

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«ГРОДНЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

СИСТЕМА ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ

УЧЕБНОЕ
ПОСОБИЕ



ГРОДНО 2011

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«ГРОДНЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

***СИСТЕМА
ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ***

Учебное пособие для высших учебных заведений

*Допущено Министерством образования
Республики Беларусь в качестве учебного пособия
для студентов учреждений высшего образования
по специальностям «Агрохимия и почвоведение»,
«Защита растений и карантин»*

Под научной редакцией доктора сельскохозяйственных наук,
профессора, член-корреспондента
НАН Беларуси В.В. Лапы

Гродно 2011

УДК 631.8(075.8)

ББК 40.40я73

С40

Авторы: В.В. Лапа, В.Н. Емельянова, Ф.Н. Леонов, М.В. Рак,
А.К. Золотарь, И.В. Шибанова, М.С. Брилев, С.И. Юргель,
П.В. Бородин

Рецензенты:

доктор сельскохозяйственных наук, профессор И.Р. Вильдфлуш;

доцент, кандидат сельскохозяйственных наук С.Ф. Шекунова;

доктор сельскохозяйственных наук, профессор Л.В. Сорочинский

**Система применения удобрений: учеб. пособие /В.В. Лапа
С 40 [и др.]; под ред. В.В. Лапы – Гродно : ГГАУ, 2011. – 416 с.**

ISBN 978-985-537-001-8

В учебном пособии рассмотрены физиологические основы, агротехнические приемы и условия эффективного применения удобрений под сельскохозяйственные культуры, на лугопастбищных угодьях, в садах и ягодниках, при возделывании овощных культур в открытом и защищенном грунте, а также технология их хранения и внесения. Представлены методы определения доз минеральных удобрений, баланса гумуса и питательных веществ в почве. Изложены вопросы ресурсосбережения, охраны труда и экологические проблемы при использовании удобрений.

Учебное пособие предназначено для студентов агрономических специальностей вузов и колледжей, а также слушателей ФПК, специалистов сельскохозяйственных предприятий.

Табл.171.

УДК 631.8(075.8)

ББК 40.40я73

ISBN 978-985-537-001-8

© Коллектив авторов, 2011

© УО «ГГАУ», 2011

ПРЕДИСЛОВИЕ

Основные задачи агропромышленного комплекса Республики Беларусь на ближайшие годы предусматривают существенное наращивание производства сельскохозяйственной продукции в объемах, удовлетворяющих не только внутренние потребности, но и экспорт. Планируется довести среднегодовое производство зерна до 10 млн.т, увеличить производство масличных, технических культур, картофеля и др.

Развитие сельскохозяйственного производства, повышение его продуктивности неразрывно связаны с интенсификацией отрасли, одним из важнейших условий которой является применение удобрений. Это основной путь увеличения урожайности и валовых сборов возделываемых культур, создания прочной корневой базы для животноводства.

Результаты научных исследований, мировой опыт показывают, что внесение научно обоснованных доз удобрений обеспечивает не только высокую продуктивность пашни, но и отличное качество растениеводческой продукции при снижении её себестоимости.

В настоящее время разработана научно обоснованная система применения макро- и микроудобрений для получения очень высоких урожаев сельскохозяйственных культур: зерновых – 70-100 ц/га, сахарной свеклы – 700-900 ц/га, льна-долгунца – 15-20 ц/га.

Овладение в полном объеме агрохимическими знаниями в наше время является непременным условием успешной работы специалистов агрономической службы хозяйств. От их деятельности зависит практическое осуществление программ по повышению плодородия почв и продуктивности земледелия, обеспечение рационального и экологически безопасного применения удобрений при возделывании сельскохозяйственных культур по современным технологиям.

В данном учебном пособии на основании новейших научных данных, рекомендаций научных учреждений республики и опыта передовых хозяйств представлена эффективная система применения удобрений под сельскохозяйственные культуры на лугопастбищных угодьях с учетом разного уровня планируемой

урожайности и почвенно-климатических условий, а также в садах и ягодниках, при возделывании овощных культур в открытом и защищенном грунте. Подробно изложены методы расчета доз удобрений, баланса гумуса и питательных веществ в почве. Рассмотрены вопросы эффективности, ресурсосбережения, охраны труда и экологические проблемы при использовании удобрений.

Авторы благодарят научных сотрудников РУП «Институт почвоведения и агрохимии», специалистов агропромышленного комплекса за консультационную помощь при подготовке данного учебного пособия.

Глава 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ И ЗАДАЧИ СИСТЕМЫ УДОБРЕНИЯ

Главным отличием современных технологий является системное и точное выполнение технологических операций с целью получения продукции запланированного количества и качества, что, в свою очередь, достигается высокой научностью внедряемых технологий.

Высокая эффективность удобрений отмечена только при применении их в определенной научно обоснованной системе с учетом конкретных почвенно-климатических и ландшафтных условий, особенностей питания отдельных культур и чередования их в севооборотах, агротехники, свойств удобрений и многих других факторов. По существу, система удобрения составная часть реализуемой в хозяйстве системы земледелия.

Под системой удобрения следует понимать 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.

Система удобрения должна обеспечивать выполнение следующих задач:

1. Увеличение урожайности сельскохозяйственных культур и улучшение качества растениеводческой продукции;
2. Сохранение и повышение плодородия почв;
3. Повышение эффективности использования удобрений;
4. Предотвращение загрязнения окружающей среды остатками агрохимикатов (удобрений).

Систему удобрений разрабатывают для хозяйства, севооборота, лугов и пастбищ, многолетних насаждений, отдельных культур, культур защищенного грунта.

