или в середину междурядий - при второй.

Влияние разных факторов на качество картофеля:

- 1) орошение снижает крахмалистость;
- 2) избыток азота снижает крахмалистость;
- 3) фосфорные и калийные (не хлорсодержащие) удобрения увеличивают крахмалистость;
- 4) известкование не снижает содержание крахмала, но растения болеют паршой. Содержание крахмала в здоровой части клубня не меняется;
- 5) полное вызревание картофеля в фитотроне не будет снижать крахмалистость;
- 6) самая высокая крахмалистость клубней картофеля обычно наблюдается на удобренных почвах;
- 7) органические удобрения несколько снижают содержание крахмала в клубнях (на 0,3-0,4 %);
- 8) потери крахмала возможны при хранении (до 30 %).

Исследования. Белорусские учёные в целях более быстрого и эффективного размножения семенного картофеля предложили использовать

органоминеральную защитно-стимулирующую оболочку для долей клубней (машинной резки) массой 10-20 г, что позволяет получать урожайность не ниже, чем при посадке целых клубней массой 60-80 г.

К части клубня массой 15-20 г добавляют органическую смесь до 60-70 г и механизировано гранулируют до определённого размера. В состав смеси входят торф, мочевины, суперфосфат, хлористый калий, вода (~ 70 %). Подготовленный таким образом и подсушенный до влажности клубней семенной материал высаживают картофелесажалками.

Можно вносить 200-300 г органического удобрения в каждое гнездо при посадке картофеля. Прибавка урожая – 10-15 т/га. В первый год благоприятное воздействие, но последствия от такого внесения не будет.

Производство. Уборка картофеля на производстве начинается с 5 сентября. Очень часто среднеспелые и среднепоздние сорта картофеля не успевают вызревать за вегетационный период.

Скашивание или химическое уничтожение ($MgCl_2$) (десикация) ещё зелёной ботвы, способствуя повышению производительности картофелеуборочных машин, в то же время снижает биологическую урожайность из-за прекращения или резкого ослабления оттока питательных веществ в клубни (потери урожайности 30-35 %).

Поэтому заслуживает внимания такой приём, как сеникация, при котором растения примерно за 25 дней до уборки опрыскивают водным настоем двойного суперфосфата (200-220 л/га) с добавлением 15 г 2,4-Д в форме бутилового эфира. За шесть дней до уборки урожая ботву скашивают. Сеникация усиливает отток питательных веществ из ботвы в клубни, обеспечивает повышение сбора клубней на 35-50 ц/га, увеличивает в них содержание сухого вещества и крахмала соответственно на 1,6-3,0 и 0,6-1,7 %.

Использование из почвы. Коэффициент использования азота картофелем из почвы – 30 %, коэффициент использования фосфора картофелем из дерново-подзолистой почвы – 7 %, коэффициент использования калия картофелем из дерново-подзолистой почвы – 20 %.

Агротехника высоких урожаев.

1) Хороший посадочный материал. Мелкие клубни (по 30 г) снижают урожай картофеля на 15-20 %. Клубни по 50-80 г – лучшие для посадки. На 1 га приходится 50-55 тыс. растений, по 60 г – 30-33 ц/га.

2) Густота посадки. 50-55 тыс. растений – продовольственный картофель. 70 тыс. растений – посевной материал. Бельгийский способ: 120 тыс. растений/га на гектар – много мелкого семенного материала (мало продовольственного).

3) Легкие почвы подходят для возделывания картофеля, клубню требуется меньше энергии на раздвигание почвы. На глубине 22-25 см образуется плужная подошва, при большом количестве осадков вода застаивается, клубни подгнивают. На тяжелых почвах, как правило, формируются уродливые клубни. Для устранения плужной подошвы используют чизель-культиватор.

Контрольные вопросы:

1. Перечислите основные биологические особенности картофеля.
2. Какие требования картофель предъявляет к почвам для получения высоких урожаев?
3. Расскажите о динамике поглощения питательных веществ. Каковы их вынос картофелем в расчете на 10 т клубней с учетом соответствующего количества ботвы?
4. Роль предшественников в специфике составления системы удобрения под картофель.
5. Каковы особенности применения извести под картофель?
6. Расскажите о нормах, месте и сроках внесения органических удобрений в севооборотах с картофелем.
7. Сроки внесения и способы заделки различных форм азотных, фосфорных и калийных удобрений в допосевной период.
8. Какова доза рядкового удобрения под картофель?
9. Сроки и способы подкормки картофеля.

10. Каково влияние органических удобрений, извести, азотных, фосфорных и калийных удобрений на качество урожая картофеля?

11. Агротехника высоких урожаев картофеля.

ГЛАВА 5. УДОБРЕНИЕ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ В ПОЛЕВЫХ, ПРИФЕРМСКИХ И СЕНОКОСНО-ПАСТБИЩНЫХ СЕВООБОРОТАХ

Народнохозяйственное значение. Многолетние травы имеют большое значение в создании прочной кормовой базы для животноводства. В то же время при введении их в севообороты повышается плодородие почвы, увеличивается урожайность сельскохозяйственных культур.

Сеяные многолетние травы при хорошей агротехнике могут давать высокие урожаи, достигающие 100-150 ц/га.

Сено многолетних трав имеет высокую кормовую ценность. В 100 кг сена клевера, люцерны, эспарцета, житняка, костра безостого, пырея бескорневищного и их смесей содержится около 50 кормовых единиц, а иногда и больше. Оно отличается также высоким содержанием переваримого белка, минеральных солей, а также витаминов.

Клевер красный дает сено высоких кормовых качеств, уступающее по питательности лишь люцерновому сено. Клеверное сено содержит в среднем 10,1 % протеина (сено ранней уборки – до 16 %). В 100 кг клеверного сена содержится в среднем в среднем 5,5 % переваримого белка и 51,7 кормовых единиц. По количеству белков клеверное сено превосходит в 1,5 раза злаковое сено. Поедается оно очень хорошо всеми видами животных.

Клевер используется на сено, зелёный корм, выпас, силос и для приготовления сенной муки.

Возделывание клевера имеет большое агротехническое значение: за два года пользования клевер способен накопить 150-200 кг/га азота. Половина этого количества вместе с корнями и пожнивными остатками остается в почве. Кроме того, он способствует лучшему использованию удобрений, в частности фосфатов. Клевер красный в смеси с тимopheевкой – один из лучших

компонентов бобово-злаковых травосмесей во всей Нечерноземной полосе и в лесостепной черноземной зоне. Клевер является хорошим предшественником других сельскохозяйственных культур.

Мировая площадь посевов под клевером красным составляет примерно 20 млн га. Возделывается во всех странах Европы и США. В России укосная площадь клевера превышает 4 млн га. Клеверосеяние распространено в Центрально-чернозёмной зоне, в правобережье Средней Волги, на Урале, в некоторых районах Алтая, Западной и Восточной Сибири, главным образом в Омской, Новосибирской областях, в Хабаровском и Приморском краях. Может иметь широкое распространение в предгорных и горных районах Кавказа и средней Азии.

Тимофеевка луговая отличается высокими кормовыми достоинствами. В 100 кг сена содержится 49,2 кормовых единиц и 3,1 кг переваримого белка.

Отличаясь высокой питательностью протеин (содержание протеина 7,2 %), высокой облиственностью (60-65 % общей массы), тимофеевка является прекрасным кормом для скота. Обладая густой мочковатой корневой системой, тимофеевка луговая в смеси с клевером создает прочную мелкокомковатую структуру почвы. Высокие урожаи сена она дает в лесной зоне и северной части лесостепи. Тимофеевка луговая применяется в полевом травосеянии в смесях, главным образом, с клевером, получив широкое распространение во всех районах клеверосеяния. Хорошая зимостойкость тимофеевки дает возможность возделывать ее в самых северных районах, до границ земледелия. Широко возделывается в смеси с многолетними бобовыми травами (клевером, люцерной, эспарцетом) в северных районах лесостепи.

Тимофеевку можно успешно возделывать в предгорьях и горных районах Кавказа, Алтая.

Прифермский зелёный конвейер (зелёные корма для животных): однолетние травы, многолетние травы, кукуруза на силос, кормовая свёкла. Располагается такой конвейер недалеко от фермы.

Лугопастбищный севооборот. Лучше возделывать злаковые травы, которые дают высокий урожай. 200 ц – 4000 кормовых единиц; 300 ц – 6000 кормовых единиц; 400 ц – 8000 кормовых единиц (очень высокий урожай).

Бобовые культуры: клевер красный, клевер розовый, клевер белый, люцерна, эспарцет, донник, лядвенец рогатый и другие.

Злаковые культуры: тимopheевка луговая, житняк, костер безостый, пырей бескорневищный, овсяница луговая, райграс высокий, райграс многоукосный, ежа сборная и другие.

Ботанические особенности и биологическая характеристика.
Наиболее распространены в полевом травосеянии и лучшим по кормовым достоинствам является *клевер красный*.

Клевер красный (клевер луговой, трилистник, дятловина и др.) имеет стержневой корень, глубоко идущий в почву (до 150 см), от которого отходит большое количество боковых ответвлений. Корневая шейка (зона кущения) в связи с проникновением корней в глубину втягивается в почву, что улучшает защиту молодых растений в период перезимовки.

Клевер, возделываемый в России, подразделяется на два основных подвида: северный позднеспелый клевер, который называют также одноукосным и южный раннеспелый клевер – двуукосный.

Северный позднеспелый клевер по сравнению с южным достигает большей высоты (150 см), хорошо кустится, имеет большое количество междоузлий на стеблях (7-9), зацветает на 10-15 дней позже, медленно отрастает и дает обычно за лето один укос, но более урожайный, чем двуукосный. Позднеспелый клевер представляет собой озимый тип растения, стадия яровизации у него проходит при пониженных температурах довольно продолжительное время, поэтому в год посева он обычно не зацветает. Важнейшая биологическая особенность позднеспелого клевера - высокая зимостойкость, малая засухоустойчивость и способность сохраняться на полях в травосмесях до трёх лет. При чистом посеве дает самый высокий урожай в

первый год пользования (на второй год жизни). Обычно клевер используется не более двух лет (не считая года посева).

Южный раннеспелый клевер по сравнению с одноукосным ниже ростом (до 100 см), более облиственен, зацветает раньше и дает за лето два укоса. Стебель с 5-7 междоузлиями. Двукосный клевер менее зимостоек, он менее требователен к влаге, легче переносит высокие температуры. Сено у него более нежное, чем у одноукосного клевера, охотнее поедается животными.

Тимофеевка – одна из наиболее ценных и широко распространённых многолетних трав. Верховой рыхлокустовой злак с прямыми стеблями, достигающими в высоту 100 см и более. У тимофеевки, как и у других многолетних злаковых трав, наблюдается два основных периода кущения - весенний и летне-осенний. Весной, по выходе растений из-под снега, начинается образование новых побегов. После выхода в трубку этот процесс приостанавливается. После цветения материнских побегов кущение (летне-осенний период) возобновляется снова и продолжается до поздней осени.

Если уборку клевера красного проводить в начале цветения, то не добирается сухое вещество и азот; в фазу полного цветения – потери минимальны (см. табл. 17).

Таблица 17

**Динамика накопления сухого вещества и азота клевером красным, в %
от максимального количества**

Фаза развития	Сухое вещество	Азот
Начало цветения	50	50
Полное цветение	80	80
Созревание	100	100

Наиболее интенсивно накопление сухого вещества и элементов питания у бобовых многолетних трав происходит в фазы бутонизации и цветения. Так, у клевера за период цветения в урожае содержится около 50 % сухого вещества

и примерно половина всех питательных веществ. Травы верхового типа (тимофеевка, овсяница луговая, ежа сборная, лисохвост и другие) ко времени кошения-цветения накапливает почти весь азот и калий и 80-90 % фосфора, а низовые злаки (мятлик луговой, овсяница красная, райграс многолетний и другие) – примерно 70 % азота, 60 % фосфора, 70 % калия.

Отношение к влаге, теплу, почве. Клевер красный – растение влаголюбивое. При недостаточном количестве влаги в почве клевер развивается слабо и дает небольшие урожаи. В то же время он не выносит избытка влаги, плохо развиваясь, а иногда и погибая на низких, особенно влажных местах. Лучше всего клевер красный произрастает, когда влажность почвы равна 70-80 % полевой её влагоёмкости. Тимофеевка хорошо переносит суровые зимы, но засуху выносит плохо. Довольно требовательна к влаге, особенно в период от всходов до образования вторичных корней. При недостатке влаги тимофеевка останавливается в росте. После укоса отрастает хорошо и при достаточной влажности почвы дает второй укос.

К теплу клевер красный нетребователен, хорошо растёт в условиях северных районов (Архангельск). Для успешной перезимовки клевера красного большое значение имеет равномерное распределение снежного покрова и его толщина. Обнажение почвы зимой и резкие переходы от оттаивания к замерзанию неблагоприятно влияют на перезимовку клевера. Отрастание весной – при температуре +10 °С и выше. Прораствание семян тимофеевки начинается при 1-2 °С, быстрое появление всходов при температуре – 15-20 °С, отрастание весной начинается при температуре воздуха 5 °С, а осенью прекращается при температуре ниже 5°.

Клевер красный может произрастает на разнообразных почвах, но на почвах с кислой реакцией и на солонцеватых почвах удаётся плохо. Лучшие результаты клевер красный дает на плодородных глинистых и суглинистых, а также на карбонатных и слабоподзолистых почвах, удобренных органическими и минеральными удобрениями с реакцией почвенного раствора, близкой к нейтральной или нейтральной. Бобовые многолетние

травы более требовательны к плодородию почвы, чем злаковые. Тимофеевка к почве малотребовательная, хорошо произрастает на тяжелых глинистых, суглинистых, лёгких супесчаных почвах и на осушенных торфяниках. Высокие и устойчивые урожаи тимopheевка дает на лугах и в поймах рек, плохо растёт на лёгких песчаных сухих почвах и на очень кислых. Злаковые травы дают высокие урожаи и на слабокислых почвах.

В первый год жизни при покровном посеве тимopheевка не дает укосов. Наибольшие урожаи тимopheевка обычно дает на 2-3 год пользования. Продолжительность продуктивного пользования в травосмесях 5-6 лет, но на поймах она может давать хорошие урожаи на протяжении многих лет.

Бобовые менее устойчивы в травостоях, чем злаковые травы. Выпадение их связано с вымерзанием, вымоканием, выпреванием, неблагоприятной кислотностью почвы, а также с плохой обеспеченностью фосфорно-калийным питанием при других благоприятных условиях, в частности при внесении азотных удобрений. Последнее обстоятельство объясняется тем, что злаки имеют более развитую корневую систему по отношению к общей массе растения, чем бобовые травы. Поэтому при внесении азотных удобрений, недостаток которых прежде всего сдерживает развитие злаковых в травосмеси, последние начинают активно отрастать и использовать фосфор и калий почвы за счёт лучшей усвояющей способности корневой системы, тем самым ухудшая условия фосфорно-калийного питания для бобовых. Следовательно, для сохранения бобовых в травостое требуется прежде всего хорошее фосфорно-калийное питание, особенно при внесении азотных удобрений. Фосфорные и калийные удобрения способствуют устойчивости бобовых к перезимовке и вымоканию.

Хозяйственный вынос. В более раннем возрасте многолетние травы содержат больше питательных веществ на единицу сухого вещества. Поэтому на пастбищах, где травы стравливают в более молодом возрасте, чем убирают их на сенокосах, вынос питательных веществ на единицу урожая всегда выше

(табл. 18). По этой причине вынос питательных веществ на 1 т сена второго укоса выше, чем первого.

Таблица 18

Средний вынос питательных веществ многолетними травами, кг/т

Культуры	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Клевер луговой	20	6	15
Клевер ползучий	23	8	13
Люцерна	26	7	15
Эспарцет	25	5	13
Сераделла	25	9	22
Тимофеевка	16	7	24
Клевер с тимофеевкой (1 г.п.)	13	6	18
Клевер с тимофеевкой (2 г.п.)	15	6	20
Сено с естественного удобренного луга	15-20	4-6	15-20
Воздушно-сухая масса травы с удобренных пастбищ	30	6-7	30
Зеленая масса травы пастбищ	6	1,3	6
1000 к.е. зеленой массы травы пастбищ	30-35	6-7	30-35
Сено бобовых трав	20-25	6-9	15-22
Сено злаковых трав (тимофеевка)	16-17	7	24

Азотфиксация. Бобовые многолетние травы при оптимальных условиях выращивания обеспечивают себя азотом на 2/3 за счёт атмосферы и только 1/3 азота используют из почвы. В смешанных травостоях злаки усваивают азот бобовых после их отмирания, а также после разложения клубеньков. Количество клубеньков на корнях бобовых многолетних трав увеличивается до фазы цветения, затем они постепенно отмирают. Продолжительность функционирования клубенька около шести недель. При многократном скашивании клевера задерживается наступление фазы цветения, поэтому фиксация азота клубеньковыми бактериями увеличивается.

Отсюда при пастбищном использовании трав фиксация атмосферного азота бобовыми протекает более интенсивно, чем при сенокосном.

Известкование. Известкование даёт наилучшие результаты при внесении извести под покровную культуру или культуру, предшествующую покровной, чем при поверхностном по многолетним травам.

Лучшие покровные культуры те, которые раньше вызревают, раньше освобождают поле:

1. однолетние травы (зелёная масса и сено гороха с овсом, вики с овсом);
2. ячмень, озимая пшеница, озимая рожь (урожайность 22-25 ц/га (не затевают травы), уборка культур - в начале августа);
3. овес (худшая покровная культура, поздняя уборка (1 сентября);

При внесении извести необходимо, чтобы известь перемешалась с почвой. При внесении в глубокие слои почвы, в верхнем слое остается кислая почва. Рекомендую 2/3 или 1/2 извести внести под плуг, 1/3 или 1/2 извести внести под культиватор или дискование. Две операции накладно и хлопотно проводить, поэтому вносят под плуг под покровную культуру, а лучше на год раньше. Известковые удобрения начинают эффективно действовать на второй и третий год. Лучшее внесение: разбрасывание, дискование, вспашка.

При внесении извести поверхностно на лугах и пастбищах через шесть лет кислотность изменится только в слое 0-5 см. Поэтому необходимо, чтобы известь перемешалась с почвой.

Известкование повышает содержание в травостое бобовых и более ценных злаковых трав. В результате повышается содержание протеина и кальция в корме и существенно улучшается поедаемость трав на пастбищах. Если известь применяют с фосфоритной мукой, то последнюю заделывают под глубокую вспашку плугом с предплужником осенью под покровную культуру, а известь - весной под культиватор или дисковую борону.

Органические удобрения. Органические удобрения способствуют увеличению содержания бобовых в травостое, в результате возрастает содержание протеина в корме.

Подстилочный навоз, компосты наиболее рационально применять при закладке пастбища под плуг в норме не менее 30-40 т/га, в полевых севооборотах - под предшествующую покровной или покровную культуру.

При поверхностном внесении навоза по многолетним травам происходят потери аммиачного азота, а также сильно снижается поедаемость травостоя скотом, особенно в первое и второе стравливания. Поэтому не следует практиковать поверхностное внесение органических удобрений.

Навозную жижу на многолетних травах можно вносить поверхностно в количестве 10-20 т/га, что соответствует 22-24 кг/га азота и 46-92 кг/га калия. Лучший срок внесения – весна.

В хозяйствах, где имеются крупные животноводческие комплексы, гомогенизированный бесподстилочный навоз на пастбище вносят один раз в год осенью в количестве не более 50 т/га, чтобы резко не снизить поедаемость травы скотом. Жидкую фракцию бесподстилочного навоза при орошении можно применять в течение всего периода вегетации перед каждым стравливанием, при этом карантинный период должен быть не менее 21 дня. В целях предотвращения смыва навоза с неровных по рельефу участков в водоемы, поля необходимо обваловывать.

Для лучшего сохранения бобовых в бобово-злаковых травостоях норма жидкой фракции бесподстилочного навоза (содержащего 0,3 % азота) за сезон должна составлять не более 50-70 т/га, и применять ее лучше не рано весной, а дробно по 20-25 т/га после отрастания бобовых или после каждого стравливания.

Минеральные удобрения. Определение нормы азотных удобрений на бобово-злаковых травостоях:

Дерново-подзолистая почва, содержание гумуса 2 %.

Содержание НЛГ = $2 \times 2,5 = 5$ мг/100 г почвы.

Содержится в пахотном слое на 1 га Нлг:

$$5 \text{ мг/100 г почвы} \times 30 = 150 \text{ кг/га};$$

КИП_N для многолетних трав 25 %.

$$\text{Используется из почвы: } 150 \text{ кг/га} \times 0,25 = 38 \text{ кг/га}.$$

Бобово-злаковые травы 1 года пользования выносят из почвы и удобрений (без учета азотфиксации) с 1 т сена 13 кг азота.

1. Урожай многолетних трав 1 года пользования – 4 т/га.

$$\text{Вынос азота с урожаем многолетних трав: } 13 \text{ кг/т} \times 4 \text{ т/га} = 52 \text{ кг/га}.$$

$$\text{Недостает: } 52 \text{ кг/га} - 38 \text{ кг/га} = 14 \text{ кг/га}.$$

Коэффициент использования азота из минеральных удобрений в 1 год ~ 60 %.

$$\text{Требуется внести азотных удобрений: } \frac{14 \frac{\text{кг}}{\text{га}} \times 100 \%}{60 \%} = 25 \text{ кг/га}.$$

2. Урожай многолетних трав 1 года пользования – 6 т/га.

$$\text{Вынос азота с урожаем многолетних трав: } 13 \text{ кг/т} \times 6 \text{ т/га} = 78 \text{ кг/га}.$$

$$\text{Недостает: } 78 \text{ кг/га} - 38 \text{ кг/га} = 40 \text{ кг/га}.$$

Коэффициент использования азота из минеральных удобрений в 1 год ~ 60 %.

$$\text{Требуется внести азотных удобрений: } \frac{40 \frac{\text{кг}}{\text{га}} \times 100 \%}{60 \%} = 70 \text{ кг/га}.$$

Многолетние травы 2 года пользования выносят с 1 т сена из почвы 15 кг азота, доза азотных удобрений будет выше, чем для трав 1 года пользования.

3. Урожай зеленой массы многолетних трав – 20 т/га.

1 т зеленой массы трав выносит 2,7 кг азота.

$$\text{Вынос азота с урожаем многолетних трав: } 2,7 \text{ кг/т} \times 20 \text{ т/га} = 54 \text{ кг/га}.$$

$$\text{Недостает: } 54 \text{ кг/га} - 38 \text{ кг/га} = 16 \text{ кг/га}.$$

Коэффициент использования азота из минеральных удобрений в 1 год ~ 60 %.

$$\text{Требуется внести азотных удобрений: } \frac{16 \frac{\text{кг}}{\text{га}} \times 100 \%}{60 \%} = 25 \text{ кг/га}.$$

При запланированном низком урожае многолетних трав необходимо внести 20-25 кг/га азота, при более высоком – внести больше. Однако при значительном участии в травостое бобовых действие низких доз азота (менее 30 кг/га) может не проявляться. По мере выпадения бобовых потребность трав в азоте возрастает.