Система удобрения в хозяйстве – это комплекс взаимосвязанных организационно-хозяйственных мероприятий по накоплению, хранению и распределению удобрений по объектам использования (севообороты, луга, пастбища и т.д.),

их подготовке, транспортировке, внесению и определению их эффективности.

Количественная характеристика системы удобрения хозяйства – масса органических и минеральных удобрений на 1 га земель: для минеральных – кг/га, органических – т/га.

Качественной характеристикой системы удобрения хозяйства являются показатели агрономической, энергетической и экономической эффективности. Агрономическая эффективность – окупаемость удобрений урожаем всех культур: к.ед./1 кг НРК, к.ед./1 т органических удобрений. Норматив окупаемости удобрений в республике составляет 30 к.ед./1 т органических, 8,8 к.ед./1 кг д.в. минеральных удобрений.

Из экономических показателей используются:

- условно чистый доход, руб./га;
- окупаемость затрат, руб./ руб. затрат;
- рентабельность, %.

Показателем энергетической эффективности применения удобрений служит биоэнергетический коэффициент – отношение энергии, накопленной в прибавке урожая (МДж/га), к затратам энергии (МДж/га) на применение удобрений.

Более детально эти показатели будут рассмотрены в главе 18 «Эффективность применения удобрений».

Система удобрений в севообороте – это научно обоснованный многолетний план применения удобрений в севообороте, предусматривающий распределение удобрений между сельскохозяйственными культурами с учетом их биологических особенностей, плодородия почвы, состава, свойств, действия и последействия удобрений.

Количественным показателем системы удобрений в севообороте является насыщенность его удобрениями – средняя масса удобрений, приходящаяся на 1 га пашни ежегодно и за ротацию севооборота (кг д.в./га, т/га).

Качественной характеристикой системы удобрений в севообороте являются показатели агрономической, энергетической, экономической эффективности.

Поскольку система удобрения в севообороте рассчитана на длительный период (ротацию севооборота) и учитывает общий

уровень плодородия почвы на всей площади севооборота, ежегодно составляют годовые планы применения удобрений. В них указывают дозы (уточненные по данным последнего агрохимического обследования почв), формы, сроки и способы внесения удобрений под отдельные культуры севооборота. При необходимости вносят корректизы из-за возможных изменений чередования культур, уровня урожаев по годам и погодных условий. Годовые планы служат документальной основой для практического проведения всех работ по применению удобрений. В соответствии с годовым планом применения рассчитывают потребность в удобрениях по срокам их применения, разрабатывают технологию их внесения и принимают организационные решения.

Аналогична по своему содержанию и система удобрений лугов, пастбищ и многолетних насаждений. Система удобрений разрабатывается на период принятого порядка использования земель (луга, пастбища, многолетние насаждения).

При разработке системы удобрения севооборота предусматривается составление системы удобрения каждой из культур севооборота.

Система удобрения отдельных культур – это научно обоснованная технология применения удобрений, предусматривающая определение потребности культуры в удобрениях, выбор видов и форм удобрений, установление приемов, способов и сроков внесения, определение оплаты удобрений прибавкой урожая.

Количественная характеристика системы удобрения отдельной культуры определяется дозой удобрения, вносимых под культуру за период вегетации: для минеральных удобрений – кг д.в. NPK/га, органических – т/га. Качественная характеристика – это показатель оплаты удобрений дополнительным урожаем культуры – кг продукции/кг NPK или т органических удобрений.

В производственных условиях в зависимости от специализации хозяйства, концентрации скота на комплексах, удаленности полей от животноводческих ферм формируются три типа системы удобрений:

1. Минеральная система удобрений, основанная на применении минеральных удобрений. Она может быть применена под отельные сельскохозяйственные культуры (лен, гречиха и т.д.)

2. Органическая, предусматривающая применение только органических удобрений. Эта система удобрения используется в различных биологических системах земледелия.

3. Органоминеральная, основанная на применении минеральных и органических удобрений. Она является наиболее эффективной и нашла широкое применение в хозяйствах Республики Беларусь.

Основными этапами при разработке системы удобрений являются подготовительный этап и этап разработки системы удобрений.

Подготовительный этап включает выполнение следующих работ:

– оценка результатов и перспективы развития производства (специализация, структура сельскохозяйственных угодий, посевных площадей, планируемые показатели выхода товарной продукции, урожайность культур, севообороты);

– оценка климатических и почвенных условий, уровня потенциального и эффективного плодородия почв;

– агроэкономический анализ итогов предшествующего использования удобрений в хозяйстве.

Основными взаимосвязанными звенями на этапе *разработке системы удобрения в хозяйстве* являются:

– определение потребности в органических удобрениях и планирование мероприятий по накоплению органических удобрений (навоза), заготовке торфа, приготовлению компостов;

– определение общей потребности хозяйства в минеральных удобрениях исходя из реальных экономических возможностей хозяйства, поставляемого ассортимента удобрений, планируемого производства продукции;

– проектирование системы удобрений:

- составление плана известкования (эта работа выполняется областными проектно-изыскательскими станциями по химизации сельского хозяйства);
- расчет доз удобрений;

- составление многолетнего и ежегодного планов применения удобрений;
- расчет баланса элементов питания и гумуса в почве;
- расчет эффективности применения удобрений в хозяйстве;
- определение потребности в рабочей силе тракторах, автомобилях, машинах для внесения удобрений.

Систему удобрения разрабатывают и осуществляют в тесной взаимосвязи со всем комплексом технологических приемов по возделыванию сельскохозяйственных культур. В условиях интенсивных технологий возделывания культур возрастает роль строгого соблюдения технологической дисциплины, агротехнических требований и экологических ограничений. Высокий уровень агротехники, начиная с обработки почвы до уборки урожая, – это необходимое условие эффективного использования удобрений.

Глава 2. ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ

2.1. Потребность растений в элементах питания

Для создания урожая растения потребляют определенное количество питательных элементов в различных соотношениях. Это зависит от наследственной природы растений, применения удобрений и условий внешней среды. Потребность сельскохозяйственных культур в элементах питания характеризуется содержанием их в растениях. Содержание основных элементов питания в сельскохозяйственных культурах представлено в таблице 2.1.1.

Содержание азота и зольных элементов в растениях зависит от биологических особенностей культуры. Так, максимальное содержание азота характерно для бобовых культур, калия – для кормовых корнеплодов, картофеля. Содержание азота и фосфора выше в генеративных органах (основная продукция), содержание же калия, наоборот, больше в вегетативных органах (побочная продукция).

Таблица 2.1.1 – Содержание основных элементов питания в основной и побочной продукции сельскохозяйственных культур, % в сухом веществе (В.В. Лапа, В.Н. Босак, 2006)

Культура	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
1	2	3	4	5	6
Озимая пшеница					
зерно	1,31-2,74	0,76-0,96	0,39-0,60	0,02-0,07	0,15-0,23
солома	0,27-0,93	0,12-0,34	1,05-3,19	0,14-0,25	0,06-0,13
зеленая масса	2,18-4,37	0,73-1,26	3,29-4,68	0,32-0,46	0,18-0,21
Озимое тритикале					
зерно	1,45-2,38	0,67-1,05	0,54-0,67	0,05-0,12	0,10-0,26
солома	0,25-0,67	0,11-0,36	1,44-3,82	0,12-0,30	0,09-0,18
зеленая масса	2,15-4,58	0,60-1,35	3,51-6,34	0,34-0,75	0,18-0,27
Озимая рожь					
зерно	1,28-2,12	0,43-1,01	0,30-0,43	0,05-0,10	0,08-0,20
солома	0,25-0,45	0,24-0,38	1,56-2,36	0,10-0,16	0,08-0,11
зеленая масса	2,34-4,32	0,81-1,27	3,42-5,11	0,41-0,66	0,19-0,23
Яровая пшеница					
зерно	1,40-3,41	0,42-1,02	0,55-0,97	0,02-0,08	0,17-0,25
солома	0,31-0,68	0,16-0,32	1,25-3,90	0,17-0,32	0,07-0,15
зеленая масса	2,24-4,51	0,74-1,21	3,31-5,04	0,38-0,67	0,19-0,26
Яровой ячмень					
зерно	1,14-2,51	0,55-1,03	0,58-0,83	0,06-0,16	0,20-0,46
солома	0,25-0,79	0,10-0,32	1,64-3,59	0,17-0,62	0,10-0,32
зеленая масса	2,92-4,69	0,76-1,15	3,32-6,27	0,45-1,08	0,22-0,33
Яровое тритикале					
зерно	1,41-2,28	0,91-1,29	0,42-0,58	0,03-0,05	0,17-0,23
солома	0,18-0,39	0,15-0,39	1,42-2,70	0,08-0,13	0,03-0,10
зеленая масса	2,57-4,26	0,51-0,67	3,18-5,07	0,20-0,29	0,30-0,38
Овес					
зерно	1,09-2,23	0,50-1,04	0,31-0,83	0,06-0,18	0,17-0,24
солома	0,21-0,92	0,26-0,72	1,94-3,45	0,24-0,48	0,09-0,19
зеленая масса	1,81-4,28	0,55-1,10	3,34-5,16	0,39-0,71	0,22-0,30
Кукуруза					
зерно	1,80	0,57	0,37	0,12	0,20
солома	0,75	0,30	1,64	0,40	0,14
Пряос					
зерно	1,77	0,72	0,26	0,05	0,23

Продолжение таблицы 2.1.1

1	2	3	4	5	6
зеленая масса	2,05	0,65	3,66	0,27	0,54
Люпин					
зерно	4,09-5,31	1,12-1,34	0,83-1,50	0,33-0,41	0,27-0,32
солома	0,88-1,57	0,46-0,69	1,65-2,45	1,01-1,16	0,35-0,76
зеленая масса	3,25-4,52	0,92-1,22	2,24-3,12	1,57-2,14	0,43-0,84
Горох					
зерно	4,50	1,00	1,25	0,09	0,13
зеленая масса	0,65	0,20	0,45	0,35	0,14
Соя (семена)	5,80	1,04	1,26	0,17	0,25
Картофель					
клубни	1,00-2,93	0,49-0,84	2,42-3,91	0,02-0,06	0,17-0,25
ботва	0,90-2,14	0,25-0,39	0,53-7,88	2,12-4,01	0,48-0,72
Лен-долгунец					
соломка	0,30-0,61	0,23-0,42	1,44-2,19	0,39-0,49	0,12-0,20
семена	3,15-4,33	1,71-2,01	1,29-1,43	0,22-0,32	0,58-0,66
Подсолнечник					
семена	2,61	1,39	0,96	0,20	0,51
зеленая масса	1,56	0,76	5,29	1,53	0,18
Сахарная свекла					
корнеплоды	0,36-0,52	0,20-0,29	0,70-0,77	0,11-0,20	0,24-0,29
ботва	1,16-2,53	0,41-0,65	3,12-5,08	0,54-0,67	0,48-0,58
Кормовая свекла					
корнеплоды	0,84-1,70	0,26-0,72	2,71-3,75	0,15-0,24	0,20-0,38
ботва	1,88-3,26	0,50-0,92	5,29-8,63	2,37-3,23	1,10-3,10
Яровой рапс					
семена	2,89-3,54	2,12-2,38	0,87-0,91	0,07-0,12	0,56-0,58
солома	0,36-0,74	0,39-0,62	1,43-3,27	0,80-1,08	0,15-0,30
зеленая масса	1,51-2,81	0,35-0,57	3,34-5,71	0,74-1,22	0,33-0,72
Клевер луговой					
0 укос (1-го года жизни)	3,19-3,48	0,77-1,07	1,03-2,01	1,96-2,61	0,56-0,78
1 укос	2,56-3,31	0,71-0,87	1,86-4,82	1,14-2,70	0,52-0,75
2 укос	2,34-3,07	0,62-0,92	2,26-4,65	1,33-2,05	0,50-0,72
3 укос	3,15-3,26	0,84-0,92	1,14-2,71	1,80-1,89	0,64-0,79
4 укос	2,83-3,23	0,80-0,86	2,55-4,29	2,05-2,39	0,58-0,65
5 укос	2,67-3,04	0,74-0,84	2,54-4,08	1,92-2,25	0,51-0,68
среднее	2,79-3,23	0,75-0,91	1,90-3,76	1,70-2,32	0,55-0,73