При применении навоза под покровную культуру или её предшествующую норма азота снижается с учётом последствий органического удобрения. Под травы второго года пользования, когда доля тимopheевки в урожае возрастает, количество азота следует дополнительно увеличить на 15-20 кг, или в 1,3-1,5 раза.

Нормы азотных удобрений на орошаемых бобово-злаковых пастбищах с целью более длительного сохранения бобовых в травостое должны быть в пределах 50-100 кг/га д.в. В полевых, прифермских севооборотах травы держат два года.

От удобрений сильно зависит ботанический состав травостоя:

- Азотные удобрения особенно сильно снижают содержание бобовых в травостое при недостаточном фосфорно-калийном питании. В результате уменьшается сбор протеина с 1 га.

- На злаковых травосмесях азотные удобрения повышают урожай прежде всего верховых злаков, а фосфорные повышают урожай низовых злаков. Азотные удобрения повышают содержание сырого протеина на злаковых травосмесях.

Бобовые более устойчивы в травостоях при внесении азота не рано весной, а в фазе начала выхода в трубку или ещё лучше - под второй укос. Это объясняется более энергичным ростом весной злаков по сравнению с бобовыми травами в условиях высокой влажности и низких температур. При применении азотных удобрений рано весной темп этот ещё более усиливается, а развитие бобовых замедляется. Поэтому на богатых бобовыми травостоях можно повысить урожай, существенно не подавляя бобовых, внесением азотных удобрений на сенокосах после первого укоса (или после начала

отрастания трав), а на пастбищах после первого стравливания - при достаточном фосфорно-калийном питании.

Из азотных удобрений при поверхностном их внесении преимущество на стороне аммиачной селитры по сравнению с сульфатом аммония и особенно мочевиной. Аммиачную воду или безводный аммиак можно использовать на лугах и пастбищах не чаще одного раза в сезон специальными машинами на глубину 12-15 см с разрезанием дернины лапами-ножами, расположенными на расстоянии 30 см один от другого. При более частом внесении сильно повреждается дернина.

В полевых севооборотах на бобово-злаковых травах используют азотные удобрения совместно с повышенными нормами фосфора и калия, что способствует получению более высоких урожаев трав и меньшему снижению доли бобовых в травостое. Даже на хорошо окультуренной дерново-подзолистой почве дополнительное внесение азота на фоне фосфорно-калийных удобрений значительно повышает урожайность бобово-злаковых и бобовых травосмесей (табл. 19).

Таблица 19

Влияние удобрений на урожайность трав и вынос питательных веществ

Удобрение	Трава	Урожай сена, т/га	Вынос с урожаем, кг/га		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Без удобрений	Тимофеевка	7,0	75	19	71
	Клевер луговой	4,9	122	20	45
	Тимофеевка + клевер	7,5	120	26	76
РК	Тимофеевка	8,9	85	26	12
	Клевер луговой	5,5	138	26	89
	Тимофеевка + клевер	8,9	107	33	129
NPK	Тимофеевка	11,7	142	40	170
	Клевер луговой	6,8	169	30	120
	Тимофеевка + клевер	10,7	143	40	166

В полевых севооборотах фосфорные и калийные удобрения дают примерно в два раза большую прибавку урожая при внесении их под плуг под покровную культуру (с учётом потребности трав), чем поверхностно по травам.

Данные многих авторов свидетельствует о том, что бобово-злаковые травосмеси при содержании в них бобовых 30 % и более обеспечивают получение таких же урожаев, как внесение 90-180 кг/га азота на злаковых травостоях. При этом преимущество в содержании протеина остается за первыми. Однако при высокой продуктивности животноводства возникает потребность получения максимального количества кормов с 1 га. С этой целью создают высокопродуктивные орошаемые злаковые пастбища, обеспечиваемые азотом за счёт минеральных удобрений.

Орошаемые злаковые пастбища. Коэффициенты использования элементов питания из почвы при орошении увеличиваются в 1,5-2 раза (~ 1,7 раз):

$$\text{КИП}_N = 25 \% \times 1,7 = 42 \%$$

$$\text{КИП}_{P_2O_5} = 5 \% \times 1,7 = 9 \%$$

$$\text{КИП}_{K_2O} = 10 \% \times 1,7 = 17 \%$$

При закладке пастбища фосфорные и калийные удобрения вносят под плуг. Фосфорные удобрения можно вносить в норме 400 кг д.в. P_2O_5 и более в запас. Калийные удобрения также можно и нужно вносить в запас под покровную культуру в норме не более 300-350 кг д.в. K_2O . Высокие нормы калийных удобрений могут вызвать сильное накопление калия в корме. Фосфорные и калийные удобрения при подкормке трав применяют осенью или ранней весной (лучше осенью). Фосфорные удобрения вносят в один прием, калийные – под каждый укос или стравливание не более 60 кг/га д.в. K_2O , что способствует снижению накопления калия в корме.

Фосфорные и калийные удобрения вносят в запас сразу на три года вперед (покровная культура, травы 1 года пользования, травы 2 года пользования).

Пример:

- | | | |
|----|--------------------------------------|--------|
| 1. | Ячмень с подсевом многолетних трав | N PзKз |
| 2. | Многолетние травы 1 года пользования | N |
| 3. | Многолетние травы 2 года пользования | N |
| 4. | Многолетние травы 3 года пользования | N |
| 5. | Многолетние травы 4 года пользования | N |

Действие азотных удобрений, как правило, ограничивается одним укосом или одним стравливанием. Только при высоких нормах азота (более 90 кг/га) отмечается некоторое его последствие (очень слабое, примерно 10 %). Поэтому лучший эффект эти удобрения дают на злаковом пастбище при более равномерном их распределении в течение сезона под каждое стравливание. Это особенно характерно для орошаемых пастбищ, где увлажнение почвы поддерживается на нужном уровне в течение вегетационного периода.

При орошении проводится 4 стравливания, без орошения – 2 стравливания. Стравливания проводятся через 30-35 дней. Норма азотных удобрений делится поровну под каждое стравливание и применяется после каждого стравливания.

Калий вносится в запас под покровную культуру в норме не более 300-350 кг д.в. K_2O (покровная культура, многолетние травы 1 года пользования, многолетние травы 2 года пользования), далее калий применяется поверхностно под каждое стравливание не более 60 кг д.в. K_2O , чтобы не происходило накопление калия в растениях. Вредно для здоровья животных содержание калия в растении более 3 % и 0,2 % азота в нитратной форме. При отношении K_2O к $(Ca^{2+}+Mg^{2+})$ более 2,2, а K^+ к Na^+ более 5 животные заболевают пастбищной тетанией. Поэтому вносится или одинаковое количество калия после каждого стравливания, но не более 60 кг д.в. K_2O , или через стравливание в дозе не более 60 кг д.в. K_2O . При последнем внесении меньше расходов, меньше затрат.

Пример распределения калийных удобрений под стравливания:

Норма удобрений, кг/га				
Стравливания/удобрения	1	2	3	4
K ₂ O	30	30	30	30
	60	0	60	0

Распределять азотные удобрения под стравливания так нельзя. Последствие азотных удобрений до следующего стравливания не будет. Азотные удобрения вносятся равномерно, чтобы животные в течение всего периода вегетации были обеспечены зеленой массой. Но не более 240 кг д.в. N на дерново-подзолистых почвах, 120-150 кг д.в. N на черноземах (норма азота зависит от содержания гумуса).

На пастбище можно применять навозную жижу. Навозная жижа – преимущественно азотно-калийное удобрение. Все питательные вещества в ней находятся в легкодоступной для растений форме, поэтому она считается быстродействующим удобрением. По использованию растениями азота и калия навозная жижа приближается к минеральным удобрениям. Азотистые соединения в ней под влиянием уробактерий быстро превращаются в углекислый аммоний, который легко распадается на углекислый газ и аммиак. Навозную жижу на пастбище вносят в дозе 10-20 т/га. Навозная жижа содержит 0,2-0,3 % азота, 0,05 % фосфора, 0,4-0,5 % калия (2-3 кг/т N, 0,5 кг/т P₂O₅, 4-5 кг/т K₂O). Коэффициенты использования элементов питания из навозной жижи при ее заделке в почву составляют: КИУ_N – 50-60 %, КИУ_{P₂O₅} – 45-50 %, КИУ_{K₂O} – 70 %; при поверхностном внесении: КИУ_N – 30 %, КИУ_{P₂O₅} – 30 %, КИУ_{K₂O} – 40-45 %.

При применении 10 т/га навозной жижи будет внесено азота: 10 т × 3 кг/т = 30 кг; КИУ_N – 50-60 %; будет использовано азота растениями из навозной жижи: 30 кг × 0,5 = 15 кг.

Навозную жижу вносят в подкормку после первого стравливания, дозу азотных удобрений после первого стравливания при этом уменьшают, далее оставляют без изменений.

Лучшее фосфорсодержащее удобрение для подкормки трав – аммофос. В запас под плуг (под покровную культуру) на кислых почвах предпочтительнее применять фосфоритную муку. Для злаковых трав содержание хлора в калийных удобрениях имеет малую значимость, для бобовых лучше использовать удобрения с меньшим содержанием хлора.

На поливных культурных злаковых пастбищах применяют более высокие нормы минеральных удобрений: на дерново-подзолистых и серых лесных почвах (при одинаковых классах по фосфору и калию) рекомендуется вносить удобрения в соотношении $N : P_2O_5 : K_2O == 3 : 1 : 1,5$ (например, $N_{150-240}P_{60-80}K_{90-120}$), на черноземах - $N : P_2O_5 : K_2O == 2,1 : 1 : 0,7$ (0,5); если содержание фосфора и калия на уровне 4-5 классов, то норму удобрений корректируют: на 10-20 % снижают нормы азотных удобрений, на 25-50 % – нормы фосфорных и калийных удобрений.

Внесение за сезон более 300 кг/га азота не всегда экономически выгодно и к тому же может привести к избыточному содержанию азота нитратов в корме (свыше 0,07 % на сухую массу). Обычно нормы его составляют не более 240 кг/га. Это обеспечивает выход 6-8 тыс. к.е. с каждого гектара пастбища за сезон. Для большинства типов лугов сенокосного использования рекомендуется ежегодная норма минеральных удобрений $N_{30-50}P_{30-45}K_{30-50}$ (при хорошей влагообеспеченности норма азота увеличивается до 70 кг/га), для лугов на осушенных торфяниках – $N_{0-50}P_{30-45}K_{45-90}$.

Контрольные вопросы:

1. Ботанические особенности и биологическая характеристика многолетних трав.
2. Какие требования бобовые и злаковые многолетние травы предъявляют к почвам?

3. Расскажите о динамике поглощения питательных веществ. Каков их вынос многолетними травами в расчете на единицу урожая?
4. Каковы особенности применения извести под многолетние травы?
5. Особенности применения органических удобрений под многолетние травы.
6. Сроки внесения и способы заделки различных форм азотных, фосфорных и калийных удобрений в допосевной период.
7. Какие агрохимические факторы оказывают существенное влияние на устойчивость бобовых в смешанном травостое многолетних трав?
8. Как определить норму азота на планируемую урожайность многолетних трав 1-го и 2-го года пользования?
9. Система удобрения на орошаемых злаковых пастбищах.
10. Роль многолетних трав в балансе азота в севооборотах.

ГЛАВА 6. УДОБРЕНИЕ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА

Народнохозяйственное значение. Льняное волокно является одним из лучших текстильных волокон. Из него вырабатывают полотно, брезент, парусину и широко используют его во многих отраслях промышленности и сельского хозяйства. Льняное волокно хорошо противостоит гниению: оно крепче в 2 раза хлопкового волокна и в 3 раза шерстяного.

Из семян льна получают хорошо высыхающее масло (35-42 % веса семян), имеющие большую ценность при производстве олифы, красок, лаков, мыла и других материалов. Льняное масло используется также в пищу.

Из побочного продукта при переработке льна-пакли выют веревки, шпагат, ее используют как конопаточный материал; костра идет на топливо и служит сырьем для получения бумаги и термоизоляционных материалов. Льняной жмых – ценный концентрированный корм для скота. Он содержит до 25 % белка и свыше 30 % переваримых безазотистых веществ.

Распространение льна. Лен на волокно возделывается в России, Голландии, Бельгии, Польше, Англии, Румынии и других странах Европы.

Масличный лен высевают, главным образом, в Аргентине, США, Канаде, Индии.

В нашей стране основные массивы прядильного льна размещены в Нечерноземной полосе. Крупные площади под льном находятся в Смоленской, Ярославской, Вологодской, Новгородской, Кировской, Псковской, Костромской областях и других. Масличный лен выращивается в Западной Сибири, в Поволжье, на Северном Кавказе, в Воронежской, Орловской и других областях.

Таким образом, лен-долгунец распространен в районах влажного и умеренного климата, а масличный лен – в более сухих и жарких районах.

Биологические особенности. Лучшие льны выращиваются в районах с умеренным, влажным климатом. Семена льна прорастают при температуре 3-5°. Молодые всходы льна безболезненно переносят пониженные температуры до 3,5-4°. Наиболее благоприятная температура для роста 15-18°. Жаркая погода задерживает рост стеблей в высоту. Для льна благоприятно большое число облачных дней. Сильное солнечное освещение вызывает усиленное ветвление стебля, снижает урожай волокна и ухудшает его качество.

Лен-долгунец влаголюбив. Транспирационный коэффициент его равен 400-430, особенно велика потребность льна в воде в период бутонизации и цветения. Лучше всего лён растёт при влажности почвы 60-70 % полевой её влагоёмкости. Однако он не выносит избытка влаги в почве и на участках с близкими грунтовыми водами удаётся плохо. Нежелательны также осадки во время созревания, так как они вызывают полегание растений и способствуют развитию на них различных болезней.

Стадия яровизации у льна короткая: при температуре до 10° она продолжается 7-10 дней, а при температуре 10-15° – не более 5-6 дней. Продолжительность световой стадии 20-25 дней. Снижение температуры также заметно удлиняет эту стадию.

Во время роста льна выделяют следующие фазы:

- всходов, или семядольных листьев;

- «ёлочки»;
- бутонизации;
- цветения;
- созревания.

Эти фазы отличаются одна от другой по высоте растений, скорости роста и внешнему виду самого растения. В фазе семядольных листьев у растения имеется два семядольных листочка с небольшой почечкой между ними. В фазе «ёлочки» растение имеет на стебле несколько пар настоящих листьев. Высота растений в этой фазе 7-10 см. Перед бутонизацией льна наблюдается очень энергичный рост растений в высоту (5-6 см в сутки). Во время бутонизации и цветения прирост льна в высоту значительно ослабевает (до 1-0,5 см в сутки), а к концу цветения почти прекращается. Созревание характеризуется быстрым одревеснением стеблей льна.

Динамика поступления питательных веществ.

0	1 неделя		3 недели		4 недели		1 неделя		3 недели	
посев	→	всходы	→	елочка	→	бутонизация	→	цветение	→	созревание

При такой сравнительно небольшой продолжительности вегетационного периода лён-долгунец может давать на одном и том же участке за один год два урожая.

К концу бутонизации и началу цветения льняные растения усваивают из почвы основную массу питательных веществ. Критические периоды потребности льна в питательных веществах, следующие: по азоту – от фазы «ёлочки» до бутонизации; по фосфору – от всходов до образования 10-12 листьев; по калию - в первые три недели жизни и в период бутонизации.

Краткость периода, в течение которого растения поглощают из почвы основную массу питательных веществ, и слабая усвояющая способность корневой системы льна (особенно фосфора) обуславливают высокую требовательность льна к плодородию почвы. Корневая система состоит из главного стержневого корня и мелких ответвлений и располагается в основном в пахотном слое.

К концу цветения поступление азота и калия в растение заканчивается, а фосфора составляет 80-90 %. К началу бутонизации (примерно через семь недель после всходов) лён-долгунец накапливает 50-60 % азота, 40-50 % фосфора и 70-75 % калия, причём около половины этого количества питательных веществ поступает в первые 10 дней быстрого роста. От начала бутонизации до конца цветения (всего за три недели) растение потребляет 40-50 % азота, 40 % фосфора и 25-30 % калия.

Наибольшее среднесуточное потребление азота наблюдается в фазе цветения, фосфора и калия - перед бутонизацией.

Хозяйственный вынос. Лён-долгунец выносит в среднем на 1 т волокна 80 кг азота, 40 кг фосфора, 70 кг калия, а на 1 т соломы (льно-соломки) - соответственно 15, 7 и 12 кг.

Выход волокна от соломки: 1/5 – 1/4 часть (20-25 % от урожая льна); выход семян: 1/8 от необмолоченного льна. Например, урожайность льноволокна 8-10 ц/га, то урожайность семян – 6-8 ц/га (на 2 ц/га ниже).

Отношение к почве. К.А. Тимирязев отмечал, что на плодородной почве лён дает более тонкое, эластичное волокно.

Лён предпочитает дерново-подзолистые средне- и легкосуглинистые почвы. Оптимальная реакция почвы – слабокислая (pH_{KCl} 5,1-5,5)

В Нечерноземной полосе лучшие для льна хорошо окультуренные почвы – средние суглинки и суглинистые супеси с невысокой степенью оподзоленности. Лёгкие почвы - супеси и пески - для льна малопригодны. Лён плохо удастся также на тяжелых, связных глинах и на кислых торфянистых почвах. На известковых почвах лён дает грубое и хрупкое волокно.

Лён очень плохо использует труднодоступные соединения почвы. Содержание подвижного алюминия более 2-2,5 мг/100 г почвы оказывает на него токсическое действие. Он имеет повышенную чувствительность к концентрации почвенного раствора, особенно в период прорастания семян.

На нейтральных и карбонатных почвах страдает от избытка кальция и недостатка бора и калия, что вызывает заболевание растений бактериозом.

При содержании в почве подвижного бора 0,2 мг/кг обнаруживается недостаток бора, необходимо внести 0,7-1 кг/га В. На 1 ц льноволокна необходимо 70 г бора. При запланированном урожае 10-12 ц/га вносят 700 г - 1 кг бора.

На дерново-подзолистых почвах складывается следующий баланс (зависит от величины урожая): 120-130 % N, 150-200 % P₂O₅, 100-120 % K₂O.

Место в севообороте. Лён относится к растениям наиболее требовательным к предшественникам и правильному чередованию в севообороте. Лён не выносит бессменной культуры и при частом возвращении на один и тот же участок сильно страдает от так называемого льноутомления. Льноутомление почвы вызывается преимущественно сильным развитием в почве вредных микроорганизмов, особенно паразитических грибов. Причиной льноутомления может служить также одностороннее истощение почвы, потери её структуры и развитие в посевах специфических сорняков льна. Для устранения льноутомления лён следует возвращать на одно и то же поле не ранее, чем через 6-7 лет.

Лучшим предшественником льна-долгунца считается пласт после клевера с тимopheевкой или овсяницей двухлетнего пользования. После клевера с тимopheевкой почва обогащается азотом, приобретает хорошую структуру, делается менее склонной к заплыванию и образованию корки после дождей. При внесении фосфорных и калийных удобрений высеянный по клеверищу лён бывает обеспечен всем необходимым для хорошего развития. После многолетних трав выровнен фон, нет пестроты стеблестоя, качество льна выше.оборот клеверного пласта также дает высокий урожай льна, но обычно несколько уступает пласту. Поэтому лён в севообороте лучше размещать непосредственно после многолетних трав. При отсутствии в севообороте многолетних трав лён высевают после викоовсяной смеси, картофеля, озимых, люпина и других культур.

Лён долгунец - ценный предшественник для картофеля, озимой ржи, овса и яровой пшеницы.

Урожайность многолетних трав влияет на качество предшественника: если урожай многолетних трав 30-35 ц/га сена – хороший предшественник, если – 15-20 ц/га сена – плохой предшественник (теряет значимость).

Пример:

Клевер с тимофеевкой 1 г.п. – 60 ц/га сена;

Клевер с тимофеевкой 2 г.п. – 60 ц/га сена.

Урожайность трав за два года – 120 ц/га сена. Содержание азота в сене составляет 2 %, таким образом хозяйственный вынос азота будет равен:

$$120 \text{ ц/га} \times 0,02 = 2,4 \text{ ц/га или } 240 \text{ кг/га}$$

С 1 т сена остается в пожнивно-корневых остатках до 10-15 кг N, поэтому остаточный вынос азота равен:

$$12 \text{ т/га} \times 15 \text{ кг/т} = 180 \text{ кг/га.}$$

$$\text{Общий биологический вынос азота: } 240 \text{ кг/га} + 180 \text{ кг/га} = 420 \text{ кг/га.}$$

1/3 азота от общего выноса растения получают из почвы и удобрений, 2/3 – в результате азотфиксации.

420 кг/га $\times$ 1/3 = 140 кг/га растения используют из почвы и удобрений, а 420 кг/га $\times$ 2/3 = 280 кг/га получают в результате азотфиксации.

Растения многолетних трав оставляют с ПКО 180 кг/га N, а используют 140 кг/га N, таким образом обогащение почвы азотом будет составлять: 180 кг/га – 140 кг/га = 40 кг/га.

Если урожай трав меньше, то и обогащение почвы азотом будет меньше.

Известкование. Подход к применению извести в льняных севооборотах тот же, что и при удобрении картофеля.

В севообороте находят культуру, которая требует близкой к нейтральной и нейтральной реакции почвенного раствора и под неё вносят известковое удобрение, дозу извести снижают на 1/3-1/2 от полной нормы, рассчитанной по величине гидролитической кислотности. Лён должен испытывать последствие извести.

В фазу «ёлочки» при недостатке калия может обнаруживаться побурение кончиков листьев, высыхание кончиков листьев, низкорослость, многие растения погибают, необходимо внести калийные удобрения.

Отрицательное последствие известкования на урожайность льна проявилась только или при исключении калийных удобрений, или, когда их вносили в севооборотах в малых дозах. На произвесткованной почве соотношение азота и калия в растениях не должно превышать в фазе «ёлочки» – 0,78, а в фазе бутонизации – 0,75. Оптимальное соотношение в эти фазы должно составлять примерно 0,5 (1 часть азота и 2 части калия).

Калийное питание очень важно. Если реакция почвенного раствора сместится в сторону близкой к нейтральной и нейтральной, необходимо вносить повышенные дозы калийных удобрений и бор.

Коэффициенты использования. У льна слабая корневая система, поэтому:

1. Коэффициенты использования питательных веществ из почвы:

НЛГ – 10 %, P_2O_5 – 3 %, K_2O – 5 %.

2. Коэффициенты использования азота из ПКО многолетних трав: лён использует азота не более 20 %.

3. Коэффициенты использования из минеральных удобрений:

НЛГ – 50 %, P_2O_5 – 15 %, K_2O – 40 %.

Органические удобрения. Органические удобрения в льняных севооборотах вносят в занятом пару, под пропашные или озимые культуры. Непосредственно под лён свежий или слаборазложившийся навоз не применяют, так как в этом удобрении содержится много семян сорняков, в результате чего возрастает засоренность посевов; кроме того, невозможно достигнуть равномерного разбрасывания по полю навоза, что вызывает пестроту стеблестоя, а отсюда и неравномерность созревания льна.

В 1 т навоза содержится от 12 тыс. до 7 млн штук сорняков. Основной сорняк - марь белая (лебеда), всхожесть которой может сохраняться до 10 лет и более (в навозе- 70-96 % лебеды). На 1 м² при внесении навоза вносятся

также семена сорных растений (от 600 до 36 тыс. сорных семян). Лён растёт медленно, сорняки забивают, необходимо применять гербициды.

Слаборазложившийся, полуперепревший навоз равномерно внести невозможно, всегда будут участки, которые вызовут пестроту стеблестоя льна. Последствие от навоза продолжительное, довольно ощутимо сказывается на развитии льна.

Под лён можно применять только хорошо разложившийся навоз, перегной, птичий помет или навозную жижу равномерно (25-30 кг N). Норма навозной жижи 10-15 т/га, птичьего помета – 1-1,5 т/га, вносить их лучше до посева.

Однако использование органических удобрений под лён, который следует после хороших многолетних трав, может вызвать избыток азотного питания, полегание льна и снижение качества волокна.

Доза азота под лён – 30-40 кг (10-15 т навозной жижи удовлетворительно). При внесении 1-1,5 т куриного помета в почву поступает 20-30 кг азота, поэтому размещать лён после картофеля - худший вариант (именно из-за внесения под картофель навоза).

Минеральные удобрения. Фосфорные и калийные удобрения следует вносить под лён осенью под зябь, азотные - весной под перепашку или культивацию зяби. Фосфорные и калийные удобрения лучше вносить до посева в более глубокие слои почвы. Если не удалось внести осенью - вносим фосфорно-калийные удобрения весной под перепашку (или заделать тяжелыми дисками).

Культиватор при обработке почвы на глубину 10-12 см вносит 80 % удобрений в слой 0-5 см. Для внесения фосфорно-калийных удобрений худший вариант слой 0-5 см – пересыхающий, фосфор и калий использоваться будет очень плохо.

Большие площади посевов, занятых льном-долгунцом, находятся в Нечернозёмной зоне, где промывной водный режим, поэтому все азотные

удобрения вносятся весной. Заделывают азотные удобрения культиватором, дисковой бороной. После многолетних трав используют дискование.

Жидкие азотные удобрения (аммиачная вода, безводный аммиак) можно вносить осенью локально. Неравномерное внесение азотных удобрений для льна не лучший вариант. Избыточное азотное питание снижает крепость и выход длинного волокна. Калийные и фосфорные удобрения, наоборот, улучшают эти показатели.

Лучшее азотное удобрение для льна - сульфат аммония $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, затем аммиачная селитра NH_4NO_3 и мочевины $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$. Сульфат аммония в большей степени, чем другие азотные удобрения увеличивает число элементарных волокон в стебле. Многие учёные предполагают, что для льна лучше аммонийный азот, но за 2-3 недели происходит нитрификация и аммонийного азота не остается. Поэтому можно предположить, что положительное влияние на качество волокна оказывает сера, содержание которой в сульфате аммония достигает 24 %.

При правильном применении фосфорных удобрений различные их виды оказывают одинаковое действие на урожай и качество волокон.

Из калийных удобрений лён отзывчив на сернокислый калий и калиймагнезию. Хлорсодержащие удобрения оказывают некоторое отрицательное влияние на величину урожая и качество льноволокна (особенно сырые соли). Отрицательное действие иона хлора усиливается ионом кальция.

Рядковое удобрение. В рядки при посеве заделают 5-10 кг/га д. в. P_2O_5 .

Подкормка. Подкормка проводится в фазе «ёлочки» только азотными удобрениями и в случае, если до посева не смогли внести нужное количество азота. Необходимость азотной подкормки определяют по данным растительной диагностики.

На почвах, обеспеченных азотом (после хороших клеверных, урожайность клевера и тимopheевки 20-45 ц/га) отношение $\text{N}:\text{P}_2\text{O}_5:\text{K}_2\text{O}$ в удобрениях должно составлять 1:3:4 или 1:2:4. При этом волокно получается высокого качества. На бедных почвах – 1:2:2.

Если лён размещают после хорошего клеверища, то доза азота 20-45 кг, если после однолетних трав, картофеля (мягкой пахоты) – доза азота 30-80 кг (зависит от величины урожая). При таком внесении получают высокие урожаи льноволокна 10-12 ц/га.

По данным 400 опытов агрохимслужбы, внесение под лён (после многолетних трав) минеральных удобрений в норме $N_{40}P_{60}K_{60}$ (160 кг д.в.) обеспечивает в среднем прибавку урожая соломы на дерново-подзолистых почвах в пределах 9-11 ц/га (~ 2 ц/га волокна). Окупаемость 1 кг д.в. NPK – 6 кг соломки или 1,2-1,5 кг льноволокна (высокая отдача).

Лучшее соотношение $N:P_2O_5:K_2O$ в минеральных удобрениях 1:3:4. После хорошего предшественника, многолетних трав доза удобрений: $N_{30}P_{90}K_{120}$ (в кг) или $N_{30}P_{60}K_{120}$ (в кг). После плохого предшественника: 1:2:2 $N_{60}P_{120}K_{120}$ (в кг).

Урожай льна зависит от:

1) содержания подвижного фосфора в почве.

- Если содержание в почве P_2O_5 больше 15 мг/100 г почвы, то можно планировать урожай 8-10 ц/га льноволокна.

- Если содержание в почве P_2O_5 повышенное и составляет 10-15 мг/100 г почвы (по Кирсанову), урожай – 6-7 ц/га льноволокна.

- Если содержание в почве P_2O_5 меньше 10 мг/100 г почвы, урожайность льноволокна 5 ц/га.

2) степени кислотности почвы.

Микроудобрения более эффективны при обработке семян льна или при проведении некорневой подкормки.

Обработка семян – опудривание семян 0,1-0,2 кг/1 ц семян (100-200 г/1 ц семян) тетраборатом натрия $Na_2B_4O_7 \times 10H_2O$. Также можно применять растворы борной кислоты, сульфата меди, сульфата цинка. 0,05-% раствор борной кислоты: 5 г борной кислоты на ведро воды; 0,02-% раствор сульфата меди $CuSO_4$, 0,02-% раствор сульфата цинка $ZnSO_4$: на 1 центнер семян

готовят 2-4 л раствора, применяют в два приёма, перелопачивают, опрыскивают.

Некорневые подкормки: при высоте растений 3-7 см можно проводить обработку гербицидами, а также добавлять микроэлементы: 300 г борной кислоты, купрозан, содержащий цинк и медь. Допускается и более поздняя обработка посевов 0,02-% раствором борной кислоты H_3BO_3 (готовят раствор объемом 400-600 л/га, проводят опрыскивание). Однако опрыскивания в течение вегетации не приветствуются (повреждаются посевы льна). На темноцветных заболоченных и известкованных почвах, где лён испытывает недостаток бора, вносят борные удобрения (0,5-1 кг/га д.в. В).

При интенсивной технологии выращивания льна большое значение имеют средства химизации по защите посевов от болезней, вредителей и сорняков. Можно применять баковую смесь, содержащую одновременно пестициды и микроэлементы: 1 кг 2М-4Х, 2,5 кг купрозана и 0,3 кг борной кислоты в расчете на 1 га.

Нормы минеральных удобрений под лен в зависимости от планируемого урожая, предшественников и степени обеспеченности почвы элементами минерального питания приведены в таблице 20.

Таблица 20

Нормы минеральных удобрений под лен-долгунец на дерново-подзолистых почвах, кг/га д.в.

Планируемый урожай волокна ц/га	Предшественник	N	Р ₂ O ₅ при обеспеченности почв подвижных фосфором			K ₂ O при обеспеченности почв подвижным калием		
			Низкой (1-3 группы)	Средней (4-5 группы)	Высокой (6 группа)	Низкой (1-2 группы)	Средней (3-4 группы)	Высокой (5-6 группы)
5-7	Слабо удобренные однолетние культуры, травосмеси с низким урожаем	35-50	60-70	40-50	20	90-100	50-60	20-30
	Хорошо удобренные однолетние культуры	30-35	50-60	30-40	Рядковое	80-90	40-50	20-30
	Полноценное клеверище	20-30	80-90	50-60	20-30	90-100	70-80	40-50

Нормы минеральных удобрений под лен-долгунец на дерново-подзолистых почвах, кг/га д.в.

Планируемый урожай волокна ц/га	Предшественник	N	Р ₂ O ₅ при обеспеченности почв подвижных фосфором			K ₂ O при обеспеченности почв подвижным калием		
			Низкой (1-3 группы)	Средней (4-5 группы)	Высокой (6 группа)	Низкой (1-2 группы)	Средней (3-4 группы)	Высокой (5-6 группы)
8-9	Хорошо удобренное однолетние культуры	40-45	80-90	60-70	40-50	90-100	80-90	50-60
	Полноценное клеверище	35-40	90-100	70-80	50-60	110-120	100-110	60-7
10-12	Хорошо удобренные однолетние культуры	50-55	110-120	80-90	60-70	100-120	100-110	70-80
	Полноценное клеверище	40-45	120-130	90-100	70-80	130-150	10-120	90-100

Контрольные вопросы:

1. Перечислите основные биологические особенности льна-долгунца.
2. Какие требования лен-долгунец предъявляет к почвам?
3. Расскажите о динамике поглощения питательных веществ. Каков их вынос льном-долгунцом в расчете на 1 т основной продукции с учетом соответствующего количества побочной?
4. Роль предшественников в специфике составления системы удобрения под лен-долгунец.
5. Особенности известкования в севооборотах со льном.
6. Особенности применения органических удобрений в севооборотах со льном.
7. Сроки внесения и способы заделки различных форм азотных, фосфорных и калийных удобрений в допосевной период.
8. Какова доза рядкового удобрения под лен-долгунец?
9. Сроки и способы подкормки льна-долгунца.
10. Влияние удобрений на качество урожая льна.

ГЛАВА 7. УДОБРЕНИЕ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ В ЗЕРНО-СВЕКЛОВИЧНЫХ СЕВООБОРОТАХ

Народнохозяйственное значение. Сахарная свёкла – основная сахароносная культура России и стран умеренного пояса. Корни сахарной свеклы богаты углеводами, содержат до 20 % и более сахарозы и служат сырьем для сахарной промышленности. Сахар обладает высокими вкусовыми достоинствами и является широко распространенным и быстро используемым в организме источником энергии.

Известно, что переутомление сопровождается уменьшением содержания сахара в крови. Питание сахаром является одним из основных факторов сохранения и быстрого восстановления работоспособности, физических сил и умственной энергии. Всё это объясняет постоянную

потребность в сахаре, которую испытывает человек с раннего детства до глубокой старости.

Сахарная свёкла имеет также большую кормовую ценность. Листья сахарной свёклы, составляющие в основных районах её культуры от одной трети до половины веса корней, по кормовому достоинству не уступают зелёной массе сеяных трав: 100 кг листьев приравнивается к 20 к.е. При урожае сахарной свёклы 250-300 ц/га только листья дают примерно столько же кормовых единиц, сколько их содержится в хорошем урожае овса.

Большое кормовое значение имеет жом и патока, получаемые при заводской переработке сахарной свёклы. В жоме, представляющем собой обессахаренную свекловичную стружку, содержится до 15 % сухих веществ, в том числе 1,3 % сырого протеина и около 10 % углеводов. 10 кг жома равноценны по кормовому достоинству 1 кг овса, выход же жома составляет 9/10 от веса корней. Кормовая патока содержит до 60 % сахара

Кормовая ценность всех побочных продуктов (листьев, жома, патоки), получаемых при переработке урожая сахарной свёклы 250-300 ц/га корней и 100-200 ц/га листьев, составляет около 5000 к.е. По кормовому достоинству корней сахарная свёкла в два раза превосходит кормовую. Кроме того, по сравнению с другими кормовыми корнеплодами она значительно лучше хранится.

Велико и агротехническое значение сахарной свёклы. Требуя глубокой обработки, внесения удобрений и тщательного ухода за посевами, она является ценным предшественником многих сельскохозяйственных культур и повышает общую продуктивность полевых севооборотов.

Районы распространения. Культура сахарной свёклы сосредоточена в Европе. В США посевы сахарной свёклы составляют менее 10 % общей мировой площади; в Азии (Турция, Сирия) сахарная свёкла имеет ограниченное распространение.

К странам с развитым свеклосеянием относятся Польша, Германия, Франция, Англия, Италия, Бельгия, Венгрия, Швеция и другие.

К числу основных свеклосеющих областей РФ относятся Белгородская, Курская, Воронежская, Липецкая, Тамбовская. Крупнейшим центром свеклосеяния и свеклосахарной промышленности становится Краснодарский край.

Биологические особенности. Сахарная свёкла, как и все культурные формы корнеплодов, – растение двухлетнее. В первый год она образует розетку листьев и утолщённый корень, богатый сахаром, которые и составляют главную цель культуры. На второй год у высаженных в почву корней пробуждаются спящие пазушные почки, образуются цветоносные побеги и плоды. Продолжительность вегетации в первый год жизни равна 150-170 дням, во второй – 100-125. Однако этот обычный ход развития сахарной свёклы может нарушаться.

На плантациях сахарной свёклы почти ежегодно наблюдается появление у некоторой части растений цветоносных побегов в первый год жизни. Это явление, известное под названием цветущности, проявляется с наибольшей силой в северных районах, в годы с прохладными вёснами и при чрезмерно ранних посевах, то есть в условиях, благоприятствующих прохождению растениями первой, а затем и световой стадии развития.

Разные сорта свёклы отличаются неодинаковой склонностью к цветущности. Корни цветущих растений обладают меньшим весом, пониженной сахаристостью (на 1,5-2 % и более) и, кроме того, отличаются обилием сосудисто-волокнистых пучков, поэтому трудно подаются измельчению на заводах. При появлении цветухи её нужно срезать как можно раньше. Реже наблюдается появление «упрямцев» – растений, не образующих на второй год цветоносных побегов и затягивающих свой цикл развития до трёх и даже четырёх лет.

К появлению «упрямцев» ведет ранняя уборка корней и хранение их при повышенной температуре, задерживающей прохождение стадии яровизации. Поэтому маточные корни зимой следует хранить при температуре 2-3°.

При прорастании семян свёклы первым трогается в рост корешок, а затем стебелек с семядолями и почечкой. Семядоли выходят на поверхность почвы, быстро зеленеют и играют важную роль в начальный период роста растений. Поэтому всякое повреждение их наносит существенный ущерб будущему урожаю.

Фаза семядолей или «вилочки» продолжается 6-8 дней, а затем из центральной почки вырастают настоящие листья. Вначале, до трёх пар, настоящие листья проявляются парами, а затем по одному. Каждый новый лист появляется через 2-3 дня, а в середине лета через 1-2 дня. В течение вегетационного периода каждое растение сахарной свёклы образует до 60-90 листьев, с общей поверхностью 3000 см², что в 3-4 раза превышает поверхность почвы, занимаемой растением. Быстрота и мощность развития листьев зависит в большей степени от обеспеченности растений влагой и питательными веществами, особенно азотом. Средняя продолжительность жизни каждого листа равна 25 дням.

В первые дни жизни растения корневое тело развивается относительно медленно. Но уже в фазе «вилочки» главный корень достигает 15-20 см и начинает развивать боковые ответвления, покрытые густой сетью корневых волосков.

С появлением первых настоящих листьев начинается утолщение главного корня и изменение его анатомического строения - переход из первичного во вторичное состояние, что сопровождается сбрасыванием первичной коры, мешающей утолщению корня, или «линькой». К этому периоду необходимо заканчивать прореживание растений.

Рост главного корня и всей корневой системы растений тесно связан с формированием листьев: чем раньше в большем количестве образуются листья, тем быстрее идёт рост главного корня.

Изучение хода роста сахарной свёклы позволяет выделить три основных периода:

1) период формирования усвояющей поверхности листьев и корневой системы, примерно первые 1,5 месяца жизни растений (до проверки);

2) период усиленного роста листьев и корня, продолжающийся более двух месяцев, когда суточные приросты корня достигают 10 г и более;

3) период интенсивного накопления сахара – последний месяц вегетации, когда сравнительно высокие приросты корня, достигающие 5 г в сутки не более, сопровождаются быстрым повышением сахаристости, до 0,07-0,1 % в сутки.

Корневая система взрослого растения состоит из утолщенного главного корня и тонких корневых разветвлений, отходящих в сторону на 40-50 см, способна проникать на глубину 2-2,5 метра.

Сахарная свёкла наиболее интенсивно потребляет питательные вещества до начала августа (~ 70 % от максимального количества). К этому времени формируется более 60 % сухого вещества ботвы и 1/3 корня. Остальные 30 % элементов питания поступают в последующие 1,5 месяца, когда происходит основной прирост урожая корней. Критический период питания сахарной свёклы отмечается в начальный период формирования ботвы (с 15 июня до 1 июля). За эти две недели растения потребляют 25-30 % питательных веществ (табл. 21).

Таблица 21

Динамика поступления питательных веществ за вегетацию, в % от суммы

Период	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
май - июнь	26	17	15
июль	48	41	46
август - октябрь	26	42	39

В первый период роста и развития у сахарной свеклы особенно велика потребность в азоте и фосфоре. К середине вегетации поступление всех элементов питания достигает максимума. Во вторую половину вегетации

растения поглощают более четверти всего количества азота и около 40 % фосфора и калия.

Требование к теплу. Сахарная свёкла способна использовать пониженные температуры весны и осени и сравнительно устойчива к заморозкам. Семена её могут прорасти при 4-5°, жизнеспособные всходы появляются при 6-8°. Однако при этой температуре семена прорастают медленно и всходы появляются через 18-20 дней.

С повышением температуры появление всходов ускоряется: при температуре 10-12° они появляются через 12-14 дней, а при 15-16° - через 8-9 дней. Всходы сахарной свёклы приносят весенние заморозки средней продолжительности до 3-5°.

Фотосинтез и рост свёклы лучше всего протекает при 20-22°, но активный рост и накопление сахара продолжается до перехода осенних температур через +6-8°. Общее количество тепла, используемое растением за весь период вегетации, равный 150-170 дням, составляет ~ 2200-2400°.

Требование к свету. Сахарная свёкла – растение длинного дня, требовательное к свету. Продолжительность и интенсивность солнечного света оказывают большое влияние на рост и развитие свёклы и также на накопление сахара. Чем лучше освещение, тем более успешно протекает процесс синтеза углеводов. Недостаток света резко снижает урожай и сахаристость свёклы. Особенно благоприятны для сахарной свёклы условия освещения, создаваемые сменой солнечного света и облачности. При этом наблюдается быстрый отток ассимилятов в корень, ускоряющий процесс ассимиляции в листьях.

Корни сахарной свёклы практически не обладают способностью синтезировать сахарозу, а воспринимают её в готовом виде (или в виде фосфорного эфира) из листьев, где сахароза образуется как при фотосинтезе, так и вторично из глюкозы и фруктозы.

Требование к влаге. Сахарная свёкла требовательна к влаге, начиная с первых проявлений жизнедеятельности, и в то же время обладает

значительной засухоустойчивостью. Для набухания и прорастания семян, заключённых в одревесневшие оболочки околоплодников, требуется значительное количество воды, составляющее 150-170 % веса клубочков. Транспирационный коэффициент сахарной свёклы колеблется от 240 до 400. Поэтому сахарная свёкла относится к культурам, экономно расходующим воду. Но общий расход воды с гектара посева достигает значительных размеров и находится в прямой связи с образованием большого количества сухой органической массы урожая.

На выращивание каждого центнера корней и соответствующего количества ботвы при урожае 400-500 ц/га сахарная свёкла расходует ~ 80 ц воды, а в пересчете на гектар расход воды при указанном урожае составит 3500-4000 м³. Это объясняет большое значение в культуре сахарной свёклы приемов, направленных на накопление и сохранение влаги в почве.

Наибольшее количество воды сахарная свёкла расходует в период усиленного роста (в июле-августе). Лучшие условия для роста сахарной свёклы и формирования высокого урожая создаются при влажности почвы равной 70-80 % полевой её влагоёмкости. Сахарная свёкла, как уже отмечалось, развивает мощную корневую систему, позволяющую ей использовать подпочвенные воды с глубины до 2 м и более. Этим объясняется сравнительно высокая устойчивость сахарной свёклы к засухе.

Требование к почве. Лучшие почвы для сахарной свёклы структурные, чернозёмного типа, богатые органическим веществом. По гранулометрическому составу предпочтительны суглинки. На бедных песчаных и на очень тяжелых глинистых почвах свёкла развивается плохо. Она предпочитает нейтральную или слабощелочную реакцию почвенного раствора и страдает от повышенной кислотности. В то же время свёкла отличается большой солевыносливостью и на солонцеватых почвах может давать высокие урожаи при хорошей сахаристости.

На известкованных, карбонатных и нейтральных почвах нуждается в борных удобрениях (0,7-1,0 кг/га д.в.). Недостаток бора приводит к поражению гнилью сердечка и дуплистости.

Сахарная свёкла хорошо используют близость грунтовых вод (не выше 1,5-2 м).

Хозяйственный вынос. В среднем на 10 т корней (при соответствующем количестве ботвы) сахарная свёкла выносит 50-60 кг азота, 15-20 кг фосфора и 60-90 кг калия.

В северных районах вынос питательных веществ выше, чем в западных и южных, что объясняется большей долей ботвы в структуре урожая.

Место в севообороте. В повышении урожайности сахарной свёклы, как и других сельскохозяйственных культур, большое значение имеет введение правильных севооборотов и размещение её по лучшим предшественникам. В районах недостаточного увлажнения лучший предшественник для сахарной свёклы - хорошо удобренные озимые, идущие после чёрного пара, так как во всех районах недостаточного увлажнения высота и устойчивость урожая сахарной свёклы находятся в большой зависимости от обеспеченности растений влагой. В районах достаточного и обильного увлажнения применение чистых паров нерационально. В этих районах после многолетних и однолетних трав получают высокие урожаи как озимых, так и высеваемой после них сахарной свёклы. Сахарную свёклу выращивают в этих районах после озимых, следующих после многолетних трав или зерновых бобовых культур. Размещение сахарной свёклы по другим предшественникам приводит к значительным недоборам урожая.

Сахарная свёкла является ценным предшественником для различных культур. По свёкле хорошо удаются кукуруза, просо, ранние яровые хлеба, зернобобовые, однолетние травы.

Сахарную свёклу разрешено возвращать на одно и то же поле не ранее, чем через три года.

Органические удобрения. Под сахарную свёклу вносят полуперепревший навоз. Если не получается такой, как нужно (плохо разложившийся с большим количеством семян сорных растений), то вносят под озимые культуры, где лучше бороться с сорняками.