Продолжение таблицы 2.1.1

1	2	3	4	5	6
Горохо-овсяная смесь					
зеленая масса	1,59-3,53	0,36-0,93	2,14-4,87	0,91-1,39	0,25-0,42
Вико-овсяная смесь					
зеленая масса	2,03-3,20	0,38-1,07	2,08-4,92	0,64-0,95	0,26-0,40
Пельшко овсяная смесь					
зеленая масса	1,94-3,47	0,42-1,05	2,12-4,63	0,32-1,04	0,18-0,45
Морковь (корнеплоды)	0,18	0,11	0,40	0,07	0,05
Капуста (кочаны)	0,33	0,10	0,35	0,07	0,03
Томаты (плоды)	0,26	0,07	0,32	0,04	0,06

По содержанию в биомассе (зеленой массе) растений макроэлементы, поступающие главным образом из почвы, можно расположить в следующий убывающий ряд: $K \geq N > P > Ca > Mg$.

Химический состав растений непостоянен в течение вегетации. В первые фазы роста и развития поглощение элементов питания культурой значительно опережает синтез ими органических веществ, поэтому содержание элементов питания в этот период выше, чем в конце вегетации. Кроме того, растения во второй половине вегетации теряют некоторые элементы, прежде всего калий. Потери элементов питания объясняются отмиранием и опадением старых листьев, а потери калия – еще и вымыванием дождями из надземных органов.

Сведения об элементном составе растений имеют практическое значение. По химическому составу судят об обеспеченности растений питательными веществами (растительная диагностика). Его используют для расчета хозяйственного выноса и доз удобрений, а также для контроля за качеством растениеводческой продукции.

Потребность растений в элементах питания определяется по их выносу с урожаем. Различают биологический, хозяйственный, остаточный и относительный (удельный, нормативный) вынос элементов питания.

Биологический вынос – это вынос питательных элементов из почвы всей биомассой растений (основной и побочной продук-

цией, убираемой с поля, пожнивными остатками, корнями, опавшими листьями, оставшимися на поле).

Биологический вынос подразделяется на хозяйственный и остаточный.

Хозяйственный вынос – это вынос питательных элементов с урожаем убираемой с поля основной и побочной продукции (например, зерно и солома, корнеплоды и ботва). Величину хозяйственного выноса в кг/га вычисляют по формуле:

$$Bx = Co \cdot Yo + Cp \cdot Up, \quad (1)$$

где Bx – хозяйственный вынос, кг/га;

Co – содержание элемента питания в основной продукции, %;

Yo – урожайность основной продукции, ц/га;

Cp – содержание элемента питания в побочной продукции, %;

Up – урожайность побочной продукции, ц/га.

Остаточный вынос – это элементы питания, которые остаются в поле, с побочной продукцией (если она не убирается с поля), с пожнивно-корневыми остатками, опавшими листьями, потерянным зерном и т.д.

Хотя хозяйственный вынос питательных веществ является только частью биологического и не отражает потребности в них растений, но так как остаточный вынос питательных элементов остается в поле и постепенно становится доступным растениям, то для характеристики потребности растений в питательных элементах используют величину хозяйственного выноса в расчете на единицу основной продукции (кг/ц или кг/т) – удельного (относительного выноса). С помощью этого показателя и определяются дозы удобрений.

Удельный вынос определяется по формуле:

$$\text{Вуд.} = \frac{Bx}{Yo}, \quad (2)$$

где $Вуд.$ – удельный вынос, кг/ц или кг/т;

Bx – хозяйственный вынос, кг/га;

Yo – урожайность основной продукции, ц/га или т/га.

Величина удельного выноса питательных веществ у одних и тех же культур может существенно (в 1,5 раза и более) различаться в зависимости от почвенных условий, уровня урожайности, сорта, дозы внесения удобрений, погодных условий, оро-

шения и т.д. Вынос элементов питания, как правило, увеличивается при внесении удобрений. В оптимальных условиях растение более экономно расходуют элементы питания.

Растения потребляют преимущественно те питательные вещества, которые им необходимы, что обусловлено их биологическими особенностями и характеризует избирательность по-глощения элементов питания растениями. Большинство сельскохозяйственных культур больше выносят азота, меньше калия и еще меньше фосфора (табл. 2.1.2, 2.1.3). Зерновые культуры выносят больше азота. Пропашные культуры (сахарная и кормовая свекла, кукуруза, картофель, овощные культуры) потребляют больше калия.