Навоз можно вносить как непосредственно под сахарную свёклу, так и под предшествующие культуры (озимые в занятом пару). Средняя норма 20-30 т/га, если навоз подготовлен правильно – 30-60 т/га. Он должен быть полуперепревшим. Свежий солоmistый навоз иссушает почву и способствует сильной засоренности посевов. Внесение 20 т/га полуперепревшего навоза под сахарную свёклу в различных районах её возделывания обеспечивает прибавку урожая корней 2-12 т/га, несколько уступая действию минеральных удобрений в норме $N_{80}P_{60}K_{80}$. Наиболее высокие прибавки от навоза получают при орошении (8-12 т/га), и в районах устойчивого увлажнения (3-5 т/га). Окупаемость 1 т навоза – 1,3-1,5 ц корнеплодов. К примеру, при внесении 40 т навоза можно ожидать прибавку урожая корней 60 ц. При орошении окупаемость 1 т навоза – 2,5-3,0 ц корней.

На фоне навоза необходимо дополнительно вносить азотные удобрения. На каждые 10 т навоза дополнительно вносить 10-15 кг д.в. N. На серых лесных почвах, оподзоленных и выщелоченных чернозёмах на 10 т навоза необходимо внести 15 кг азота, к примеру, норма навоза 30 т/га, необходимо дополнительно внести 45 кг азота. На типичных, обыкновенных, южных чернозёмах на каждые 10 т навоза необходимо внести 10 кг д.в. N, к примеру, норма навоза 30 т/га, добавляют 30 кг д.в. азота.

Минеральные удобрения. Система удобрения сахарной свёклы включает внесение органических, фосфорных и калийных удобрений под зяблевую вспашку или весной под перепашку. Внесение фосфорных и калийных удобрений под культиватор нерационально, особенно в засушливые годы.

Азотные удобрения в условиях промывного водного режима (оподзоленные, выщелоченные чернозёмы) применяют весной под

перепашку, культивацию, дискование. Жидкие азотные удобрения (аммиачную воду и безводный аммиак) вносят осенью ленточным способом. В условиях недостаточного увлажнения азотные удобрения следует заделывать с осени (в аммонийной и амидной формах). Аммиачную селитру с осени вносить нежелательно из-за потерь азота при денитрификации.

В рядки при посеве заделывают 15-20 кг/га P_2O_5 в виде аммофоса или других комплексных удобрений с соответствующим количеством азота и калия (нитрофоска). Если почва хорошо окультурена (содержание подвижного фосфора относится к 4, 5, 6 классам), то рядковые удобрения не вносят. При систематическом применении повышенных доз основного удобрения (по $N_{100}P_{100}K_{100}$ и более) необходимость в рядковом удобрении отпадает.

Подкормки. Перенесение даже части дозы азота из основного удобрения в подкормку нецелесообразно, не говоря уже о фосфорных и калийных удобрениях.

При орошении можно применять 2-3 подкормки (по $N_{20-40}P_{20-40}$), внося удобрения перед вегетационными поливами. Хотя, стоит отметить, что даже при орошении перенесение азотных удобрений из основного в подкормку не дает эффекта, даже снижает получаемый урожай.

Заделанный с удобрениями не глубоко внесённый азот долго бездействует в отсутствие дождей, как только пошли дожди азотные удобрения начали действовать, в результате затягивается потребление азота, снижается сахаристость корней («вредный» азот).

При орошении проводят три подкормки:

- 1) После прорывки с обеих сторон ряда оставляют защитные зоны до 10 см (6-8 см), далее культиватором вносят удобрения на глубину 5-8 см.
- 2) Через две недели вслед за прорывкой свеклы в середину междурядий вносят удобрения на глубину 10-12 см.
- 3) До смыкания рядков в середину междурядий на глубину 10-12 см вносят удобрения.

Если высокие нормы азотных удобрений, часть можно перенести в подкормку.

Лучшее азотное удобрение для сахарной свеклы в большинстве случаев - натриевая селитра. Остальные азотные удобрения заметно уступают ей и располагаются в следующем нисходящем порядке: кальциевая селитра, мочевины, аммиачная селитра, сульфат аммония и цианамид кальция. Преимущества натриевой селитры перед другими формами азота связано не только с содержанием в ней азота в нитратной форме, но и действием содержащегося в ней натрия, что подтверждается повышенной эффективностью натриевой селитры по сравнению с кальциевой на подзолах и чернозёмах.

Аммиачная вода и безводный аммиак оказывают примерно такое же действие, как и аммиачная селитра. Затраты же труда на применение безводного аммиака (с учётом перевозки, хранения, внесения в почву) в 2-5 раз ниже, чем при использовании аммиачной воды, аммиачной селитры и мочевины. Кроме того, стоимость 1 т азота жидкого аммиака дешевле, чем других азотных удобрений. Вносят жидкий аммиак на глубину 12-14 см с помощью специальных машин (АША-2 и АБА-1).

При более кислой реакции почвы некоторое преимущество перед аммофосом при основном внесении имеют преципитат и томасшлак, при нейтральной и слабощелочной реакциях – наоборот. Фосфоритная мука эффективна только на кислых почвах при $pH_{KCl} = 5$ и менее. Но на таких почвах сахарная свекла плохо растёт. Поэтому это удобрение не имеет для нее важного значения.

Из калийных удобрений преимущество имеет сильвинит (на 1 кг калия – 5 кг хлора). За ним следует в порядке снижения эффективности: 40%-ная калийная соль, каинит и шенит, хлористый калий и сернокислый калий, то есть отмечается зависимость, противоположная для большинства других культур. Сырые соли содержат натрий, который для сахарной свеклы играет важную роль. Натрий ускоряет отток калия из старых листьев в молодые, увеличивает

содержание сахара в сахарный свёкле. Хлор не оказывает на сахарную свеклу отрицательного влияния.

После озимых, идущих по многолетним травам, высокое количество корней сахарной свеклы достигается на выщелоченном черноземе и серых лесных почвах при внесении минеральных удобрений в соотношений $N:P_2O_5:K_2O = 1 : 1 : 1,5$ или $1 : 1 : 2$.

Совместное внесение навоза и минеральных удобрений повышает урожай корней, сбор сахара с 1 га, хотя несколько снижает его содержание на единицу массы.

В зависимости от почвенно-климатических условий для получения урожайности сахарной свеклы 30-35 т/га в основных зонах свеклосеяния (табл. 22) вносят 20-30 т/га навоза (под свеклу или предшественник) и $N_{100-170}P_{130-180}K_{100-170}$. В зоне достаточного увлажнения на темно-серых лесных почвах, оподзоленных, выщелоченных и типичных чернозёмах для получения 50-70 т/га корней сахарной свеклы, идущей после озимых, рекомендуется примерная норма минеральных удобрений $N_{150-240}P_{200-250}K_{170-260}$.

Микроудобрения. Борные, марганцевые удобрения применяют при обработке посевного материала (опудривание, опрыскивание). Готовят 0,05-0,1%-ный раствор (5-10 г на ведро). Обработывают семена, перелопачивают.

Качество сахарной свёклы. Для получения хорошего урожая сахарной свеклы необходимо, чтобы растения сформировали хороший листовой аппарат.

- избыток азотного удобрения снижает сахаристость;
- фосфорные и калийные удобрения способствуют повышению сахаристости корней;
- совместное внесение органических и минеральных удобрений снижает сахаристость, а выход сахара увеличивается (с 1 га);
- соблюдение всей технологии внесения минеральных удобрений повышает урожай сахарной свеклы (500 ц/га и более) с хорошим содержанием сахара;

– орошение снижает содержание сахара в корнях сахарной свеклы.

Таблица 22

Нормы удобрений под сахарную свеклу (при урожайности 30–35 т/га)

Район	Почвы	Навоз, т/га	Минеральные удобрения, кг/га д.в.		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Центральный, Волго- Вятский, центральные нечерноземные области, Поволжье	Серые лесные, оподзоленные, выщелоченные и типичные черноземы	20-30	130-170	130-150	140-170
	Обыкновенные черноземы	20-30	100-120	140-160	110-150
Северный Кавказ	Предкавказские, выщелоченные черноземы	20-30	140-150	140-150	130-140
	Предкавказские мощные, малогумусные черноземы и каштановые почвы	20-30	100-130	140-180	120-130
Алтайский край	Выщелоченные и обыкновенные черноземы	20-30	100-140	140-150	100-150

Примечание: после бобового предшественника нормы азота уменьшаются примерно на 30 кг/га. Навоз вносят под сахарную свеклу или под предшествующую культуру.

Возделывание сахарной свеклы при орошении. Влагозарядковый полив проводят после вспашки. Запускается на 1 га 1000-2000 м³ воды (100-200 л/м², 10-20 ведер воды на 1 м²). Фосфорные и калийные удобрения в условиях орошаемого земледелия необходимо заделывать осенью под зяблевую вспашку, а азотные - в предпосевную культивацию и в подкормки. При промывочных и влагозарядковых поливах азотные удобрения под зяблевую вспашку не применяют. Если они не проводятся, то 1/3 нормы азота можно внести с осени, лучше в аммиачной или амидной формах. При проведении вегетационного полива сначала проводят подкормку, потом полив.

В условиях орошения на обыкновенных, южных чернозёмах, а также на каштановых почвах для получения урожай корней сахарной свеклы 50-60 т/га следует вносить 20-30 т/га навоза (под предшествующую культуру или свеклу) и N₉₀₋₁₅₀P₄₀₋₉₀K₄₀₋₆₀.

Контрольные вопросы:

1. Перечислите основные биологические особенности сахарной свеклы.
2. Какие требования сахарная свекла предъявляет к почвам для получения высоких урожаев?
3. Расскажите о динамике поглощения питательных веществ. Каковы их вынос сахарной свеклы в расчете на 1 т основной продукции с учетом соответствующего количества побочной?
4. Роль предшественников в специфике составления системы удобрения под сахарную свеклу.
5. Каковы особенности применения органических удобрений в зерносвекловичных севооборотах?
6. Сроки внесения и способы заделки различных форм азотных, фосфорных и калийных удобрений в допосевной период.
7. В чем проявляется особенность совместного применения органических и минеральных удобрений под сахарную свеклу?
8. Какова доза рядкового удобрения под сахарную свеклу?

9. Сроки и способы подкормки сахарной свеклы.
10. Каково влияние органических удобрений, извести, азотных, фосфорных и калийных удобрений на качество урожая сахарной свеклы?
11. Возделывание сахарной свеклы при орошении.

ГЛАВА 8. УДОБРЕНИЕ КУКУРУЗЫ

Народнохозяйственное значение. Кукуруза – культура высокой продуктивности и всестороннего использования.

Исключительно велико значение кукурузы как кормовой культуры. Зерно её в дробленном виде и в виде дерти используется для эффективного кормления всех видов домашних животных, особенно свиней.

Недозревшие початки, убранные в восковой или молочно-восковой спелости и заsilосованные, представляют собой ценный концентрированный корм, который с успехом используется для откорма свиней и других животных, а также птицы.

Стебли и листья кукурузы, остающиеся после уборки спелых початков (кукурузная солома), при измельчении хорошо поедаются скотом в сухом виде, а также могут быть заsilосованы в смеси с сочными кормами. По кормовым достоинствам кукурузная солома выше овсяной и ячменной и уступает только просяной соломе. В 100 кг кукурузной соломы содержится 37 к.е. и 1,5 кг переваримого белка. Большая ценность кукурузы состоит в том, что она позволяет одновременно решить две задачи - пополнение ресурсов зерна и получение сочного корма для животных. В зерне кукурузы содержится 65-70 % безазотистых экстрактивных веществ, 9-12 % белка и 4-6 % жира.

Зерно кукурузы широко используется в пищевой промышленности. Из него изготавливают крупу, муку, кукурузные хлопья и другие продукты питания. Нездoзрелые початки кукурузы используют в пищу в свежем и консервированном виде.

Кукуруза служит отличным сырьем для производства спирта, крахмала, глюкозы. Из зародышей кукурузы добывают высококачественное масло.

Стебли и обертки широко используются в строительной и химической промышленности, из них вырабатывается свыше 40 видов продуктов - от бутилового спирта до искусственного шелка. Среди этих продуктов можно назвать такие, как бумага, клей, краски, пуговицы, смолы, активированный уголь и другие.

Кукуруза имеет также очень большое агротехническое значение. Как пропашная культура служит хорошим предшественником для многих полевых культур.

Биологические особенности. Требования к температуре. В полевых условиях кукуруза может дать всходы при температуре почвы на глубине заделки семян не ниже 10-12°. При более ранних сроках посева в мало прогретую почву, семена прорастают медленно, проростки загнивают, всходы изреживаются и сильно задерживаются в росте.

Температурные условия имеют особенно большое значение в первой половине вегетационного периода - от посева до выбрасывания метелок. В этот период наиболее благоприятна для кукурузы температура 20-25°. Жара свыше 30-35° плохо отражается на развитии кукурузы, особенно в период выбрасывания пыльников. К низким температурам кукуруза очень чувствительна, и всходы её погибают при заморозках ниже 3°.

Требования к влаге. Транспирационный коэффициент – от 230 до 370. Однако на единицу площади кукуруза требует влаги больше, чем другие зерновые культуры, в связи с её более высокими урожаями. В начале развития, от всходов до выхода в трубку, кукуруза мало потребляет влаги и способна хорошо переносить засуху. В дальнейшем потребность её во влаге увеличивается и наибольших размеров достигает в период, начинающийся за 10 дней до выметывания султанов и кончающийся спустя 20 дней после выметывания. В это время заканчивается формирование мужских и женских цветков, происходит оплодотворение и усиленное накопление сухих веществ. Недостаток влаги в этот период резко понижает урожай.

Требования к почве. Кукуруза требует рыхлых почв с глубоким гумусовым слоем, хорошо удерживающим влагу. Лучше всего она удаётся на чернозёмах, тёмно-серых лесных, темно-каштановых землях и почвах речных пойм с нейтральной или слабощелочной реакцией ($\text{pH} = 6,0 - 7,0$). Хорошие урожаи она даёт на супесчаных и даже песчаных почвах при наличии в них достаточного количества влаги и питательных веществ. Высокие урожаи кукурузы получают на дерново-подзолистых и осушенных торфоболотных почвах. Почв с повышенной кислотностью ($\text{pH} < 5$), сырых, склонных к заболачиванию, а также сильно засоленных кукуруза не выносит. Почвы должны быть хорошо аэрируемые, нетяжелые по гранулометрическому составу. Кукуруза хорошо отзывается на известкование.

Таблица 23

**Динамика накопления кукурузой сухого вещества и элементов питания,
% от максимального**

Фаза развития	Сухое вещество	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Выбрасывание метелки	25	45	35	70
Цветение	35	60	60	80
Молочная спелость	80	90	90	95
Восковая спелость	100	100	100	100

Наибольшее количество элементов питания кукуруза потребляет от фазы выбрасывания метёлки до молочной спелости (табл. 23). К фазе молочной спелости растения накапливают около 90 % питательных веществ и 80 % сухого вещества. Максимальное содержание элементов питания в урожае отмечается в фазе восковой спелости.

Хозяйственный вынос. На 1 т зерна вместе с побочной продукцией кукуруза выносит в среднем 34 кг азота, 12 кг фосфора и 37 кг калия, а на 10 т зелёной массы – соответственно 25, 12 и 45 кг.

Место в севообороте. В зонах недостаточного увлажнения лучшие предшественники – озимые, идущие по чистому удобренному пару, зерновые

бобовые культуры (горох, чечевица, вика, фасоль и другие) и кукуруза. Многолетние травы, подсолнечник, суданская трава, сахарная свекла, кукуруза третьего года посева действуют хуже, так как сильно иссушают почву. В районах достаточного увлажнения или при орошении кукурузу можно размещать по пласту многолетних трав, а также по обороту пласта.

Сама кукуруза служит хорошим предшественником для многих культур. На Северном Кавказе по кукурузе, убираемой на зерно, с успехом можно сеять озимую пшеницу. Для всех яровых зерновых культур кукуруза является одним из лучших предшественников. При высоком уровне земледелия возможны повторные посевы кукурузы.

Органические удобрения. Кукуруза очень отзывчива на внесение органических удобрений, особенно в нечерноземной полосе. Часто на дерново-подзолистых почвах без применения органических удобрений не удастся получить высокие урожаи кукурузы. На этих почвах обычно вносят 40-50 т/га навоза или хорошего компоста. В лесостепной зоне норма составляет 20-30 т/га, в степной – около 20 т/га. Навоз или компост лучше применять под глубокую зяблевую вспашку. Во влажных районах на песчаных и супесчаных почвах навоз целесообразнее заделывать весной.

Внесение 20 т/га навоза под кукурузу на разных почвах лесостепной зоны обеспечивает прибавку урожая зерна от 4 до 9 ц/га, а силосной массы - до 90 ц/га.

От 1 т навоза прибавка 3-3,5 ц зеленой массы кукурузы. Если вносить 40 т/га навоза, то прибавка составит: $3 \text{ ц} \times 40 \text{ т} = 120 \text{ ц}$.

1% гумуса дает 70-80 ц зелёной массы кукурузы, а 2 % гумуса – 140-160 ц зеленой массы.

1 кг д.в. N дает примерно 2,2 ц зеленой массы кукурузы. При внесении 100 кг д.в. N можно ожидать прибавку урожая 220 ц.

На каждые 10 т навоза дополнительно необходимо вносить 10-15 кг N. К примеру, при внесении 40 т навоза - дополнительно $15 \text{ кг} \times 4 = 60 \text{ кг}$ или $10 \text{ кг} \times 4 = 40 \text{ кг N}$.

Минеральные удобрения. Азотные удобрения в зоне недостаточного увлажнения дают больший эффект при внесении под зябь. В районах достаточного и избыточного увлажнения их следует применять весной под перепашку зяби или культивацию. Фосфорно-калийные удобрения вносят под вспашку зяби. Только в зоне избыточного увлажнения на лёгких почвах калийные удобрения целесообразно применять весной. Недостаток калия в почве вызывает полегание кукурузы.

Рядковые удобрения. Проростки кукурузы очень чувствительны к повышенной концентрации почвенного раствора. При посеве этой культуры рекомендуется носить 5-10 кг/га P_2O_5 на расстоянии от семени 3-5 см и на 2-3 см ниже его. Доза азота в рядковом удобрении не более 2,5 кг/га ($N_{2,5}P_{5-10}$). Рекомендуют вносить аммофос с соотношением $N : P_2O_5 = 1 : 5$.

Подкормки. На суглинистых почвах в зоне достаточного увлажнения или при орошении перенесение части даже азота из основного удобрения в подкормку (не говоря уже о фосфорных и калийных удобрениях) снижает урожай или не дает дополнительного эффекта.

Подкормку кукурузы азотом и калием ($N_{20-40}K_{20-40}$) следует проводить только на лёгких почвах. Перенесение части удобрений (особенно азотных и калийных) из основного удобрения в подкормку может быть также оправдано при внесении высокой годовой нормы.

Фосфорные удобрения вносят в подкормку только тогда, когда по каким-то причинам не внесли в основное.

Первую подкормку проводят при высоте растений 15-20 см. Удобрения вносят культиватором-растениепитателем на расстоянии 10 см по обе стороны от ряда, глубина внесения удобрений составляет 6-8 см. При посеве кукурузы используют 6-ти рядную сеялку, а при проведении подкормки - КРН-6,5 (сопряжена по ширине захвата – 4,2 м (6 рядков × 70 см междурядья).

Вторая подкормка проводится в середину междурядий на глубину 8-12 см, чтобы не повредить корневую систему растений. Необходимость

подкормки определяют по результатам растительной диагностики в фазу 6-10 листьев.

Все виды азотных удобрений оказывают примерно одинаковое влияние на урожай кукурузы на фоне известкования. Аммиачная и амидная формы азота имеют некоторые преимущества при орошении и в условиях избыточного увлажнения. Лучшее фосфорсодержащее удобрение – аммофос. Из калийных удобрений преимущество имеет бесхлорные.

Орошение. До выбрасывания метелки влажность почвы должна быть 70-75 % от полной полевой влагоёмкости. От выбрасывания метелки до образования зерна – 75-85 % от ППВ. Далее до восковой спелости – 70-75 % от полной полевой влагоёмкости.

При третьем классе по содержанию подвижного фосфора и калия рекомендуют вносить удобрения в соотношении $N : P_2O_5 : K_2O = 1 : 1 : 1,5$. Доза азота зависит от обеспеченности почвы фосфором и калием.

Пример. Обеспеченность подвижными формами фосфора и калия – на уровне третьего класса. Рекомендуют внести $N_{60}P_{60}K_{90}$, а также 30 т навоза. При внесении органических удобрений необходимо увеличить дозу азотных удобрений (на каждые 10 т навоза – 10-15 кг N):

$$N_{60}P_{60}K_{90} + N_{45} = N_{105}P_{60}K_{90}$$

При внесении 30 т навоза следует ожидать прибавку урожая 90 ц зеленой массы кукурузы, при внесении азотных удобрений – $105 \text{ кг} \times 2 = 210 \text{ ц}$. Урожай без удобрений составляет 150 ц. Итого урожай зеленой массы кукурузы будет равен $90 \text{ кг} + 210 \text{ кг} + 150 \text{ кг} = 450 \text{ ц}$.

Контрольные вопросы:

1. Перечислите основные биологические особенности кукурузы.
2. Какие требования кукуруза предъявляет к почвам для получения высоких урожаев?
3. Расскажите о динамике поглощения питательных веществ. Каков их вынос кукурузой на зерно и силос в расчете на 1 т основной продукции с учетом соответствующего количества побочной?

4. Роль предшественников в специфике составления системы удобрения под кукурузу.
5. Каковы особенности применения органических удобрений под кукурузу?
6. Сроки внесения и способы заделки различных форм азотных, фосфорных и калийных удобрений в допосевной период.
7. Какова доза рядкового удобрения под кукурузу?
8. Сроки и способы подкормки кукурузы.
9. Удобрение кукурузы при орошении.

ГЛАВА 9. УДОБРЕНИЕ ПОДСОЛНЕЧНИКА

Народнохозяйственное значение. Подсолнечник – важнейшая масличная культура в РФ. Около 80 % сырья, перерабатываемого масложировой промышленностью нашей страны, составляют семена подсолнечника. Семянки подсолнечника содержат от 27 до 57 % масла, а ядра – от 50 до 65 %.

Благодаря хорошим вкусовым качествам подсолнечное масло широко используется непосредственно в пищу и для изготовления маргарина, консервов, хлебных и кондитерских изделий и другое. Кроме того, подсолнечное масло применяется в мыловаренной, лакокрасочной и других отраслях промышленности. Жмых подсолнечника, получаемый при переработке семян на масло, содержит свыше 36 % белковых веществ, 20-22 % углеводов и до 6 % масла. Он является ценным концентрированным кормом для скота. 100 кг подсолнечникового жмыха приравнивается к 109 к.е.