Таблица 2.1.2 – Удельный (нормативный) вынос основных элементов питания с 1 т основной и соответствующим количеством побочной продукции, кг

Культура	Основная продукция	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	SO ₄
1	2	3	4	5	6	7	8
Озимая пшеница	зерно	28,2	10,8	19,2	4,7	3,1	5,0
Озимая рожь	зерно	28,0	12,1	23,3	4,1	3,1	6,0
Озимое тритикале	зерно	26,0	11,5	21,0	4,2	3,0	5,5
Озимый ячмень	зерно	25,0	11,1	25,0	4,5	2,8	8,0
Яровая пшеница	зерно	30,4	11,6	24,7	3,2	2,4	6,0
Яровое тритикале	зерно	23,3	12,0	21,9	2,9	3,2	6,0
Яровой ячмень	зерно	29,1	11,9	27,4	4,8	3,0	9,0
Овес	зерно	25,9	12,4	28,6	4,2	3,3	10,0
Кукуруза	зерно	30,2	13,3	27,6	5,0	3,1	6,1
Просо	зерно	30,0	12,0	30,0	3,6	1,8	1,2
Гречиха	зерно	37,5	19,8	48,2	8,1	3,4	8,0
Зерновые в среднем	зерно	28,5	12,5	26,5	4,8	3,0	6,6
Горох	зерно	58,9	14,0	29,0	24,0	4,8	10,5
Пельюшка	зерно	63,6	24,9	35,6	21,8	8,0	16,4
Кормовые бобы	зерно	60,0	18,0	38,0	25,0	7,4	11,9
Фасоль	зерно	45,0	10,7	37,9	-	-	-
Вика яровая	зерно	60,0	18,0	38,0	-	-	-
Сераделла	зерно	60,0	18,0	38,0	-	-	-

Продолжение таблицы 2.1.2

1	2	3	4	5	6	7	8
Люпин	зерно	84,3	19,9	44,0	21,0	8,7	12,0
Зернобобовые в среднем	зерно	81,7	17,6	37,2	18,8	8,5	14,2
Озимые зерновые в среднем	зеленая масса	4,8	1,2	3,9	1,2	0,6	0,3
Яровые зерновые в среднем	зеленая масса	4,2	1,2	3,6	1,2	0,6	0,3
Кукуруза	зеленая масса	3,3	1,2	4,2	0,6	0,5	0,9
Горох	зеленая масса	6,5	1,5	5,0	21,4	6,6	12,1
Пельюшка	зеленая масса	4,5	1,1	3,5	-	-	-
Кормовые бобы	зеленая масса	3,2	1,0	3,5	-	-	-
Вика	зеленая масса	4,5	1,1	3,5	-	-	-
Сераделла	зеленая масса	4,7	1,2	4,0	-	-	-
Люпин	зеленая масса	5,4	1,7	3,9	-	-	-
Однолетние бобовые травы	зеленая масса	4,8	1,3	3,9	2,0	0,9	0,6
Амарант	зеленая масса	2,8	2,0	7,0	-	-	-
Райграс однолетний	семена	195,0	75,0	185,0	-	-	-
Однолетние злаковые травы	семена	195,0	75,0	185,0	-	-	-
Райграс однолетний	сено	16,6	7,0	38,5	-	-	-
Однолетние злаковые травы	сено	13,9	5,5	25,4	6,9	2,8	2,5
Однолетние злаковые травы	зеленая масса	2,8	1,1	5,1	1,4	0,6	0,5
Райграс однолетний + многолетние травы	зеленая масса	3,9	1,7	9,2	-	-	-
Райграс пастбищный	сено	16,3	6,2	20,2	-	-	-
Тимофеевка луговая	сено	17,6	7,0	24,0	-	-	-
Ежа сборная	сено	23,3	8,0	25,6	-	-	-
Овсяница луговая	сено	21,1	7,5	24,9	-	-	-
Многолетние злаковые травы	сено	14,9	4,5	24,1	4,9	2,0	2,0
Многолетние злаковые травы	зеленая масса	3,0	0,9	4,8	1,0	0,4	0,4

Продолжение таблицы 2.1.2

1	2	3	4	5	6	7	8
Многолетние злаковые травы	семена	195,0	75,0	185,0	4,1	3,5	6,0
Однолетние бобово-злаковые + многолетние травы	зеленая масса	4,5	1,3	4,3	-	-	-
Многолетние бобово-злаковые травы	сено	17,3	5,4	25,7	13,0	4,8	2,5
Многолетние бобово-злаковые травы	зеленая масса	3,5	1,1	5,1	2,4	0,9	0,5
Многолетние бобовые травы	сено	23,4	5,1	27,2	15,3	7,6	3,1
Многолетние бобовые травы	зеленая масса	4,3	1,0	4,4	3,0	1,5	0,6
Многолетние бобовые травы	семена	260,0	65,0	200,0	19,1	9,0	5,2
Люцерна	сено	27,3	5,8	23,7	-	-	-
Клевер луговой	сено	21,4	4,8	25,2	-	-	-
Галега восточная (козлятник)	сено	29,7	3,8	13,1	-	-	-
Сенокосы естественные	сено	16,8	2,6	20,7	-	-	-
Сенокосы культурные	сено	16,1	4,9	22,0	9,5	4,1	2,0
Сенокосы культурные	зеленая масса	3,2	1,0	4,4	2,0	0,8	0,4
Пастбища естественные	зеленая масса	4,3	0,6	6,2	-	-	-
Пастбища культурные	зеленая масса	5,3	0,8	4,9	2,0	1,0	0,5
Пастбища культурные	сено	19,4	5,9	24,3	10,0	5,0	2,3
Плодовые деревья	фрукты	5,0	1,6	5,5	-	-	-
Ягодники	ягоды	9,1	2,9	9,5	-	-	-
Растениеводческая продукция	к.ед.	21,0	8,0	22,0	8,1	4,3	4,5
Однолетние бобовые травы	сено	22,8	5,6	18,0	17,2	4,6	2,7

Продолжение таблицы 2.1.2

1	2	3	4	5	6	7	8
Горохо-овсяная смесь	зерно	45,5	13,4	24,4	-	-	-
Пелюшко-овсяная смесь	зерно	42,5	17,8	28,2	-	-	-
Вико-овсяная смесь	зерно	43,1	15,4	30,9	-	-	-
Смесь бобово-злаковых трав	зерно	43,7	15,5	27,8	14,8	4,5	9,5
Однолетние бобово-злаковые травы	зеленая масса	4,5	1,3	4,3	1,5	0,7	0,5
Однолетние бобово-злаковые травы	сено	17,4	5,4	25,9	7,6	2,9	2,5
Лен-долгунец	волокно	58,1	22,9	73,0	15,0	7,8	16,0
Конопля	волокно	60,2	32,8	50,4	-	-	-
Сахарная свекла	корнеплоды	4,0	1,6	6,5	1,6	1,2	1,6
Картофель столо-вый	клубни	5,4	1,6	10,7	2,2	1,1	0,8
Картофель семен-ной	клубни	5,4	2,2	9,8	-	-	-
Картофель техниче-ский	клубни	5,4	2,0	9,5	-	-	-
Кормовая свекла	корнеплоды	3,5	1,1	7,8	0,9	0,8	1,0
Кормовая брюква	корнеплоды	3,0	1,0	4,3	0,9	0,7	1,2
Турнепс	корнеплоды	2,7	1,0	3,7	0,8	0,7	2,0
Кормовая морковь	корнеплоды	2,6	1,0	5,0	0,9	0,8	1,0
Кукузику	корнеплоды	3,4	1,3	4,5	1,0	0,9	1,2
Кормовые корне-плоды	корнеплоды	3,0	1,1	5,1	1,0	0,8	1,2
Капуста кормовая	зеленая масса	3,9	1,6	5,3	-	-	-
Капуста белокочан-ная	овощи	4,0	1,0	4,3	5,8	2,0	2,0
Огурцы	овощи	1,3	0,5	2,3	1,5	1,0	0,7
Томаты	овощи	1,6	0,5	2,8	3,0	1,7	1,0
Свекла столовая	корнеплоды	5,0	1,6	7,4	-	-	-
Морковь столовая	корнеплоды	3,4	1,1	4,5	-	-	-
Лук-репка	овощи	3,0	1,2	4,0	2,0	1,1	2,0
Овощи в среднем	овощи	3,0	1,0	4,3	4,2	1,5	1,5
Зеленые овощи	овощи	3,0	1,0	4,5	-	-	-

Продолжение таблицы 2.1.2

1	2	3	4	5	6	7	8
Семенники капусты	семена	70,0	35,0	36,0	-	-	-
Семенники свеклы	семена	80,0	40,0	41,0	-	-	-
Семенники моркови	семена	70,0	35,0	42,0	-	-	-
Озимый рапс	семена	58,0	29,0	26,0	5,2	1,9	3,3
Яровой рапс	семена	55,0	30,0	30,0	5,1	2,0	3,5
Сурепица	семена	53,0	20,0	21,0	-	-	-
Горчица	семена	57,0	20,0	23,0	-	-	-
Редька масличная	семена	50,0	20,0	32,0	-	-	-
Капустные в среднем	семена	54,6	23,8	26,4	5,2	2,0	3,4
Сурепица	зеленая масса	3,4	0,7	4,6	-	-	-
Горчица	зеленая масса	4,2	1,0	5,1	-	-	-
Яровой рапс	зеленая масса	5,0	1,0	4,9	3,0	1,2	0,8
Озимый рапс	зеленая масса	5,0	0,7	4,7	2,8	1,1	0,7
Редька масличная	зеленая масса	4,3	1,3	5,5	1,6	1,0	0,6
Капустные в среднем	зеленая масса	4,4	0,9	5,0	2,5	1,1	0,7

Таблица 2.1.3 – Примерное соотношение элементов питания в урожае сельскохозяйственных культур

Культура	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Зерновые	2,5-3	1	1,5-2,2
Картофель	2,5-3,5	1	6,0-6,5
Сахарная свекла	2,5-3,5	1	3,5-5,0
Клевер	3,5	1	4,0
Овощи (в среднем)	3,0	1	4,3

2.2. Минеральное питание культур и качество растениеводческой продукции

При возделывании сельскохозяйственных культур наряду с показателями урожайности немаловажное значение отводится качеству производимой продукции, которая используется для питания человека, в качестве корма для животных и сырья для промышленности.

Качество урожая оценивается по количеству органических соединений в растении, таких как белки, жиры, сырой протеин, крахмал, сахар, клетчатка и др. (табл. 2.2.1-2.2.2).

Таблица 2.2.1 – Средний химический состав товарной части урожая сельскохозяйственных культур, %