Стебли подсолнечника в безлесных районах используются как топливо. Зола, получаемая при сжигании стеблей подсолнечника, содержит до 35 % окиси калия и поэтому применяется для выработки поташа, широко используемого в химической промышленности, производстве стекла, мыловарении, красильном деле и т.д. Из сердцевины подсолнечниковых стеблей вырабатывается бумага и искусственный шелк.

Специальные высокорослые сорта подсолнечника возделываются на силос, являющийся ценным кормом для скота.

Во многих районах Северного Кавказа подсолнечник – хороший предшественник для озимой пшеницы. Часто подсолнечник используется для кулис в парах для накопления снега. Как пропашная культура подсолнечник имеет большое агротехническое значение. Способствуя очищению полей от сорных трав и повышению урожаев всех культур севооборота.

Биологические особенности. Биологические особенности подсолнечника сложились под влиянием степного континентального климата Европейской части России, отличающегося ранней непродолжительной весной, за которой наступает знойное лето. Для первой половины вегетационного периода характерно быстрое нарастание температуры воздуха.

Отношение к теплу. В первый период своего развития подсолнечник не предъявляет высоких требований к теплу. Семена подсолнечника начинают прорастать при температуре 3°, хотя период прорастания при такой температуре сильно затягивается. При температуре 8° период прорастания семян сокращается до 6-8 дней. Кратковременные заморозки до 4-6° всходы переносят легко, но более низкие температуры повреждают растения.

Требования подсолнечника к теплу возрастают от всходов к цветению. Наиболее благоприятная температура для роста и развития в период цветения 20-30°. Температура выше 30° оказывает угнетающее влияние на подсолнечник, а при 40° прекращается прорастание пылевых зерен. Во время цветения заморозки 1-2° вызывают повреждение, а затем полную гибель цветков.

Отношение к влаге. Подсолнечник предъявляет довольно высокие требования к влаге, хотя и считается растением засухоустойчивым. Транспирационный коэффициент у него равен 470-570. Наибольшее количество влаги потребляется в период от образования корзинки до конца цветения. При недостатке влаги и питательных веществ в этот период корзинка

остается недоразвитой. Хорошие запасы влаги в почве в период цветения – основное условие получения хорошо выполненных семян и предупреждения «захвата» цветков и пустозерности в центре корзинок. При благоприятных условиях влажности почвы и воздуха не только повышается урожай подсолнечника, но и больше накапливается масла в семенах.

Требования к почве. Подсолнечник возделывается на разнообразных почвах. Масличный подсолнечник возделывают на мощных, выщелоченных, обыкновенных, южных черноземах, а также на каштановых почвах. При выращивании подсолнечника на силос граница его посевов охватывает зону дерново-подзолистых почв. Не удастся он на тяжелых глинистых почвах, склонных к заболачиванию, а также на песчаных и сильно известковых почвах. Подсолнечник не выносит кислых и сильно засоленных почв. Для этой культуры оптимальная кислотность почвы – близкая к нейтральной, а гранулометрический состав – среднесуглинистый.

Корневая система. Подсолнечник имеет мощную корневую систему, проникающую на глубину 4-5 м, а в горизонтальном направлении – на 1-1,2 м.

Динамика потребления питательных веществ подсолнечником представлена в таблице 24.

Таблица 24

Динамика поступления питательных веществ, % от суммы

Фаза развития	Сухое вещество	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Начало образования корзинки	15	15	15	25
Фаза образования корзинок – налив семян (~ 1,5 мес)	65	65	70	35
Фаза налива семян - созревание	20	20	15	40

Хозяйственный вынос. На 1 т семян при соответствующем количестве побочной продукции подсолнечник выносит в среднем 60 кг N, 26 кг P₂O₅ и 180 кг K₂O, а на 10 т зеленой массы – соответственно 30, 10 и 45 кг.

Место в севообороте. В основных районах возделывания подсолнечника лучшее место для него в севообороте после озимой пшеницы, идущей по пару. Яровая пшеница как предшественник в Европейской части России значительно уступает озимой пшенице. Высокий урожай дает подсолнечник после зерновых бобовых культур. Однако в тех районах, где подсолнечник сильно поражается склеротинией, нельзя его размещать по фасоли, так как эта болезнь для фасоли и подсолнечника является общей.

В зоне недостаточного увлажнения в севообороте с многолетними травами подсолнечник лучше размещать на пятый год после запашки трав. Это связано с тем, что многолетние травы (люцерна) сильно иссушают глубокие слои почвы, которые являются основным источником снабжения подсолнечника водой.

Сам подсолнечник является неплохим предшественником для целого ряда культур: яровой пшеницы, овса, ячменя, проса. В южных районах (на Кубани и в Ставропольском крае) при своевременной уборке он хороший предшественник для озимых.

Для защиты высеваемых культур от падалицы подсолнечника следует своевременно убирать его, не допуская потерь и после его уборки производить глубокую вспашку плугами с предплужниками. В севообороте подсолнечник не следует возвращать на прежнее место раньше 6-7 лет (8 лет). Более частое возвращение приводит к распространению заразики, болезней (склеротинии, ржавчины и др.) и вредителей.

Подсолнечник очень хорошо использует фосфор и калий почвы, а также последствие ранее внесенных органических, фосфорных и калийных удобрений, способен интенсивно усваивать калий из труднорастворимых соединений почвы и фосфор трехзамещенного фосфата кальция. Сравнительно хорошо доступны ему свежесаживаемые фосфаты алюминия и даже железа.

Органические удобрения. Внесение под подсолнечник 20 т/га навоза на черноземах и каштановых почвах обеспечивает прибавку урожая семян 2-5

ц/га, в зависимости от условий увлажнения. На дерново-подзолистых и серых лесных почвах при выращивании подсолнечника на силос внесение 20-30 т/га навоза дает прибавку зеленой массы 50-100 ц/га. На каждые 10 т навоза необходимо дополнительно вносить 10-15 кг д.в. N.

Минеральные удобрения. Минеральные удобрения, как правило, применяют в два приема: в основное и в рядки при посеве. В зонах возделывания масличного подсолнечника часто ввиду высокого содержания подвижного калия в черноземах и каштановых почвах калийные удобрения не дают эффекта. Поэтому прежде всего здесь применяют азотные и фосфорные удобрения, а в засушливой зоне – одни фосфорные в норме 40-60 кг/га P_2O_5 . При очень высоком содержании подвижных форм фосфора - более 30 мг/100 г почвы (по Чирикову, 6 класс обеспеченности) – подсолнечник не отзывчив на фосфорные удобрения.

При внесении на черноземах и каштановых почвах удобрений в норме 40-60 кг N, 45-60 кг P_2O_5 , 0-40 кг K_2O , обеспечивают урожай семян 14-25 ц/га, а прибавку – 3-5 ц/га.

На дерново-подзолистых и серых лесных почвах со средним содержанием подвижных форм фосфора и калия для получения урожая зеленой массы подсолнечника 250-30 ц/га рекомендуется применять $N_{90-120}P_{60-90}K_{90-120}$, а совместно с 30-40 т/га органических удобрений – $N_{60-90}P_{30-50}K_{60-90}$.

Исследованиями установлена тесная корреляционная зависимость урожая зеленой массы подсолнечника от содержания минерального азота в почве в фазе 10-12 листьев, а также от содержания общего азота в растениях в этой фазе и в фазе бутонизации (в листьях и в целом растении).

Рядковое удобрение. Доза рядкового удобрения $N_{10-15}P_{15-30}$ в виде комплексных удобрений. Рядковое удобрение повышает урожай семян на 1,5-2,5 ц/га.

Подкормка. При подкормке вносят $N_{30-40}K_{30-40}$. При орошении первую подкормку проводят в фазе 2-3 пар листьев, вторую – в начале образования корзинок. Удобрения заделывают культиватором-растениепитателем на

глубину 10-12 см и на расстоянии 10-15 см от рядка растений при первой подкормке и в середину междурядья – при второй.

В условиях орошения на черноземах и каштановых почвах при среднем содержании подвижных форм фосфора и калия для получения урожая семян подсолнечника около 40 ц/га следует вносить соответственно $N_{120-150}P_{120-150}K_{180-250}$ и $N_{150-200}P_{120-150}K_{180-250}$.

Из микроудобрений в южных районах наиболее эффективен марганец, от которого масличность семян повышается на 2 % и более. Применяют марганизированный суперфосфат (до посева 2-3 ц/га, при посеве 1 ц/га).

При опудривании семян и некорневых подкормках в фазе образования корзинок используют марганец, цинк и бор так же, как и под кукурузу.

Контрольные вопросы:

1. Перечислите основные биологические особенности подсолнечника.
2. Какие требования подсолнечник предъявляет к почвам для получения высоких урожаев?
3. Расскажите о динамике поглощения питательных веществ. Каков их вынос подсолнечником в расчете на 1 т основной продукции с учетом соответствующего количества побочной?
4. Роль предшественников в специфике составления системы удобрения под подсолнечник.
5. Каковы особенности применения органических удобрений под подсолнечник?
6. Сроки внесения и способы заделки различных форм азотных, фосфорных и калийных удобрений в допосевной период.
7. Какова доза рядкового удобрения под подсолнечник?
8. Сроки и способы подкормки подсолнечника.
9. Удобрение подсолнечника при орошении.

ГЛАВА 10. ОСОБЕННОСТИ ПИТАНИЯ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР

Народнохозяйственное значение. Овощи – важнейшая составляющая полноценного питания человека. Они – основной источник обеспечения человека разнообразными витаминами, ферментами, необходимыми минеральными солями и другими физиологически активными веществами. В некоторых овощных растениях содержатся специфические вещества, от которых зависят вкусовые качества пищи и различные органические соединения, обладающие фитонцидными свойствами. Многие овощные культуры мы встречаем в перечне лекарственных как в традиционной, так и в народной медицине.

Питательная ценность овощей: содержание углеводов – 4-6 %, белков – 0,5-2,2 %, жиров – около 1 %. Овощи в процессе переработки (заводской или кулинарной) теряют много питательных веществ, витаминов, ферментов, но сохраняют минеральный состав, ароматические вещества, вкус, цвет и другие достоинства. Имеющихся в консервах витаминов и ферментов вполне достаточно, чтобы считать переработанные овощи ценнейшими продуктами питания. Поэтому овощи также следует рассматривать как превосходное сырье для консервной промышленности.

Значение овощей в экономике сельского хозяйства достаточно высоко. Занимая 1,5-2,0 % площади пашни, овощи и бахчевые культуры обеспечивают доход от отрасли, который составляет около 7 % валового дохода, получаемого от всей растениеводческой продукции в России.

Требования к почве. Овощные культуры требуют наиболее плодородных, окультуренных почв с хорошими водно-физическими свойствами. Значительная часть их выращивается на пойменных землях, где в среднем 15-30 дней держится вода.

Глубина залегания грунтовых вод в начале вегетации должна быть не выше 60 см, в середине вегетации – 80-90 см. Основная масса корней капусты, корнеплодов, томатов располагается на глубине 50-60 см, моркови, лука,

огурцов – 20-25 см. Для овощных культур среднее содержание элементов питания в почве – повышенное (4 класс).

Овощные культуры часто выращивают на пойменных землях. Выделяют 3 части поймы: прирусловая, центральная, притеррасная. Содержание гумуса на поймах – от 1,5 до 10 %. В прирусловой части поймы происходит выпадение песчаных частиц, в притеррасной части поймы находится довольно много илистых частиц.

Считается, что на пойменных почвах требуется внесение калийных удобрений. Однако содержание элементов питания на поймах:

⇒ P_2O_5 – 3-35 мг/100 г почвы;

⇒ K_2O – 3-40 мг/100 г почвы.

На поймах огромное количество сорняков, требуется регулярная обработка.

Поймы обычно заливные. Различают:

- 1) Краткосрочные поймы – вода держится до 7 дней;
- 2) Среднесрочные поймы – вода держится 7-15 дней;
- 3) Длительно-затопляемые – полые воды держатся 15-30 дней.

При возделывании сельскохозяйственных культур необходимо соблюдать водоохранную зону:

– 50 м – если река протяженностью до 10 км (т.е. 50 м от русла реки применять удобрения нельзя);

– 100 м - если река протяженностью 10-50 км;

– 300-500 м – более крупные реки, озера.

Размеры защитных полос контролирует санэпидемстанция.

Овощные растения наиболее чувствительны к содержанию подвижного алюминия в почве. Его должно быть не более 3-4 мг/100 г почвы, а для отдельных культур (лук, салат, чеснок, шпинат) – не выше 1 мг/100 г почвы.

Особенности потребления питательных веществ в процессе вегетационного периода. Листовые овощи (капуста, салат, щавель, шпинат) предъявляют повышенные требования к азоту, корнеплоды – к калию, томаты

– к фосфору, а огурцы – к фосфору и калию. Культуры, предназначенные для зимнего хранения, нуждаются в достаточном фосфорном и калийном питании. Капуста интенсивно поглощает азот до начала образования кочана, а в период его формирования – фосфор и калий. Томаты наиболее активно используют азот и калий в период плодоношения. Огурцы в наибольшей степени потребляют элементы питания в фазы цветения и образования плодов. В первый период роста огурцы используют больше азота и фосфора, чем калия, а во второй половине вегетации не нуждаются в интенсивном азотном питании. Лук предъявляет повышенные требования к азотному питанию в первую половину вегетации, а с момента образования луковиц до их созревания – к фосфору и калию.

Хозяйственный вынос. Вынос питательных веществ на 100 ц (10 т) основной (товарной) продукции основных культур: N – 30-40 кг, P₂O₅ – 10-15 кг, K₂O – 40-50 кг (табл. 25).

Таблица 25

Вынос питательных веществ на 10 т товарной продукции овощных культур, кг

Культура	Дерново- подзолистые почвы			Черноземы			Каштановые почвы		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Капуста поздняя	41	14	49	51	11	52	45	11	56
Морковь	23	10	38	43	14	49	33	11	93
Свекла	27	15	43	-	-	-	46	10	116
Томаты	32	11	40	36	7	33	43	8	71
Огурцы	28	15	44	29	12	32	32	10	54
Лук сладкий	30	11	29	22	9	29	30	9	39

Известкование. По отношению к кислотности почвы овощные культуры подразделяются на группы:

1. Морковь, петрушка, редька, репа, томаты, кабачки, тыква, редис – отрицательно реагируют на избыток известкования. Эти культуры не переносят избытка кальция и требуют известкования в пониженных нормах только на сильно- и среднекислых почвах. Избыток кальция тормозит поступление в растения калия. При известковании необходимо вносить повышенные дозы калийных удобрений, а также внести борные удобрения.

2. Щавель, ревень малочувствительны к повышенной кислотности почвы и слабо отзываются на известкование (растут и на кислых почвах).

3. Остальные культуры требуют почв с нейтральной и близкой к нейтральной реакции почвенного раствора:

- цветная капуста, огурцы, салат, кольраби, брюква, лук-порей нуждаются в слабокислой реакции почвы и хорошо отзываются на известкование;

- свекла, капуста белокочанная, лук, чеснок, сельдерей, шпинат и пастернак не переносят повышенной кислотности и наиболее сильно реагируют на известкование.

Известкование проводят с таким расчетом, чтобы оно оказало наибольшее действие на культуры, сильно отзывающиеся на известкование, и меньшее – на те овощные, которые не переносят избытка кальция.

Вносят $\frac{2}{3}$ извести под плуг, $\frac{1}{3}$ – под культивацию, известкование, чтобы равномерно распределить известь по пахотному слою. Две операции проводить трудоемко, поэтому известь вносят один раз.

Известь начинает действовать на 2-3 год после внесения. При низких дозах минеральных удобрений известь действует 10-15 лет. Полная норма извести на овощных севооборотах при внесении высоких доз удобрений действует 7-8 лет. При повышенной норме от полной дозы – в 2 раза меньше.

В севооборотах, где выращиваются культуры, очень чувствительные к кислотности почвы, хороший результат дает поддерживающее известкование. В этом случае ежегодная норма извести 1-1,5 т/га или 2-3 т/га через год.

Известкование снижает поражаемость капусты килой.

Гипсование. На слабо- и среднесолонцеватых почвах вносят 4-6 т/га гипса. Морковь, лук, огурцы плохо развиваются при содержании растворимых солей в почве 0,2-0,3 % и хлора – более 0,007-0,01 %. Свекла выдерживает концентрацию растворимых солей до 0,6-0,7, а томаты и капуста – до 0,4 %.

Органические удобрения. Органические удобрения в хозяйствах выделяют прежде всего для овощных севооборотов.

В Нечерноземной зоне под овощные вносят по 50-60 т/га, а в отдельных хозяйствах – по 80-100 т/га навоза или торфонавозного компоста. На черноземах и каштановых почвах нормы внесения более низкие. На органические удобрения очень хорошо отзываются культуры, наиболее чувствительные к концентрации почвенного раствора: морковь, лук, огурцы. Под *огурцы* применяют свежий навоз, который содержит очень большое количество семян сорных растений. Однако при разложении навоза выделяется угольная кислота, которая хорошо используется листьями (огурцы – стелющаяся культура). Норма органических удобрений – 60-120 т/га. Под *лук-репка* вносят только перепревший навоз или перегной в норме 30-40 т/га. Лук чувствителен к болезням, а в органических удобрениях (плохо разложившихся) много источников заболеваний. Свежий навоз вносят под предшествующую культуру. *Столовые корнеплоды* (морковь, свекла, петрушка, сельдерей, пастернак, репа, редька) не рекомендуется применять свежий и слабоперепревший навоз из-за возможного разветвления корнеплодов, что отражается на сохранности продукции, ее качестве и товарной ценности. Эти культуры размещают на второй-третий год после внесения навоза или вносят перегной в норме 20-40 т/га. Нетоварные корнеплоды поедаются морковной мухой. Под *позднюю капусту* вносят полуперепревший навоз в норме 30-60 т/га с осени под зябь. Под *раннюю капусту* внесение навоза менее эффективно, так как ввиду короткого вегетационного периода навоз не успевает разложиться в достаточной степени. *Томаты* хорошо отзываются на внесение органических удобрений, но на окультуренных почвах дают высокий урожай и при внесении одних

минеральных удобрений. *Зеленные культуры (салат, шпинат, укроп, петрушка листовая, редис)* не рекомендуется применение органических удобрений. Ухудшаются органолептические показатели, с навозом поступает много бактерий, грибов, нанося вред здоровью человека. *Тыквы, кабачки* хорошо отзываются на внесение органических удобрений.

Под овощные культуры с длительным периодом вегетации лучше использовать перепревший навоз, а под ранние – перепревший или размещать их по последствию навоза. На песчаных и супесчаных почвах органические удобрения следует вносить весной, на более тяжелых почвах – осенью под зябь. На пойменных почвах навоз используют только весной и прежде всего под огурцы. При посадке овощей в лунки можно вносить 300-800 г органических удобрений. Так при внесении по 500 г под каждое растение, при 20 тыс. растений вносится 10 т/га органических удобрений, при 40 тыс. растений – 20 т/га. Последствие такого внесения слабое, но в первый год эффект высокий.

Жидкая органическая подкормка. При приготовлении болтушки из органических удобрений берется емкость объемом 20-30 л, половина которой заполняется куриным пометом влажности 56 % или кроличьим пометом, другая половина – водой, смесь перемешивается несколько раз и разбавляется в 8-10 раз. Готовится болтушка за сутки до внесения. 1 л болтушки заливается в ведро, доливаются вода, тщательно перемешивается. Приготовленного раствора хватает на 4-7 погонных метров (3,5 м с одной стороны ряда, 3,5 м – с другой). Вносится в лунку с обеих сторон ряда, отступив 6-8 см. Ведро делится на две части, борозды после внесения засыпаются, чтобы снизить потери элементов питания, в частности азота, из болтушки.

Из коровьего навоза также можно готовить болтушку. Для приготовления болтушки берут половину бочки навоза и добавляют половину бочки воды, перемешивают, разбавляют в 2-3 раза: 3 л болтушки переносится в ведро и доливаются вода.

Концентрированную навозную жижу также можно использовать для приготовления болтушки. Разбавляется в 3-4 раза. Если при хранении навозной жижи попала в удобрение вода, можно разбавление не проводить.

Применение минеральных удобрений. Для разных овощных культур в зависимости от типа почв существует определенный порядок минимумов элементов питания (табл. 26).

Таблица 26

**Ориентировочный порядок минимумов питательных веществ на
различных почвах для овощных культур**

Культура	Зона дерново-подзолистых почв			Выщелоченные черноземы	Южные черноземы
	Суглинки оподзоленные	Поймы	Низинные торфяники		
Капуста	NKP	KNP	KPN	KPN	PKN
	NPK	NK	KP	NPK	NP
Корнеплоды	NPK	KPN	KN	PK	-
	NKP	KN	K	NK	-
Томаты	PKN	PKN	KP	PKN	PNK
	PNK	PK	K	NPK	P
Огурцы	NKP	KNP	K	NK	PNK
Лук	KPN	KP	K	-	-

К концентрации почвенного раствора солей наиболее чувствительны:

морковь > лук > огурцы > капуста > томаты > свекла

Морковь, лук и огурцы наиболее чувствительны к концентрации почвенного раствора по сравнению со свеклой. Более чувствительны, чем свекла: морковь - в 6 раз, лук – в 4 раза, огурцы – в 3 раза, капуста – в 2 раза

томаты – в 1,2 раза. Это следует учитывать при внесении минеральных удобрений.

При внесении удобрений культиватором-растениепитателем элементы питания попадают в слой 0-5 см (80 %). Опасно для моркови, лука, огурцов. Для этих культур допустимы концентрации:

- морковь 25N25P25K;
- лук 40N40P40K;
- огурцы 50N50P50K.

По эффективности использования минеральных удобрений основные овощные культуры можно расположить в следующем нисходящем порядке: свекла, капуста, томаты, морковь, огурцы и лук. По данным полевых опытов, в разных почвенно-климатических зонах страны в среднем полное минеральное удобрение при нормах каждого элемента питания 60-90 кг/га обеспечивает прибавку урожая (кг/га): капусты – 18, свеклы, моркови – 12-15, томатов – 12, огурцов – 11 и лука – 7-8.

При богарном земледелии в большинстве случаев фосфорные и калийные удобрения следует вносить с осени под зябь, заделывая их плугом с предплужником. Только на песчаных и супесчаных почвах целесообразно применять калийные удобрения весной. Азотные удобрения в зоне достаточного и избыточного увлажнения также следует вносить весной. Однако жидкие аммиачные удобрения на связных почвах можно использовать с осени под зябь. В засушливой зоне и зоне недостаточного увлажнения на средних и тяжелых по гранулометрическому составу почвах при глубоком залегании грунтовых вод азотные удобрения моно вносить с осени под зябь. При этом преимущество имеют аммиачные и амидные удобрения по сравнению с аммиачно-нитратными и особенно нитратными.

В условиях орошения на связных почвах даже при осеннем влагозарядковом поливе фосфорные и калийные удобрения вносят под зябь. Азотные удобрения в случае осеннего влагозарядкового полива применяют только весной. Если же он не проводится, то на почвах среднего и тяжелого

гранулометрического состава в зоне недостаточного увлажнения при глубоком залегании грунтовых вод допускается внесение аммиачных и амидных удобрений под зябь.

На пойменных почвах и осушенных торфяниках азотные, фосфорные и калийные удобрения в качестве основного вносят весной до посева, когда сойдут полые воды. При осеннем внесении будут большие потери питательных веществ вследствие их вымывания полыми водами.

При орошении удобрения заделывают в почву культиватором-растениепитателем до полива.

Рядковые удобрения. При посеве овощных культур вносят на 1 га 8-10 кг N, 8-10 кг P_2O_5 , 8-10 кг K_2O . Рекомендуют вносить под томаты $N_{10}P_{20}K_{10}$, под морковь, лук, огурцы, свеклу – $N_{10}P_{10}K_{10}$. При этом следует вносить или один фосфор в виде гранулированного суперфосфата, или сразу два-три элемента питания в виде сложных и комбинированных удобрений.

Лучший эффект припосевное удобрение дает при размещении его на 2-3 см глубже семян и на 2-3 см – в сторону от ряда.

При высадке рассады рассадопосадочной машиной удобрения заделываются с поливной водой (концентрация раствора – до 0,2 %).

Подкормка не может полностью заменить основное удобрение. Поэтому в нее следует прежде всего вносить азотные и калийные удобрения, а фосфорные применять до посева или посадки.

Подкормку применяют:

- 1) в зонах достаточного и избыточного увлажнения на легких почвах;
- 2) в условиях орошения при частых поливах, больших поливных нормах и длительном периоде вегетации растений;
- 3) при высоких нормах минеральных удобрений, когда разовое внесение их может сильно повысить концентрацию почвенного раствора и тем отрицательно отразиться на развитии растений (морковь, лук, огурцы);
- 4) когда до посева не было дано нужное количество удобрений.

При перенесении азота из основного удобрения в подкормку урожай не увеличивается, а иногда и снижается, содержание нитратов от поздней подкормки в продукции повышается.

Подкормки, если они необходимы, рекомендуется проводить в течение вегетационного периода 1-3 раза:

1. через 30-35 дней после посева овощных культур (при появлении третьего настоящего листа) или через 12-20 дней после посадки рассады, удобрения вносят культиватором-растениепитателем на расстоянии 6-8 см от растения на глубину 5-8 см;

2. через 2-3 недели также культиватором-растениепитателем в середину междурядья на глубину 10-12 см;

3. через 2-3 недели до смыкания рядков.

Рекомендуются следующие дозы питательных веществ: первая подкормка – $N_{20-40}K_{20-40}$, вторая и последующая – $N_{20-40}K_{20-40}$. О необходимости проведения подкормки можно судить по результатам растительной диагностики.

Хорошие результаты дает внесение удобрений в подкормку с поливной водой при дождевании с использованием специальных гидроподкормщиков. Растворенные удобрения из подкормщика подаются в струю воды и вместе с ней распределяются по полю. Концентрация минеральных удобрений в поливной воде должна быть в среднем 0,1-0,2 %, а предельная – 0,5 %. Сначала растения поливают чистой водой, затем удобрительной и после этого - снова чистой водой в течение 5-10 мин, чтобы смыть удобрения с листьев. Удобрения нельзя растворять в оросительных каналах, так как при этом они нерационально используются и загрязняют близлежащие водоемы.

Калийные дозы в высоких дозах вносить не рекомендуется, вредно для человека и животных: $K : \Sigma Ca + Mg > 2,2$; $K : Na > 5$; содержание K_2O на сухую массу $> 3 \%$.

Микроудобрения. Способ обработки семян в виде растворов борной кислоты (бура $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$) 0,05 % (5 г на ведро) до 0,1 % (10 г на ведро).

На 1 ц семян готовят 2-4 л раствора, семена переносят на брезент, через лейку обрабатывают раствором. Обработку проводят также и сульфатом марганца (MnSO_4).

Внесение в почву:

- торфяно-болотная почва – потребность в меди (вносят 10 кг/га медного купороса);
- черноземы – борные, марганцевые удобрения;
- дерново-подзолистая почва, серая лесная почва – на известкованных почвах (рН 6 и выше) необходимо вносить борные удобрения, так как бор слабо доступен, если содержание бора меньше 0,2 мг/кг – недостаточно для растений, необходимо вносить удобрения.

Из азотных удобрений под овощные культуры чаще всего применяют аммиачную селитру, мочевину и сульфат аммония. Последние два удобрения имеют преимущества при орошении. Натриевая селитра наиболее эффективна для столовых корнеплодов и томатов.

Из фосфорных удобрений лучшим для овощных культур является суперфосфат. Для цветной капусты наиболее эффективен молибденовый и борный суперфосфат.

Из калийных удобрений широко применяют хлористый калий. Сернокислый калий вносят прежде всего под огурцы, томаты, лук и чаще в закрытом грунте. Столовая свекла, морковь, редька, брюква, репа, петрушка, сельдерей и капуста положительно реагируют на внесение натрия. Поэтому под них можно использовать калийную соль. При внесении ее с осени хлор вымывается из почвы и не оказывает отрицательного действия на растения. Из всех овощных культур только столовая свекла выносива к избытку хлора. На песчаных и супесчаных почвах преимущество имеют магнийсодержащие калийные удобрения.

Наибольшая продуктивность овощных севооборотов достигается при совместном применении органических и минеральных удобрений. К навозу в

первую очередь следует дополнительно применять азотные удобрения особенно на дерново-подзолистых почвах.

Таблица 27

Нормы удобрений под овощные культуры на дерново-подзолистых и пойменных почвах при средней обеспеченности подвижными формами фосфора и калия

(навоз, компост в т/га, минеральные удобрения в кг/га д.в.)

Культура	Планируемый урожай, т/га	Дерново-подзолистые почвы				Пойменные почвы			
		навоз	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	навоз	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Капуста ранняя	30		90	20	30		60	40	90
	50		150	60	90		120	80	150
Капуста средняя и поздняя	40	40	120	40	90	30-40	90	40	150
	80	40	240	120	210	30-40	150	120	270
Морковь	30		30*	40*	60*		30	60	90
	50		90*	80*	120*		90	80	150
Свекла	30		90	40	120		60	40	150
	50		150	100	150		120	80	210
Томаты	20		90	140	90		60	120	120
	30		120	160	120		90	140	150
Огурцы	20	80	60	80	90	60-80	60	60	90
	30	80	90	100	120	60-80	90	80	120
Лук на репку	20		90	60	90		90	60	60
	30		120	80	90		120	80	90

* По последствию 40-60 т/га навоза (компоста) на дерново-подзолистых почвах и малогумусовых пойменных почвах.

Научно-исследовательскими учреждениями нашей страны разработаны рекомендации по применению удобрений под овощные культуры в различных почвенно-климатических зонах в зависимости от величины планируемого урожая и агрохимических показателей почв (табл. 27, 28).

Таблица 28

Нормы удобрений под овощные культуры на черноземах и каштановых почвах при средней обеспеченности подвижными формами фосфора и калия (навоз, компост в т/га, минеральные удобрения в кг/га д.в.)

Культура	Планируемый урожай, т/га	Дерново-подзолистые почвы				Пойменные почвы			
		навоз	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	навоз	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Капуста ранняя	20-30		60	60	60		75	45	60
	30-40		90	80	90		90	60	75
Капуста средняя и поздняя	20-30		90	60	90		90	45	60
	40-50		150	100	120		150	75	90
Морковь	20-30		60	60	60		60	45	45
	40-50		90	80	90		100	70	70
Свекла	20-30		60	40	60		60	45	45
	30-40		120	60	90		90	70	60
Огурцы	10-20	20-40	60	60	30	20-40	75	45	30
	20-30	20-40	90	75	60	20-40	90	60	60
Томаты	20-30		60	100	45		90	80	30
	30-40		90	140	60		120	90	60

В некоторых хозяйствах с целью получения высоких урожаев овощей применяют необоснованно высокие нормы минеральных удобрений, что может привести к ухудшению качества продукции (повышенное содержание нитратов) и загрязнению окружающей среды.

Схемы систем удобрения в овощных севооборотах даны в таблицах 29-31.

Таблица 29

Система удобрения в 9-польном овощном севообороте при орошении на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве со средним содержанием фосфора и калия (навоз, компост в т/га, минеральные удобрения в кг/га д.в.)

Чередование культур	Планируемый урожай, т/га	Основное удобрений				Припосевное			Подкормка			
		навоз	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	первая		вторая	
									N	K ₂ O	N	K ₂ O
Овес + травы	3,5		40	120	200		10					
Травы 1-го г.п.(сено)	6											
Травы 2-го г.п. (сено)	6								40			
Капуста поздняя	60		100	160	200				40	40	40	60
Огурцы	25	80					10					
Томаты	30								30			
Столовые корнеплоды	40		40	60	110	10	10	10	20			
Капуста средняя	50	50	60	40	60					40		

Таблица 30

Система удобрения в 6-польном овощном севообороте на пойменной почве со средним содержанием фосфора и низким содержанием калия при орошении (навоз, компост в т/га, минеральные удобрения в кг/га д.в.)

Чередование культур	Планируемый урожай, т/га	Основное удобрений				Припосевное			Подкормка			
		навоз	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	первая		вторая	
									N	K ₂ O	N	K ₂ O
Капуста средняя	60		100	150	150				40	40	40	60
Томаты	30		30	90	30				30	20	30	30
Огурцы	25	60	30	20	30		10				30	30
Капуста поздняя	80		100	150	200				40	40	40	60
Свекла	40			50	130	10	10	10	20	30	30	40
Морковь	50		60	80	100	10	10	10	20	20	30	30

Таблица 31

Система удобрения в овощном севообороте для центральной и западной зон Кубани при орошении (навоз, компост в т/га, минеральные удобрения в кг/га д.в.)

Чередование культур	Основное удобрение				Припосевное			Подкормка		
	навоз	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Яровые зерновые + травы		40	130	120		10				
Травы 1-го г.п.										
Травы 2-го г.п.										
Томаты		30	90	60				30		30
Огурцы	30					10		30		
Лук			60	40				30		20
Томаты		50	90	60				30		30
Капуста средняя и поздняя	30	60	90	60				30		30
Свекла, морковь					10	10	10	20	20	20
Томаты	20	30	90	60				30		30
Капуста ранняя		60	90	60				30		30

Примечание: урожай лука и огурцов 25-30 т/га, томатов – 35-40, соловых корнеплодов – 40-45, капусты ранней – 30-35, капусты средней и поздней – 60-70 т/га.

Контрольные вопросы:

1. Перечислите основные биологические особенности овощных культур.
2. Какие требования овощные культуры предъявляют к почвам для получения высоких урожаев?
3. Отношение к кислотности почвы овощных культур. Проведение известкования в овощных севооборотах.
4. Как применяют минеральные и органические удобрения в овощных севооборотах в основных районах их возделывания?
5. Влияние удобрений на качество урожая овощей.
6. Удобрение капусты.
7. Удобрение свеклы.
8. Удобрение моркови.
9. Удобрение огурца.
10. Удобрение томата.
11. Удобрение лука.

ГЛАВА 11. СОСТАВЛЕНИЕ СИСТЕМЫ УДОБРЕНИЯ В СЕВООБОРОТЕ

Основными документами при составлении системы удобрения должны быть:

- организационно-хозяйственный план, отражающий перспективу развития хозяйства (рост урожайности культур, севообороты, поставки минеральных удобрений, рост поголовья скота и продуктивности животноводства и т.д.);
- почвенная карта;
- агрохимические картограммы;
- фактическая урожайность за последние пять лет и нормы применения органических и минеральных удобрений;
- книга истории полей.

Следует учесть организационно-технические возможности хозяйства по своевременному внесению удобрений и предусмотреть строгий контроль за проведением этих работ.

Составление системы удобрения осуществляют в следующей очередности:

1. Уточняют севообороты или чередование культур на каждом поле по годам. Определяют по годам уровни урожаев сельскохозяйственных культур по отдельным севооборотам и полям, а также урожаи на год освоения севооборота. Все это должно быть увязано с показателями в целом по хозяйству.

2. Определяют по каждому севообороту площади кислых или солонцовых почв, нуждающихся в известковании или гипсовании. Рассчитывают среднюю обеспеченность каждого поля севооборота и в среднем всего севооборота подвижными формами фосфора и калия (класс почвы по каждому из этих элементов). Если в хозяйстве имеются кислые (солонцовые) почвы, то определяют нормы, место применения извести (гипса), а также сроки их внесения с учетом биологических особенностей культур. По мере необходимости ежегодно планируют известковать (гипсовать) от одного до нескольких полей севооборота. Одновременно устанавливают место внесения фосфоритной муки в чистом виде или при смешивании с навозом и другими органическими удобрениями. При известковании следует обратить особое внимание на применение борных удобрений (особенно под картофель и лен). Определяют ежегодную потребность в химических мелиорантах по севооборотам и в целом по хозяйству.

3. Рассчитывают выход навоза и количество заготавливаемых органических удобрений. Уточняют распределение общего их количества по отдельным севооборотам, устанавливают нормы внесения под культуры, а также разрабатывают схемы размещения буртов на отдельных полях с целью лучшей организации работ по их разбрасыванию (для каждого вида

органических удобрений, для конкретных возможных вариантов разрабатываются свои технологические схемы их применения в полях севооборотов). При распределении органических удобрений следует учитывать, что для бездефицитного баланса гумуса необходимо вносить в зернотравянопропашных севооборотах на дерново-подзолистых почвах среднего и тяжелого гранулометрического состава ежегодно в среднем не менее 10 т/га качественных органических удобрений, на более легких – 12-18 т/га, а на черноземах – 6-8 т/га.

4. Проводят распределение минеральных удобрений под отдельные культуры исходя из величины планируемых урожаев или обеспеченности 1 га севооборота минеральными удобрениями.

Распределение минеральных удобрений в севообороте на планируемый урожай сельскохозяйственных культур

В этом случае могут возникнуть два возможных варианта:

- севооборот не освоен или освоен, но поля сильно разливаются по агрохимическим показателям, а следовательно, и по возможности получения запланированного уровня урожайности;
- севооборот освоен, поля окультурены и степень их окультуренности близкая.

Наиболее быстро, со значительно меньшей трудоемкостью, проектируется система удобрения во втором варианте, в так называемых оптимальных агротехнических условиях. Нормы минеральных удобрений в севообороте под культуры на планируемый урожай определяют с учетом средневзвешенной обеспеченности (класса) почвы всего севооборота подвижными формами фосфора и калия, предшественника и последействия удобрений. Использование средневзвешенных показателей по фосфору и калию в целом по севообороту - отличительная черта данной методики.

Если потребность в питательных веществах той или иной культуры обеспечивается за счет органических и последействия ранее внесенных

удобрений, то планируют припосевное (рядковое) удобрение, а также применение небольших доз азота под озимые в весеннюю подкормку (прежде всего в Нечерноземной зоне).

После распределения минеральных удобрений (кг/га д.в.) под культуры в севообороте проверяют правильность составленной системы удобрения путем подведения баланса питательных веществ за севооборот и коэффициентов их использования растениями за ротацию.

Нормативы баланса питательных веществ за ротацию для дерново-подзолистых и серых лесных почв в зависимости от средней обеспеченности почв севооборота подвижными формами фосфора и калия (класса почвы) приведены в таблице 32.

Таблица 32

Примерные нормативы баланса питательных веществ за севооборот в зависимости от содержания элементов питания в дерново-подзолистых и серых лесных почвах

Класс почв	Содержание в почве подвижных форм фосфора и калия	Внесение питательных веществ с удобрениями за севооборот		
		N*	P ₂ O ₅	K ₂ O
1-2	Очень низкое и низкое	120-130	200-250	130-150
3	Среднее	120-130	170-200	110-130
4	Повышенное	110-120	140-170	80-100
5	Высокое	100-110	100-140	60-80
6	Очень высокое	80-100	70-100	40-60

* В зависимости от содержания подвижного фосфора в почве

Фосфор и калий практически не теряются из корнеобитаемого слоя, за исключением некоторого количества калия (до 10-15 кг/га K₂O) на песчаных и супесчаных почвах. Можно условно считать, что потери азота почвы в результате вымывания нитратов и денитрификации компенсируются

поступлением азота с осадками, семенами и за счет деятельности свободноживущих бактерий-азотфиксаторов. Поэтому при расчетах баланса азота в севообороте учитывают в расходной его части только вынос с урожаями, за исключением бобовых культур, а в приходной части - поступление азота с органическими, минеральными удобрениями, а также азот многолетних бобовых трав, оставленный ими в почве сверх выноса с урожаем.

Обогащение почвы азотом за счет многолетних бобовых трав определяют следующим образом. Например, при урожаях сена клевера с тимофеевкой в 1-й год пользования 4,5 т/га и во 2-ой – 4,5 т/га вынос азота с сеном составляет за два года 180 кг/га (в сене содержится примерно 2 % азота, или 20 кг/т). От 1 т сена остается в почве в виде корневых и пожнивных остатков 10-15 кг азота. В данном случае в поживно-корневых остатках на 1 га содержится примерно 135 кг азота ($15N \times 9 = 135$), всего же в урожае сена и поживно-корневых остатках – около 315 кг азота. В лучшем случае 1/3 азота от общего количества используется из почвы, т.е. 105 кг. Следовательно, обогащение почвы азотом от многолетних бобовых трав составит 30 кг/га ($135-105 = 30$):

Клевер с тимофеевкой 1 г.п. – урожай 4,5 т/га,

Клевер с тимофеевкой 2 г.п. – урожай 4,5 т/га.

Урожайность за 2 года = 4,5 т/га + 4,5 т/га = 9 т/га.

В сене содержится 2 % азота или 20 кг/т, т.е. $9 \text{ т/га} \times 20 \text{ кг/т} = 180 \text{ кг/га}$.

Т.к. от 1 т сена остается в ПКО 10 – 15 кг азота, то в ПКО содержится азота:

$9 \text{ т/га} \times 15 \text{ кг/т} = 135 \text{ кг/га}$.

Всего в урожае сена и ПКО содержится азота = $180 \text{ кг/га} + 135 \text{ кг/га} = 315 \text{ кг/га}$

$1/3$ азота используется из почвы, т.е. $315 \text{ кг/га} \times 1/3 = 105 \text{ кг/га}$

Обогащение почвы азотом от многолетних трав составит:

$135 \text{ кг/га} - 105 \text{ кг/га} = \underline{30 \text{ кг/га}}$

При неблагоприятных условиях для азотфиксации эта величина будет меньше.

От зерновых бобовых культур и однолетних бобовых трав принимается кулевой баланс по азоту. При выращивании бобово-злаковых однолетних трав (вика с овсом, горох с овсом) при значительном удельном содержании овса баланс азота получается отрицательный.

В таблице 34 относительный баланс питательных веществ за ротацию севооборота (% к выносу питательных веществ с урожаями культур) составил: по азоту $\frac{600 \times 100}{471} = 127\%$, фосфору $\frac{470 \times 100}{233} = 202 \%$ и калию $\frac{790 \times 100}{761} = 104 \%$.

Коэффициент использования питательных веществ удобрений культурами за ротацию севооборота определяется отношением количества питательного вещества, вынесенного с прибавкой урожаев, к количеству его, внесенного с органическими и минеральными удобрениями, и выражается в процентах. Обычно за ротацию севооборота принимают следующие коэффициенты использования питательных веществ растениями из удобрений (органических и минеральных вместе): азота 60–70 %, фосфора 35–40 % и калия 65–75 %. Прибавку урожая определяют по разнице между планируемым урожаем культуры и ее урожаем без удобрений, значение которых берут из данных агрохимслужбы (табл. 35) или определяют по содержанию подвижного фосфора (на связных почвах) и подвижному калию (на легких почвах), а также рассчитывают по примерному содержанию легкогидролизуемого азота в почве.

Баланс питательных веществ и коэффициенты их использования растениями за ротацию севооборота позволяют в конкретном примере (табл. 34) рассчитывать на получение планируемых урожаев при нормальных погодных условиях. По балансу можно приближенно судить о возможных изменениях в содержании подвижных форм фосфора и калия в почве к концу ротации севооборота. Установлено, что для увеличения содержания подвижных форм фосфора на 1 мг/100 г почвы необходимо внести с удобрениями сверх выноса с урожаями на дерново-подзолистых песчаных и супесчаных почвах 50–60 кг/га P_2O_5 , суглинистых – 70–150, на серых лесных – 70–140, на черноземах и каштановых почвах – 80–130 кг/га. Для повышения

содержания подвижных форм калия на 1 мг/100 г почвы требуется сверх выноса на указанных почвах соответственно 40-60 кг/га, 60-160, 60-90 и 80-130 кг/га K_2O (табл. 33). Из данных таблицы 34 следует, что превышение прихода P_2O_5 и K_2O над их расходом соответственно на 237 и 29 кг/га за ротацию (6 лет) обеспечит увеличение подвижных форм фосфора в 100 г пахотного слоя дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы за эти годы примерно на 2,5-3 мг, а содержание подвижных форм калия практически не изменится.

Таблица 33

Нормы затрат питательных веществ на увеличение содержания фосфора и калия на 10 мг на 1 кг почвы при единовременном внесении удобрений, кг/га

Тип почвы	Гранулометрический состав	Норма		Метод определения
		P ₂ O ₅	K ₂ O	
Дерново-подзолистые	песчаные и супесчаные почвы	50-60	40-60	По Кирсанову
	суглинистые почвы	70-90	60-80	
	тяжелосуглинистые и глинистые	100-120	80-100	
Дерново-подзолистые глеевые	-	В среднем 150-160		
Серые лесные	песчаные и супесчаные почвы	70-80	60-70	
	суглинистые почвы	90-110	70-80	
	тяжелосуглинистые и глинистые	120-140	80-90	

**Нормы затрат питательных веществ на увеличение содержания фосфора
и калия на 10 мг на 1 кг почвы при единовременном внесении
удобрений, кг/га**

Тип почвы	Гранулометрический состав	Норма		Метод определения
		P ₂ O ₅	K ₂ O	
Черноземы оподзоленны е, выщелоченн ые	песчаные и супесчаные почвы	80-90	80-90	По Чирикову
	суглинистые почвы	90-100	80-90	
	тяжелосуглинистые и глинистые	100-120	80-90	
Черноземы мощные, обыкновенн ые и типичные	песчаные и супесчаные почвы	90-100	-	По Чирикову
	суглинистые почвы	100-110	-	
	тяжелосуглинистые и глинистые	120-130	-	
Черноземы приазовские и предкавказск ие	-	В среднем 110-130		По Мачигину
Каштановые	-	В среднем 90-110		

Обеспеченность севооборота минеральными удобрениями определяют следующим образом: количество элемента питания, внесенное с минеральными удобрениями за ротацию, делят на число полей (в данном примере (табл. 34) на 6; каждое поле в схеме условно равно 1 га) и переводят на виды удобрений. Соотношение N : P₂O₅ : K₂O в минеральных удобрениях

равно 1 : 1 : 1,4. Вместе с навозом и минеральными удобрениями за ротацию севооборота вносится $N_{570}P_{470}K_{790}$, т.е. соотношение $N : P_2O_5 : K_2O = 1,2 : 1 : 1,7$.