Культура	Вода	Бе-лок	Сы-рой про-теин	Жир	Крахмал, сахар и др. углеводы (кроме клетчатки)	Клет-чатка	Зола
Пшеница (зерно)	14	14	15	2,0	65	2,0	2,0
Рожь (зерно)	14	12	13	2,0	67	2,0	2,0
Овес (зерно)	14	11	12	4,5	55	10,0	3,5
Ячмень (зерно)	14	9	10	2,2	65	5,5	3,0
Кукуруза (зерно)	14	9	10	5,0	66	2,0	1,5
Гречиха (зерно)	14	9	11	2,8	60	9,0	2,0
Просо (зеленая масса)*	-	-	11	2,5	50	27	9,5
Горох (зерно)	14	20	23	1,5	53	5,4	2,5
Соя (зерно)	12	30	35	20,0	23	5,0	5,0
Лен (семена)	12	23	26	35	16	8,0	4,0
Рапс (семена)*	-	-	25	45	18	8,0	4,0
Подсолнечник (се-мена)	12	22	25	50	7	5,0	3,5
Ежа сборная (зеле-ная масса)	70	2,1	3,0	1,2	10	10,5	2,9
Морковь (корне-плоды)	86	0,7	1,3	0,2	9	1,0	1,0
Лук	85	1,5	1,6	0,1	12	0,8	0,5
Картофель (клубни)	78	1,3	2,0	0,1	17	0,8	1,0
Сахарная свекла (корнеплоды)	75	1,0	1,6	0,1	20	1,0	0,8
Кормовая свекла (корнеплоды)	87	0,8	1,5	0,1	9	1,0	1,0
Клевер (зеленая мас-са)	75	3,0	3,6	0,8	10	6,0	3,0

Примечание. * – содержание в сухом веществе, %

Таблица 2.2.2 – Средний химический состав овощных и бахчевых культур, % (В.В. Кидин и др., 2008)

Культура	Во-да	Бе-лок	Жир	Моно- и диса-хариды	Крах-мал	Клет-чатка	Органи-ческие кислоты	Зола
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Баклажан	91	1,2	0,1	4,2	0,9	1,3	0,2	0,5
Брюква	87	1,2	0,1	7,0	0,4	1,5	0,2	0,8
Горошек зеленый	80	5,0	0,2	6,0	6,8	1,0	0,1	0,9
Кабачок	93	0,6	0,3	4,9	-	0,3	0,1	0,4
Капуста белокочанная	90	1,8	0,1	4,6	0,1	1,0	0,3	0,7
Капуста брюссельская	86	4,8	-	5,4	0,5	1,0	0,3	1,3
Капуста кольраби	85	2,8	-	7,4	0,5	1,7	0,1	1,2
Капуста краснокочанная	91	0,8	-	4,7	0,5	1,3	0,2	0,8
Капуста цветная	90	2,5	0,3	4,0	0,5	0,9	0,1	0,8
Картофель	76	2,0	0,4	1,3	15,0	1,0	0,2	1,1
Лук зеленый (перо)	93	1,3	-	3,5	Сл.	0,9	0,2	1,0
Лук-порей	88	2,0	-	6,5	Сл.	1,5	0,1	1,2
Лук репчатый	86	1,4	-	9,0	0,1	0,7	0,2	1,0
Морковь	88	1,3	0,1	7,0	0,2	1,2	0,3	1,0
Огурец грунтовый	95	0,8	0,1	2,5	0,1	0,7	0,1	0,5
Огурец парниковый	96	0,7	0,1	1,8	0,1	0,5	0,1	0,5
Патиссон	92	0,6	0,1	4,1	Сл.	1,3	0,1	0,8
Перец зеленый сладкий	92	1,3	Сл.	5,2	0,1	1,4	0,1	0,6
Перец красный сладкий	90	1,03	Сл.	5,2	0,1	1,4	0,1	0,6

Продолжение таблицы 2.2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Петрушка:								
зелень	85	3,7	0,4	6,8	1,2	1,5	0,1	1,1
корень	83	1,5	0,6	6,5	4,0	2,4	0,1	1,5
Пастернак (корень)	83	1,4	Сл.	6,5	4,0	2,4	0,1	1,3
Ревень (че- решки)	91	0,7	0,	2,5	Сл.	1,8	1,0	1,0
Редис	93	1,2	0,1	3,5	0,3	0,8	0,1	0,6
Редька	88	1,9	0,2	6,2	0,3	1,5	0,1	1,0
Репа	89	1,5	Сл.	5,0	0,3	1,4	0,1	0,7
Салат	94	1,5	0,2	1,7	0,6	0,8	0,1	1,0
Свекла сто- ловая	86	1,5	0,1	9,0	0,1	0,9	0,1	1,0
Сельдерей:								
корень	83	1,3	0,3	5,5	0,6	1,0	0,1	1,0
зелень	85	-	-	2,0	-	1,0	-	1,0
Томат грун- товый	92	1,1	0,2	3,5	0,3	0,8	0,8	0,7
Укроп	86	2,5	0,5	4,1	Сл.	3,5	0,1	2,3
Фасоль (стручок)	90	3,0	0,3	2,0	1,0	1,0	0,1	0,7
Хрен	77	2,5	0,4	4,6	3,0	2,8	0,2	1,4
Черемша	89	2,4	0,1	6,1	Сл.	1,0	0,1	1,1
Чеснок	80	6,5	-	3,2	2,0	0,8	0,1	1,5
Шпинат	91	2,9	0,3	2,0	Сл.	0,5	0,1	1,8
Щавель	92	1,5	Сл.	3,0	Сл.	1,0	1,8	1,4
Арбуз	89	0,7	0,2	8,7	0,1	0,5	0,1	0,6
Дыня	88	0,6	-	9,0	0,1	0,6	0,2	0,6
Тыква	90	1,0	0,1	4,0	0,2	1,2	0,1	0,6

У зерновых и зернобобовых культур качество зерна характеризуется, прежде всего, содержанием белков. Наибольшее количество белков должно содержаться в зерне озимой пшеницы и наименьшее – в зерне пивоваренного ячменя. Хлебопекарные качества зерна пшеницы определяются количеством клейковины. Хорошо известно, что качество клубней картофеля опреде-

ляется содержанием крахмала, а корнеплодов сахарной свеклы – содержанием сахара.