Норму минеральных удобрений, определенную под каждую культуру, подразделяют на основное удобрение, припосевное и подкормку (табл. 36).

Таблица 34

Нормы удобрений и баланс питательных веществ в севообороте. Почва дерново-подзолистая, среднесуглинистая, среднее содержание по севообороту P_2O_5 – 5-10 мг (3 класс) и K_2O – 8-12 мг/100 г почвы (3 класс) по Кирсанову. В навозе содержится 0,4 % N, 0,2 % P_2O_5 и 0,5 % K_2O

Чередование культур в севообороте	Вынос на 1 т основной продукции с учетом побочной, кг			Планируемый урожай, т/га	Вынос питательных веществ на планируемый урожай, кг/га			Норма удобрений на планируемый урожай (навоз, т/га, минеральные удобрения, кг/га д.в.)				Урожай без удобрений, т/га	Прибавка, т/га	Вынос питательных веществ на прибавку урожая, кг/га		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	навоз	N	P ₂ O ₅	K ₂ O			N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Ячмень + травы	27	11	24	3,0	81	33	72	-	50	120	200	1,0	2,0	54	22	48
Травы 1-го года	13х	6	20	4,5	-	27	90	-	40	-	-	2,0	2,5	32	15	50
Травы 2-го года	15х	6	20	4,5	-	27	90	-	50	-	-	2,0	2,5	37	15	50
Озимая пшеница	35	12	26	4,0	140	48	104	-	100	150	150	1,0	3,0	105	36	78
Картофель	6	2	9	25,0	150	50	225	60	60	20	20	6,0	19,0	114	38	170
Кукуруза на силос	2,5	1,2	4,5	40,0	100	48	180	-	30	60	120	10,0	30,0	75	36	135
Всего за севооборот	-				471	233	761	60	330	350	490	-		417	162	531
Внесено питательных веществ с 60 т навоза, кг									240	120	300	К _И N= (417 × 100)/570 = 73% К _И P ₂₀₅ = (162 × 100)/470 = 34,5 % К _И K ₂₀ = (531 × 100)/790 = 67 %				
Накопление азота в почве за счет многолетних трав, кг									30	-	-					
Итого поступило в почву питательных веществ									600	470	790					
Баланс питательных веществ, % к выносу									127	202	104					
Разница между поступлением питательных веществ и выносом, кг, или на 1 га, кг									+129	+237	+29					
									+21,5	+39,6	+4,8					

*Примечание: X – вынос только азота почвы и удобрений; КИ – коэффициент использования питательных веществ из удобрений.
Обеспеченность 1 га севооборота минеральными удобрениями - 195 кг д.в, органическими – 10 т*

Средняя урожайность некоторых культур на разных почвах без внесения удобрений, т/га

Почва	Озимая пшеница	Озимая рожь	Яровая пшеница	Ячмень и овес	Кукуруза на зерно	Кукуруза на силос	Картофель	Сахарная свекла	Лен-долгунец	Подсолнечник на семена
Дерново-подзолистая супесчаная		1,0-1,2								
Дерново-подзолистая суглинистая	1,4-1,8	1,2-1,4	1,0-1,5	1,1-1,7			11,0-14,0		2,1-2,7	
Серая лесная	1,7-2,5	1,3-1,5	1,3-1,8	1,7-2,5		25,0	11,0-12,0	26,0-29,0		
Чернозем оподзоленный	1,7-2,5		1,6-1,9			22,0-25,0	13,0-14,0			
Чернозем выщелоченный	1,9-3,3	1,2-2,0	1,5-2,1	1,5-2,1	3,8-4,0	17,0-21,5	13,0-14,0	18,0-31,0		1,6-2,2

Средняя урожайность некоторых культур на разных почвах без внесения удобрений, т/га

Почва	Озимая пшеница	Озимая рожь	Яровая пшеница	Ячмень и овес	Кукуруза на зерно	Кукуруза на силос	Картофель	Сахарная свекла	Лен-долгунец	Подсолнечник на семена
Чернозем типичный	1,9-2,3		1,8-1,9	1,6-2,4	3,7			20,0		1,4-1,7
Чернозем обыкновенный	1,9-2,3		1,4-1,6	2,0-2,6	3,3	14,0-23,0		19,0-26,0		1,4-1,7
Чернозем южный	2,3		1,2-1,5	1,7-1,8	2,7					1,3
Каштановая	1,5-2,3		1,0-1,5	1,3						1,0

Примечание. В производственных условиях урожайность зерновых ниже примерно на 25 %, пропашных – на 30-40 %

Система удобрения в севообороте (навоз, т/га, минеральные удобрения, кг/га д.в.)

Чередование культур	Основное удобрение				Рядковое удобрение			Подкормка
	навоз	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
Ячмень + травы	-	40	110	190	10	10	10	-
Травы 1-го года пользования	-	-	-	-	-	-	-	40
Травы 2-го года пользования	-	-	-	-	-	-	-	50
Озимая пшеница	-	30	140	140	10	10	10	60
Картофель	60	40	-	-	20	20	20	-
Кукуруза на силос	-	30	50	120	-	10	-	-

Приведенные нормативы баланса питательных веществ за ротацию севооборота на дерново-подзолистых и серых лесных почвах (табл. 32) теоретически подходят и для других типов почв. Однако в практике земледелия допускаются большие отклонения от них. Объясняется это тем, что на данном этапе минеральные удобрения используют прежде всего там, где они дают высокую отдачу. Поэтому, например, в зонах недостаточного увлажнения, где эффективность удобрений низкая и ограничиваются внесением малых их норм, складывается отрицательный баланс питательных веществ (прежде всего по азоту и калию).

При разработке системы удобрения в севообороте чаще всего интенсивность баланса элементов питания на основных разностях почв складывается так, как показано в таблице 37.

Таблица 37

Баланс элементов питания на различных почвах, % к выносу

Почвы	N	P₂O₅	K₂O
Дерново-подзолистые и серые лесные (зона достаточного увлажнения)	120-130	170-250	85-130
Выщелоченные, типичные и обыкновенные черноземы (зона неустойчивого увлажнения)	65-85	100-180	30-75
Обыкновенные, южные черноземы и каштановые почвы (зона недостаточного увлажнения)	30-55	60-90	10-35
Южные черноземы и каштановые почвы (при орошении)	80-100	130-170	30-75

В случае, когда нормы удобрений под культуры определяют на прибавку урожая с целью получения от них высокой эффективности (без учета дальнейшего изменения плодородия почвы), баланс питательных веществ за севооборот складывается в зависимости от уровня прироста урожая (табл. 38).

Данными таблицы 38 можно руководствоваться на разных типах почв при среднем содержании в них подвижных форм питательных веществ и благоприятных (оптимальных) условиях произрастания сельскохозяйственных культур. Если обеспеченность почвы фосфором или калием ниже или выше указанной на один-два класса, то вводится поправка к нормативу баланса соответственно $\pm 20-30\%$ (в среднем $\pm 25\%$), $\pm 40-60\%$ (в среднем $\pm 50\%$), т.е. $\pm 20-30\%$ на каждый последующий класс почвы. Положительный баланс по фосфору устанавливается с того момента, когда

прибавка урожая от удобрений превышает контроль (урожай без удобрений) на 70 %, а по азоту и калию – в 2 раза.

Таблица 38

Примерные нормативы баланса питательных веществ в севооборотах при определении норм удобрений на прибавку урожая (при разных уровнях прироста урожая от удобрений)

Прирост урожая от удобрений за ротацию, % от урожая без удобрений	Баланс питательных веществ за севооборот, % к выносу с урожаем		
	N	P₂O₅	K₂O
30	35-40	60-65	30-35
50	50-55	85-95	45-50
70	65-70	105-120	60-65
100	80-85	125-145	70-75
150	95-100	150-170	85-90
200	105-110	170-190	95-100
300	120-125	190-215	105-115
400	125-130	200-230	115-125
500	135-140	210-240	120-130

При разработке таблицы 38 коэффициенты использования питательных веществ культурами за ротацию севооборота из органических и минеральных удобрений принимались по азота 60-65 %, фосфору 35-40 % и калию 65-70 %. Баланс каждого элемента в конкретном случае можно рассчитать по формуле:

$$Б = \frac{П \times 100}{К \times (100 + П)} \times 100,$$

где Б – баланс питательного элемента за севооборот, % к выносу с урожаем; К – коэффициент использования питательного элемента растениями за ротацию севооборота, %; П – относительный прирост урожая или

относительное увеличение выноса питательного элемента от применения удобрений за ротацию, % от уровня без удобрений. За 100 (в знаменателе) принят урожай или вынос питательного элемента с урожаем. Условно принимают, что при увеличении урожаев, например, на 30 и 50 % за счет удобрений вынос питательных веществ возрастает пропорционально, т.е. на 30 и 50 %.

В таблице 39 приведены дифференцированные нормативы баланса питательных веществ в севообороте, обеспечивающие указанные приросты урожайности на дерново-подзолистых и серых лесных почвах разной степени окультуренности, при складывающихся среднегодовом погодных условиях.

Указанный метод балансового контроля системы удобрения в севообороте дает агроному возможность оценки изменения почвенного плодородия во времени. Кроме того, изменяя баланс питательных веществ, можно целенаправленно вести выравнивание плодородия разных полей.

Чаще всего в условиях производства приходится составлять систему удобрения на несколько лет (или ротацию севооборота) для каждого поля или его части, когда севооборот еще не освоен и поля сильно различаются по плодородию. Эта работа более трудоемкая. Устанавливают чередование культур и в соответствии с агрохимическими показателями поля (участка) рассчитывают нормы удобрений на планируемую урожайность, подводят баланс питательных веществ с корректировкой по соответствующим нормативам для конкретных условий. Запись для каждого поля ведут по форме, аналогичной той, которая приведена в таблице 34. Затем норму минеральных удобрений распределяют для основного, рядкового внесения и подкормки под каждую культуру на конкретном поле (табл. 36).

Таблица 39

**Относительный баланс питательных веществ в севооборотах на дерново-подзолистых и серых лесных почвах
разной степени окультуренности при различном приросте продуктивности от удобрений**

Слабо- и среднеокультуренные почвы (1,5-2,0 тыс. корм. ед/га)				Хорошо окультуренные почвы (3,0-3,5 тыс. корм. ед/га)			
Прирост продуктивности от удобрений, %	Относительный баланс, % к выносу с урожаем			Прирост продуктивности от удобрений, %	Относительный баланс, % к выносу с урожаем		
	N	P₂O₅	K₂O		N	P₂O₅	K₂O
P₂O₅ и K₂O – 2-3 классы почвы по обеспеченности				P₂O₅ и K₂O – 3-4 классы почвы по обеспеченности			
30	30-35	60-65	30-35	30	35-40	60-65	30-35
50	45-50	85-95	45-50	50	55-70	95-110	50-60
70	60-65	105-120	55-60	70	70-105	120-165	60-75
100	85-90	145-165	70-75	100	105-125	170-200	85-100
120	90-100	155-180	80-85	120	110-140	180-210	90-110
150	100-110	170-200	85-95	150	120-150	200-240	100-120
170	115-125	210-250	95-105	-	-	-	-
200	120-135	220-265	105-130	-	-	-	-
250	145-160	240-280	130-140	-	-	-	-

Распределение минеральных удобрений в севообороте, исходя из обеспеченности ими 1 га пашни

Данная методика целесообразна только в случае, когда хозяйство получает малое количество минеральных удобрений, т.е. когда ими обеспечиваются главным образом ведущие культуры.

Прежде всего под все культуры севооборота проводят рядковое внесение фосфорных удобрений. Затем выделяют азотные удобрения для весенней подкормки озимых, а также для повышения эффективности навоза или компоста в год их внесения. Обычно на каждые 10 т навоза или компоста применяют 10-15 кг азота минеральных удобрений (большая цифра – для пропашных культур). Азотные удобрения также следует вносить на тех участках, где в предыдущие годы применялись высокие нормы фосфорных и калийных удобрений, чтобы полнее использовать их последствие. Допосевным (основным) удобрением обеспечивают только наиболее важные сельскохозяйственные культуры. При этом нужно учитывать соотношение питательных веществ под отдельные культуры, а также последствие ранее внесенных удобрений, влияние пожнивно-корневых остатков бобовых культур, тип почвы (на черноземах доля азота снижается на 30-50 %) и содержание подвижных элементов питания в ней.

Соотношение питательных веществ минеральных удобрений для различных сельскохозяйственных культур (на удобренной почве и одинаковом классе почв по содержанию подвижных форм фосфора и калия) следующее:

Культуры	Соотношение N : P₂O₅ : K₂O
Зерновые	1 : 1 : 1
Зерновые бобовые	0 : 2 : 1 или 1 : 2 : 1
Многолетние бобовые и бобово-злаковые травы	0 : 1 : 1 или 0,7 : 2 : 1
Вика с овсом на сено	0,7 : 1 : 1 или 0,7 : 1 : 1

Горох с овсом на зеленых корм и силос	0,5 : 1 : 1,2 или 0,7 : 1 : 1,2
Лен (после плохих трав, пропашных и зерновых)	1 : 2 : 2
Лен (после хорошего клеверища)	1 : 3 : 4
Картофель, кормовые корнеплоды	1 : 1 : 1,5
Кукуруза и подсолнечник на силос	1 : 1 : 1,5
Капуста, морковь, свекла, томаты, огурцы	1 : 1 : 1,5

Например, дерново-подзолистая почва характеризуется средней обеспеченностью фосфором и калием. Если внести в такую почву $N_{60}P_{60}K_{60}$ под зерновые культуры, то при коэффициенте использования азота 50 %, фосфора – 20 % и калия – 50 % растениями будет усвоено в 1-й год из минеральных удобрений 30 кг N, 12 кг P_2O_5 , 30 кг K_2O . Это обеспечивает прибавку зерна примерно 1 т, равную по каждому из элементов питания. Но если на 2-ой год на этой же почве выращивать зерновые, то будет неверно опять вносить минеральные удобрений в той же норме. Правильно будет усилить азотное питание, чтобы полнее использовать последствие фосфорных и калийных удобрений.

5. Составляют годовой план применения удобрений с учетом особенностей каждого поля севооборота. Общая схема применения органических и минеральных удобрений в севообороте по усредненным агрохимическим показателям почвы (фосфору и калию) служит основой для составления годового плана использования удобрений по отдельным полям севооборота, т. е. общая норма питательных веществ минеральных удобрений под ту или иную культуру корректируется в соответствии с классом почвы каждого поля севооборота (или отдельного участка) по обеспеченности подвижными формами фосфора и калия.

Если разница в обеспечении почвы отдельного поля от средней обеспеченности почв севооборота по фосфору или калию составляет один-два класса, то нормы фосфорных или калийных удобрений в годовом плане увеличивают или уменьшают соответственно на 20-30 и 40-60 % (в среднем на 25 и 50 %), а норму азота – на 10-20 %. При этом норму азотных удобрений корректируют в соответствии с классом почвы по фосфору.

В этом случае, если севооборот еще не освоен и некоторые поля очень низки по плодородию, то правильнее будет составить систему удобрения каждого поля по годам с учетом его особенностей. Иногда в целях интенсивного повышения уровня плодородия полей приходится вносить органические удобрения не один раз за ротацию севооборота (как по общей схеме системы удобрения), а несколько раз и в более высоких нормах, что также наложит свой отпечаток на систему удобрения такого поля.

Если почва поля неоднородна по содержанию подвижных форм фосфора и калия и имеются участки с различиями в один-два класса от средних показателей всего поля, то нормы фосфорных, калийных и азотных удобрений на этих участках корректируют так же, как и в предыдущем случае.

В годовых планах нормы удобрений уточняют в зависимости от погодных условий. Если в результате неблагоприятных погодных условий были недоиспользованы удобрения, то нормы удобрений под последующую культуру уменьшают. И наоборот, при получении более высоких урожаев, чем планировалось, нормы удобрений под следующую культуру увеличивают по сравнению с указанными в разработанной системе удобрения.

В годовых планах по отношению к общей схеме системы удобрения претерпевают изменения только дозы основного удобрения и подкормки, дозу рядкового удобрения оставляют без изменения.

При составлении годового плана дается обоснование удобрения отдельных культур с указанием их биологии, потребности в питательных веществах, отношения к кислотности почвы, особенностей применения

органических и разных форм минеральных удобрений, влияния удобрений на качество урожая.

Здесь же указывают сроки внесения и способы заделки удобрений.

6. На основании годового плана составляют календарный план применения удобрений, определяют общее количество минеральных удобрений по видам и вместимость складских помещений для их хранения.

7. Определяют потребность в сельскохозяйственной технике по срокам для своевременного внесения и заделки органических и минеральных удобрений.

8. По планируемой прибавке урожая рассчитывают экономическую эффективность разработанной системы удобрения в севообороте с учетом стоимости прибавки и нормативных затрат на уборку дополнительного урожая и на удобрения.

9. Для успешного осуществления разработанной системы удобрения планируют дополнительные агротехнические и организационные мероприятия, например, предусматривают создание механизированных отрядов по внесению удобрений, разрабатывают рекомендации по применению микроудобрений и пр.

В таблицах 40-46 приведены системы удобрения в полевых и кормовых севооборотах.

Таблица 40

Система удобрения в 9-польном полевом севообороте на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве со средним содержанием подвижного фосфора (3 класс) и калия (3 класс)

Чередование культур в севообороте	Планируемый урожай, т/га	Нормы удобрений				В том числе							
		Торфяно-озонный компост (ТНК)	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	основное				припосевное			подкормки
						ТНК	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N
Вика с овсом (на сено)	4,5	20	40	40	60	20	30	30	50	10	10	10	-
Озимая пшеница	3,0	-	80	80	80	-	30	70	70	10	10	10	40
Картофель	25,0	40	100	40	90	40	60		50	40	40	40	
Ячмень + травы	3,0		40	150	180		40	140	180		10		
Травы 1-го г.п. (на сено)	4,5	-	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30
Травы 2-го г.п. (на сено)	4,5	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	50
Озимая пшеница	3,0	-	50	100	100	-		90	90	10	10	10	40
Кукуруза на силос	35,0	30	80	50	100	30	80	40	100	-	10	-	-
Овес	3,0	-	60	10	60	-	50		50	10	10	10	-

Примечание: Торфяно-озонный компост в т/га, минеральные удобрения в кг/га д.в. Обеспеченность 1 га севооборота органическими удобрениями 10 т, минеральными – N₅₉P₅₂K₇₄. Соотношение N : P₂O₅ : K₂O в минеральных удобрениях 1,1 : 1 : 1,4. Примерный баланс питательных веществ за ротацию, % к выносу: N – 135, P₂O₅ – 195, K₂O – 110

Таблица 41

Система удобрения в 8-польном прифермском севообороте на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве со средним содержанием подвижного фосфора (3 класс) и повышенным содержанием подвижного калия (4 класс)

№ поля	Чередование культур	Планируемый урожай	Основное удобрение				Припосевное			Подкормка
			Торфонавозный компост	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N
1	½ горох с овсом на зеленый корм	25,0	40	-	-	-	-	10	-	-
	½ вика с овсом на сено	5,0	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Озимая рожь на зеленый корм + ½ горох с овсом на зеленый корм	20,0	-	-	30	60	10	10	10	30
	½ кукуруза на зеленый корм	20,0	-	50	50	100		10		-
3	Кормовая свекла	60,0	60	210	120	240	10	10	10	-
4	Кукуруза на силос	50,0	-	80	50	150		10		-

Система удобрения в 8-польном прифермском севообороте на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве со средним содержанием подвижного фосфора (3 класс) и повышенным содержанием подвижного калия (4 класс)

№ поля	Чередование культур	Планируемый урожай	Основное удобрение				Припосевное			Подкормка
			Торфонавозный компост	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N
5	½ ячмень + травы, ½ овес + травы	3,0	-	70	150	200		10	-	-
6	Многолетние травы 1-го г.п. (сено)	5,0	-	-	-	-	-	-	-	30
7	Многолетние травы 2-го г.п. (сено)	5,0	-	-	-	-	-	-	-	50
8	Озимая рожь (зерно)	3,5	-		80	120	10	10	10	50

Примечание: Торфонавозный компост в т/га, минеральные удобрения в кг/га д.в. Обеспеченность 1 га севооборота органическими удобрениями 12,5 т, минеральными – N₇₅P₆₉K₁₁₂. Соотношение N : P₂O₅ : K₂O в минеральных удобрениях 1,1 : 1 : 1,6. Примерный баланс питательных веществ за ротацию, % к выносу: N – 135, P₂O₅ – 190, K₂O – 100.

Таблица 42

Система удобрения в 7-польном зернольно-травяном севообороте на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве со средним содержанием подвижного фосфора (3 класс) и калия (3 класс)

Чередование культур	Планируемый урожай	Основное удобрение				Припосевное			Подкормка
		Торфонавозный компост	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N
Горох с овсом на силос	25,0	30	60	40	60	-	10	-	-
Озимая пшеница + травы	3,0	-	30	130	250	-	10	-	30
Многолетние травы 1-го года (сено)	4,0	-	-	-	-	-	-	-	-
Многолетние травы 1-го года (сено)	4,0	-	-	-	-	-	-	-	30
Лен (волокно)	0,7	-	20	80	90		10	-	-
Картофель	25,0	40	70	30	100	20	20	20	-
Овес	3,5	-	60	40	60	-	10	-	-

Примечание: Торфонавозный компост в т/га, минеральные удобрения в кг/га д.в. Обеспеченность 1 га севооборота органическими удобрениями 10 т, минеральными – N₄₃P₅₄K₈₃. Соотношение N : P₂O₅ : K₂O в минеральных удобрениях 0,8 : 1 : 1,5 . Примерный баланс питательных веществ за ротацию, % к выносу: N – 130, P₂O₅ – 200, K₂O – 115.

Таблица 43

Система удобрения в 10-польном полевом севообороте на выщелоченном черноземе с низким содержанием подвижного фосфора (2 класс) и средним содержанием подвижного калия (3 класс)

Чередование культур	Планируемый урожай	Основное удобрение				Припосевное	Подкормка
		Навоз	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	N
Овес + многолетние травы	2,5	-	40	110	120	10	-
Многолетние травы 1-го года	3,5	-	-	-	-	-	-
Озимая пшеница	3,0	-		60	60	10	30
Кукуруза на силос	35,0	20	40	40	40	10	-
Ячмень	3,0	-	30	30	40	10	-
Горох на зерно	2,5	-	40	60	40	10	-
Озимая пшеница	3,0	-	-	40	50	10	30
Кукуруза на силос	35,0	20	50	40	40	10	-
Вика с овсом (сено)	3,5	-	-	30	40	10	-
Озимая пшеница	3,0	-	-	60	50	10	40

Примечание: Навоз в т/га, минеральные удобрения в кг/га д.в. Обеспеченность 1 га севооборота органическими удобрениями 4 т, минеральными – N₃₀P₅₆K₄₈. Соотношение N : P₂O₅ : K₂O в минеральных удобрениях 0,54 : 1 : 0,86. Примерный баланс питательных веществ за ротацию, % к выносу: N – 75, P₂O₅ – 193, K₂O – 77.

Таблица 44

Система удобрения 9-польном зерносвекловичном севообороте на выщелоченном черноземе при среднем содержании подвижных форм фосфора и калия

Чередование культур	Основное удобрение				Припосевное			Подкормка
	Навоз	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N
Ячмень + клевер	-	50	70	100	-	10	-	-
Клевер	-	-	-	-	-	-	-	-
Озимая пшеница	-	30	120	130		10		70
Сахарная свекла	30	220	110	170	10	10	10	-
Кукуруза на силос	-	70	50	130	-	10	-	-
Горох на зерно	-	50	30	-	-	10	-	-
Озимая пшеница	-	40	110	120	10	10	10	50
Сахарная свекла	30	220	100	170	10	10	10	-
Кукуруза на зерно	-	60	-	40	-	10	-	-

Примечание: Навоз в т/га, минеральные удобрения в кг/га д.в. Обеспеченность 1 га с/о органическими удобрениями 6,7 т, минеральными – N₉₆P₇₄K₉₉. Соотношение N : P₂O₅ : K₂O в минеральных удобрениях 1,3 : 1 : 1,3. Примерный урожай зерна 4,5 т/га, сахарной свеклы – 50, зеленой массы кукурузы – 50, сена – 5 т/га. Примерный баланс питательных веществ за ротацию, % к выносу: N – 85, P₂O₅ – 145, K₂O – 75.

Таблица 45

Система удобрений в 10-польном полевом севообороте на обыкновенном черноземе в степной зоне

Чередование культур	Урожай, т/га		Нормы удобрений				В том числе рядковое
	Без удобрений	При внесении удобрений	Навоз	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅
Пар черный	-	-	-	-	-	-	-
Озимая пшеница	2,57	3,18	10	-	45	15	7,5
Озимая пшеница	1,36	1,91	-	30	45	30	7,5
Кукуруза на зерно	2,04	2,38	-	15	45	-	7,5
Ячмень	1,68	2,18	-	-	7,5	-	7,5
Пар черный	-	-	-	-	-	-	-
Озимая пшеница	2,04	2,58	10	15	45	30	7,5
Кукуруза на зерно	2,97	3,34	-	15	45	30	7,5
Подсолнечник (па семена)	1,91	2,30	-	15	45	30	7,5
Горох, ячмень	1,64	1,99	-	-	-	-	-

Примечание: Навоз в т/га, минеральные удобрения в кг/га д.в. Обеспеченность 1 га с/о органическими удобрениями 2 т, минеральными – N₉P₂₇K₁₄. Соотношение N : P₂O₅ : K₂O в минеральных удобрениях 0,33 : 1 : 0,52 . Примерный баланс питательных веществ за ротацию, % к выносу: N – 29, P₂O₅ – 143, K₂O – 33.

Таблица 46

Система удобрения в 9-польном полевом севообороте сухой степи Нижнего Поволжья на темно-каштановой почве с низким содержанием подвижного фосфора (2 класс) и высоким содержанием подвижного калия (5 класс)

Чередование культур	Основное удобрение				Рядковое	Подкормка
	Навоз	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	N
Пар черный	20	-	40-60	-	-	-
Озимая пшеница	-	-	-	-	10	30*
Яровая пшеница	-	-	-	-	10	-
Яровая пшеница	-	30	-	-	10	-
Кукуруза на зерно	-	30-40	30-40	30	10	-
Яровая пшеница	-	-	-	-	10	-
Однолетние травы, просо	-	-	-	-	10	-
Яровая пшеница	-	30-40	40-50	30-40	10	-
Ячмень	-	-	-	-	-	-

Примечание: Навоз в т/га, минеральные удобрения в кг/га д.в. Обеспеченность 1 га с/о органическими удобрениями 2,2 т, минеральными – N₁₃₋₁₆P₂₁₋₂₆K₇₋₈. Соотношение N : P₂O₅ : K₂O в минеральных удобрениях 0,65 : 1 : 0,3 .

** Подкормка мочевиной в фазе колошения – цветения для повышения белковости зерна.*

Контрольные вопросы:

1. Какие документы необходимы для составления системы удобрения в хозяйстве?
2. Перечислите основные этапы составления системы применения удобрений.
3. Какие варианты методики составления системы удобрения в севообороте знаете?
4. Чем отличается составление системы удобрения в освоенном севообороте и неосвоенном (в переходный период)?
5. Чем отличается общая схема системы удобрения от годового плана их применения?
6. Как распределяются минеральные удобрения под отдельные культуры в севообороте?
7. От чего зависит интенсивность баланса питательных веществ в севообороте?
8. Назовите примерные показатели интенсивности баланса, характерные для основных разновидностей почв.
9. Как изменяются нормативы баланса питательных веществ за севооборот в зависимости от содержания подвижных элементов питания в почве?

ГЛАВА 12. ТЕХНОЛОГИЯ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ РАБОТ ПРИ ХРАНЕНИИ, ДОСТАВКЕ И ВНЕСЕНИИ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

Минеральные удобрения с химических заводов (комбинатов) железнодорожным или водным транспортом поступают на прирельсовые или пристанские склады для временного хранения, откуда их затем транспортируют в хозяйства. Около 80 % удобрений перевозят россыпью (навалом) и 20 % – в таре. При тарных перевозках удобрения упаковывают в водонепроницаемые бумажные, полихлорвиниловые или полиэтиленовые

мешки вместимостью от 30 до 60 кг, снабженные этикетками с указанием ГОСТа, вида удобрения и завода-изготовителя. Наиболее удобно вести погрузочно-разгрузочные работы с затаренными удобрениями при укладке мешков в несколько рядов на плоские или стоечные поддоны. Перспективна доставка минеральных удобрений в саморазгружающихся мягких контейнерах. Пылевидные удобрения (известняковая и фосфоритная мука) целесообразно транспортировать в вагонах-цистернах с аэропневматической разгрузкой.

Прирельсовые склады строят вместимостью 1,2-15 тыс. т. Для аммиачной селитры сооружаются отдельные склады на 1200-3500 т, и предъявляются особые требования к хранению, так как это удобрение пожаро- и взрывоопасно.

Жидкие удобрения перевозят в аммиачных цистернах и хранят на складах в вертикальных или горизонтальных металлических резервуарах общим объемом 600-2000 м³.

При хранении аммиачной селитры на стоечных поддонах допускается высота штабеля до 4,4 м, а на плоских поддонах - в два яруса. Без поддонов мешки с аммиачной селитрой укладывают штабелем высотой 1,-1,8 м в 8-10 рядов. Масса отдельного штабеля не должна превышать 120 т. Все другие затаренные удобрения также следует хранить на стоечных поддонах, которые устанавливают в четыре ряда общей высотой 4,4 м. Незатаренные удобрения можно хранить насыпью высотой до 5 м. Фосфоритную, известняковую муку удобно хранить в складах силосного (башенного) типа.

На прирельсовых складах для выгрузки незатаренных удобрений из вагонов или со склада используют машины, которые разрыхляют удобрения и с помощью ленточных транспортеров подают их на склад или в автомашину. Затаренные удобрения выгружают из вагонов на склад или погружают со склада в бортовые автомобили с помощью электропогрузчиков или автопогрузчиков. Пылевидные удобрения выгружают из цистерн-

цементовозов и крытых вагонов на прирельсовые склады силосного, бункерного типа или в автоцистерны пневморазгрузчиками.

На глубинных складах удобрений и хозяйственных складах в пунктах химизации для загрузки и выгрузки минеральных удобрений используют тракторные погрузчики-бульдозеры, универсальные фронтальные тракторные погрузчики, оборудованные сменными погрузочными средствами, погрузчики-экскаваторы.

Для подготовки минеральных удобрений к внесению применяют измельчитель-растариватель и измельчитель удобрений, а также специальные смесительно-дозировочные и смесительные установки.

В хозяйствах часто вносят двойные или тройные смеси минеральных удобрений. Приготовленная смесь минеральных удобрений должна быть хорошо рассеиваемой и однородной по составу, чтобы не было большой неравномерности (более 15-20 %) при ее разбрасывании по полю, особенно центробежными машинами. При подготовке различных смесей влажность аммиачной селитры, сульфата аммония и мочевины не должна превышать 0,3 %, фосфоритной муки и калийных удобрений - 2 %. Для смешивания в хозяйствах обычно используют гранулированные удобрения. Заблаговременно можно смешивать калийные удобрения с фосфоритной мукой.

Следует учитывать, что при использовании в составе смеси аммиачной селитры и мочевины образуется гигроскопичная мажущаяся трудновываемая масса.

В зависимости от удаленности полей от складских помещений и наличия техники доставку и внесение минеральных удобрений и извести проводят по следующим технологическим схемам:

- ⇒ прямоточная: прирельсовый склад - разбрасыватель - поле;
- ⇒ перегрузочная: прирельсовый склад – транспортные машины-перегрузчики – разбрасыватель на поле;

⇒ перевалочная: прирельсовый склад – автотракторный транспорт (тракторные прицепы, бортовые автомобили, автомобили-самосвалы) - склад хозяйственного, межхозяйственного пункта химизации, глубинный склад хранения удобрений или временные площадки на поле.

Удобрения, хранившиеся на поле, после погрузки вносят тракторными разбрасывателями, а если хранились на глубинном складе - автомобильными разбрасывателями.

С глубинного районного склада для хранения удобрения могут транспортироваться также машинами-перегрузчиками к разбрасывателю на поле. В последнем случае схема называется перевалочно-перегрузочной.

Если от склада до поля расстояние 3-5 км, то, как правило, в прямоточной схеме используют тракторные разбрасыватели; при расстоянии 5-8 км и более - автомобильные.

Контрольные вопросы:

1. Расскажите о механизации работ при хранении, доставке и внесении минеральных удобрений.
2. Каковы правила хранения различных минеральных удобрений на складах?
3. Назовите технологические схемы доставки и внесения минеральных удобрений и извести.

ГЛОССАРИЙ

Агрохимическая характеристика почвы – совокупность химических и физико-химических показателей, характеризующих эффективное плодородие почв – уровень обеспеченности сельскохозяйственных растений элементами минерального питания и условиями роста.

Азот аммонийный – минеральный азот, находящийся в аммонийной форме.

Азот биологический – атмосферный азот, фиксированный симбиотическими и свободноживущими (несимбиотическими) микроорганизмами.

Азот валовый (общий) – сумма органического и минерального азота в почве, растениях или удобрениях.

Азот минеральный – сумма аммонийного, нитратного и нитритного азота почвы, растений или органических удобрений.

Азот нитритный – азот, находящийся в форме нитрит-иона.

Азот органический – азот, входящий в состав органических соединений почвы, растений или органических удобрений.

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

Баланс питательного элемента в почве – соотношение статей прихода и расхода питательного элемента в почве.

Биологическая активность почвы – интенсивность микробиологических процессов, протекающих в почве.

Биологическая поглотительная способность почвы – поглощение растениями и почвенной микрофлорой элементов питания из почвы, внесенных удобрений и/или воздуха.

Буферность почвы – способность почвы поддерживать исходное содержание элементов питания, pH, температурный и водный режимы, биологическую активность и др. свойства и параметры.

Внесение удобрений локальное – внесение удобрений на разную глубину, обеспечивающее локальное расположение удобрений в почве лентами или очагами (гнездами).

Внесение удобрений дробное – внесение одного вида удобрений несколько раз в течение вегетации растений.

Внесение удобрений основное – внесение удобрений для питания растений в течение всего периода роста и развития.

Внесение удобрений припосевное – внесение минеральных удобрений при посеве или посадке сельскохозяйственных культур.

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

Вынос элемента питания растениями (биологический) – общее количество питательного вещества, которое потребляется растениями для создания биологической массы урожая (основная продукция + побочная продукция + пожнивно-корневые остатки, в том числе и питательные вещества, частично возвращенные в почву).

Вынос элемента питания растениями (остаточный) – часть питательного вещества, которое остается на поле в виде пожнивно-корневых остатков, опавших листьев, потерь зерна, а также некоторое количество элемента питания, перешедшего из корней в почву.

Вынос элемента питания растениями (хозяйственный) – часть питательного элемента, содержащегося в основной и побочной продукции, отчуждаемой с поля.

Гумификация – сложный биохимический процесс разложения органических остатков и одновременного синтеза высокомолекулярных гумусовых веществ (гуминовые кислоты, фульвокислоты и негидролизуемый остаток).

Денитрификация – процесс восстановления нитратного азота почвы до его газообразных соединений (N_2 , N_2O , NO , NO_2), под действием

почвенных микроорганизмов – денитрификаторов.

Доза удобрения – количество удобрения, вносимое под сельскохозяйственную культуру за один прием.

Емкость катионного обмена почвы – общее количество катионов обменно поглощенных почвенным поглощающим комплексом.

Иммобилизация питательных элементов – переход питательных элементов почвы и удобрений в недоступную для питания растений форму.

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

Кислотность почвы актуальная – кислотность, обусловленная наличием в почвенном растворе ионов водорода, образующихся при диссоциации свободных минеральных и органических солей и гидролитически кислых солей.

Кислотность почвы гидролитическая – кислотность почвы, обусловленная прочно связанными с ППК ионами водорода, которые могут быть вытеснены раствором гидролитически щелочной соли.

Кислотность почвы обменная – кислотность почвы, обусловленная обменно поглощенными ионами водорода и алюминия, которые могут быть вытеснены раствором нейтральной соли.

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

Критический период питания – начальный период роста и развития растений, при котором абсолютные размеры потребления питательных веществ небольшие, но негативное последствие их дефицита не может быть исправлено в дальнейшем даже при обильном питании.

Макроэлементы – химические элементы, содержащиеся в растениях в количестве от целых до сотых долей процента в расчете на сухое вещество.

Максимум поглощения – период роста и развития растений с ярко

выраженным интенсивным потреблением питательных веществ за единицу времени.

Микроэлементы – химические элементы, содержащиеся в растениях в количестве от тысячных до сотысячных долей процента в расчете на сухое вещество.

Минерализация органических веществ в почве – микробиологические процессы разложения органических веществ в почве с образованием минеральных соединений.

Минерализация азота – разложение азотсодержащих органических соединений под влиянием микроорганизмов до аммиака и сопутствующих минеральных и органических соединений.

Мобилизация питательных элементов в почве – переход минеральных и органических веществ почвы в доступную для питания растений форму.

Нитрификация – процесс окисления аммонийного азота до нитратов и нитритов под действием почвенных микроорганизмов – нитрификаторов.

Норма удобрения – общее количество удобрения, применяемое под сельскохозяйственную культуру на весь период вегетации растений.

Обменные основания почвы – катионы, кроме водорода и алюминия, обменно поглощенные почвой.

Окультуривание почвы – совокупность мероприятий, направленных на улучшение, агрохимических, агрофизических и биологических свойств почвы.

Окупаемость удобрений – прибавка урожая товарной продукции в натуральном выражении или ее стоимость от единицы действующего вещества удобрения.

Органические удобрения – различные органические вещества, используемые как удобрения (навоз, помет, сидераты, торф и др.).

Основное внесение удобрений (допосевное) – внесение удобрений до посева (до посадки) выращиваемой культуры с целью обеспечения питания

растений в течение всего периода вегетации.

Плодородие почвы – способность почвы удовлетворять потребность растений в элементах питания, влаге и воздухе, а также обеспечивать условия для их нормальной жизнедеятельности.

Плодородие почвы актуальное – содержание в почве элементов минерального питания в доступной для растений форме.

Плодородие почвы потенциальное – общее (валовое) содержание в данной почве элементов минерального питания растений.

Подкормка корневая – послепосевное внесение удобрений поверхностно на почву или с заделкой в междурядья.

Подкормка некорневая – послепосевное внесение удобрений путем опрыскивания вегетативной массы растений растворами макро- или микроудобрений.

Почва – самостоятельное естественноисторическое органоминеральное природное тело, возникающее на поверхности земли в результате длительного воздействия биотических, абиотических и антропогенных факторов, состоящее из твердых минеральных и органических частиц, воды и воздуха и имеющее специфические генетико-морфологические признаки, свойства, создающие соответствующие условия для роста и развития растений.

Почвенный поглощающий комплекс (ППК) – совокупность минеральных, органических и органоминеральных частиц твердой фазы почвы, обладающих поглотительной способностью.

Припосевное (рядковое) внесение удобрений – применение невысоких доз отдельных удобрений одновременно с посевом (посадкой) растений с целью улучшения условий питания данным элементом в первоначальные периоды их развития.

Способность почвы поглотительная – способность почвы поглощать ионы и молекулы различных веществ из раствора и удерживать их.

Способность почвы поглотительная механическая – способность почвы задерживать в порах мелкие твердые частицы из фильтрующихся через

нее суспензий.

Способность почвы поглотительная обменная – свойство почвы удерживать на поверхности твердых частиц ионы, способные к эквивалентному обмену на одноименно заряженные ионы.

Способность почвы поглотительная физическая – способность почвы удерживать на поверхности твердой фазы полярно заряженные минеральные и органические вещества за счет молекулярных взаимодействий.

Способность почвы поглотительная химическая – способность почвы удерживать элементы питания путем образования нерастворимых или труднорастворимых в воде соединения.

Степень насыщенности почвы основаниями – отношение суммы поглощенных оснований к емкости поглощения катионов, выраженное в процентах.

Сумма поглощенных оснований – общее количество поглощенных оснований в почве.

Ультрамикрорезультаты – химические элементы, содержащиеся в растениях в количестве менее стотысячной доли процента в расчете на сухое вещество.

Фактор емкости – показатель, характеризующий общий запас подвижных форм питательного элемента в почве.

Фактор интенсивности (степень подвижности) – показатель, характеризующий интенсивность поступления питательного элемента из твердой фазы почвы в почвенный раствор.

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

Элементы органо-генные – химические элементы (С, О, Н, N), которые входят в состав белков, жиров и углеводов, а при нагревании (озолении) удаляются из материала в газообразной форме.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Гусева Ю.Е.** Курсовой проект по дисциплине "Система удобрения" / Ю. Е. Гусева, А. А. Хрунов, В. А. Демин, С. А. Шафран. – Москва : Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2022. – 96 с. – Текст: электронный.
2. **Гусева Ю.Е.** Практикум по системе удобрения: учебное пособие / Ю.Е. Гусева, А.Н. Налиухин, В.А. Демин; Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева. – Москва : РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2023. – 136 с. – Текст: электронный.
3. **Ефимов В. Н.** Система удобрения : учебник / В. Н. Ефимов, И. Н. Донских, В. П. Царенко. – Москва : КолосС, 2002. – 320 с. – ISBN 5-9532-0021-8.
4. **Кидин В. В.** Система удобрения : учебник / В. В. Кидин. – Москва : Издательство РГАУ-МСХА, 2012. – 534 с. – ISBN 978-5-9675-0615-4.
5. **Лапушкин В. М.** Система удобрения в лесном хозяйстве : учебное пособие / В. М. Лапушкин. – Москва : Проспект, 2021. – 144 с. – ISBN 978-5-392-33687-6.
6. **Муравин Э. А.** Агрохимия : учебник / Э.А. Муравин, Л. В. Ромодина, В. А. Литвинский. – Москва : Издательский центр «Академия», 2014. – 304 с. – ISBN 978-5-4468-0579-2.
7. **Муравин Э. А.** Агрохимия : учебник / Э.А. Муравин, В. И. Титова. – Москва : КолосС, 2009. – 463 с. – ISBN 978-5-9532-0545-0.
8. **Наумкин В.Н.** Адаптивное растениеводство / В. Н. Наумкин, А. С. Ступин, Н. А. Лопачёв [и др.]. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 356 с. — ISBN 978-5-507-47903-0. — Текст электронный.
9. **Серегина И.И.** Агрохимия : Учебное пособие для контроля знаний студентов / И. И. Серегина, В. М. Лапушкин ; Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева. – Москва : Общество с ограниченной ответственностью "Проспект", 2021. – 128 с. – ISBN 978-5-392-28421-4.

10. **Устименко Е.А.** Методы планирования и программирования урожаев сельскохозяйственных культур : учебное пособие / Е. А. Устименко, А. Н. Есаулко, С. А. Коростылев [и др.]. – Ставрополь : Ставропольский государственный аграрный университет, 2024. – 224 с.

11. **Ягодин Б. А.** Агрохимия : учебник / Б. А. Ягодин, П. М. Смирнов, А. В. Петербургский [и др.]. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Агропромиздат, 1989. – 639 с. – ISBN 5-10-000624-2

12. **Ягодин Б. А.** Агрохимия : учебник для вузов / Б. А. Ягодин, Ю. П. Жуков, В. И. Кобзаренко. — 5-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2025. — 584 с. — ISBN 978-5-507-52372-6. — Текст : электронный.

СОДЕРЖАНИЕ

ГЛАВА 1. УДОБРЕНИЕ ОЗИМЫХ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР	5
ГЛАВА 2. УДОБРЕНИЕ РАННИХ ЯРОВЫХ ХЛЕБОВ	25
ГЛАВА 3. УДОБРЕНИЕ ЗЕРНОВЫХ БОБОВЫХ КУЛЬТУР	37
ГЛАВА 4. УДОБРЕНИЕ КАРТОФЕЛЯ	51
ГЛАВА 5. УДОБРЕНИЕ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ В ПОЛЕВЫХ, ПРИФЕРМСКИХ И СЕНОКОСНО-ПАСТБИЩНЫХ СЕВООБОРОТАХ	67
ГЛАВА 6. УДОБРЕНИЕ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА	83
ГЛАВА 7. УДОБРЕНИЕ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ В ЗЕРНО-СВЕКЛОВИЧНЫХ СЕВООБОРОТАХ	96
ГЛАВА 8. УДОБРЕНИЕ КУКУРУЗЫ	110
ГЛАВА 9. УДОБРЕНИЕ ПОДСОЛНЕЧНИКА	116
ГЛАВА 10. ОСОБЕННОСТИ ПИТАНИЯ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР	122
ГЛАВА 11. СОСТАВЛЕНИЕ СИСТЕМЫ УДОБРЕНИЯ В СЕВООБОРОТЕ	139
Распределение минеральных удобрений в севообороте на планируемый урожай сельскохозяйственных культур	141
Распределение минеральных удобрений в севообороте, исходя из обеспеченности ими 1 га пашни	156
ГЛАВА 12. ТЕХНОЛОГИЯ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ РАБОТ ПРИ ХРАНЕНИИ, ДОСТАВКЕ И ВНЕСЕНИИ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ	168
ГЛОССАРИЙ.....	172
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	178

Учебное издание

**Гусева Юлия Евгеньевна, Налиухин Алексей Николаевич,
Демин Вадим Александрович**

СИСТЕМА УДОБРЕНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ КУЛЬТУР

Учебное пособие

Подписано для размещения в Электронно-библиотечной системе
РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2025 г.