Содержание органических соединений в растениях определяется биологическими особенностями и может существенно изменяться в зависимости от сорта, условий питания, температуры, освещения и др. факторов. Так, содержание белка в зерне озимой пшеницы может колебаться от 9 до 25%, крахмала в картофеле – от 10 до 24%, сахара в корнеплодах сахарной свеклы – от 12 до 22%.

В настоящее время установлено, что действие минерального питания на изменение химического состава растений ограничено, а гораздо большее значение имеют генетически установленные свойства. Это значит, что, сколько бы мы ни вносили удобрений, в зерне будет накапливаться белок, а в корнеплодах сахарной свеклы – сахара.

Вместе с тем, наиболее эффективным и быстродействующим фактором, способствующим повышению качества растениеводческой продукции, являются удобрения. Действие удобрений на химический состав растений определяется тем, что питательные вещества, поступающие в растения из удобрений, входят в состав важнейших органических соединений и повышают их содержание в основной и побочной продукции. Кроме того, отдельные элементы питания оказывают влияние на активность ферментативных систем растений. С помощью удобрений можно изменять направленность процессов обмена веществ и регулировать накопление в растениях полезных для человека веществ – белков, крахмала, сахаров, жиров, витаминов и др.

Влияние удобрений на качество урожая может быть *прямым* и *косвенным*. Под прямым влиянием на качество урожая понимается изменение соотношения между вегетативной и репродуктивной массой. Естественно, лучше, когда в составе урожая больше зерна, а не соломы; клубней, а не ботвы. При высоких урожаях вегетативной массы происходит резкое увеличение выноса элементов питания из почвы, снижается эффективность применения удобрений.

Буйный рост вегетативной массы происходит, когда вносятся завышенные дозы азотных удобрений, когда азотные удобрения вносятся в неправильном соотношении с фосфорными и ка-

лийными удобрениями и когда запаздывают с азотными подкормками, т.к. азот задерживает созревание культур.

Под косвенным влиянием на качество урожая подразумевается изменение химического состава растений, т.е. изменение содержания в растениях белков, жиров, углеводов, элементов питания и других показателей.

В растениях протекают разнонаправленные процессы – биосинтез белков и др. азотистых соединений и биосинтез углеводов или жиров. Известно, что при усилении биосинтеза белков уменьшается синтез углеводов или жиров, и наоборот.

С помощью удобрений можно изменять направленность процессов обмена веществ и регулировать накопление в растениях полезных для человека веществ – белков, крахмала, сахаров, жиров, витаминов и др.

Под влиянием азотных удобрений усиливается синтез аминокислот и белков. Так, в исследованиях РУП «Институт почвоведения и агрохимии», применение возрастающих доз азота способствовало увеличению содержания сырого белка в зерне яровой пшеницы на 2,3%, ячменя – на 2,2% (табл. 2.2.3).

Таблица 2.2.3 – Влияние доз азота на содержание сырого белка в зерне яровых зерновых, % (данные В.В. Лапы с соавт., 2009)

Вариант	Яровая пшеница	Яровой ячмень
P ₆₀ K ₁₂₀ – фон	10,2	9,2
Фон + N ₃₀	11,0	10,2
Фон + N ₆₀	11,7	10,9
Фон + N ₆₀₊₃₀	12,4	11,4
Фон + N ₆₀₊₃₀₊₃₀	13,1	-

Имеются данные, что на содержание белка в зерне озимых и яровых зерновых культур существенное влияние оказывают подкормки растений азотом в период начала колошения растений. Азот, поступающий в растения в эту фазу, используется, в основном, для образования семян, в результате чего содержание азота в них повышается, и синтез белков происходит более интенсивно.

Под влиянием фосфорных удобрений возрастает интенсивность синтеза сахарозы, крахмала, жиров, несколько меньше – белков. Для качества продукции важно не только абсолютное количество фосфора, но и его соотношение с другими элементами питания, в первую очередь – с азотом. Изменяя соотношение между азотом и фосфором, можно регулировать направленность процессов обмена, и таким образом способствовать накоплению в растениях белков или углеводов. Под влиянием фосфорных удобрений ускоряется созревание культур.

Под влиянием калия повышается накопление крахмала, сахарозы и жиров. Калий усиливает синтез высокомолекулярных углеводов (целлюлозы, гемицеллюлозы, пектиновых веществ), в результате чего утолщаются клеточные стенки стебля злаковых культур и повышается устойчивость их к полеганию, у льна улучшается качество волокна. Калий усиливает синтез некоторых витаминов, в частности тиамина и рибофлавина.

Микроэлементы улучшают сбалансированность минерального питания растений и участвуют в синтезе и обмене веществ. Медь, участвуя в азотном обмене в растениях, способствует накоплению белка в зерне. Бор и цинк улучшает углеводный и белковый обмен в растениях. Так, внесение бора внекорневую подкормку под сахарную свеклу увеличивает сахаристость корнеплодов. Применение цинка на посевах кукурузы сопровождается ростом содержания белка и крахмала в зерне.

Регулировать качество продукции можно подбором форм минеральных удобрений. Так, под гречиху, картофель не рекомендуют вносить хлорсодержащие калийные удобрения. Под сахарную свеклу лучше вносить натрийсодержащие удобрения (калийная соль и др.), т.к. натрий положительно влияет на накопление сахаров в корнеплодах.

Управлять процессом питания и получать необходимый эффект в формировании качественной растениеводческой продукции можно лишь при научно-обоснованном применении удобрений с учетом биологических и физиологических особенностей сельскохозяйственных культур, почвенных условий, степени кислотности, запасов макро- и микроэлементов в почвах, а также факторов внешней среды.

2.3. Особенности питания растений в различные периоды их роста и развития

Известно, что растения поглощают элементы питания избирательно. Кроме этого необходимо знать, что поглощение элементов питания в течение вегетации осуществляется неравномерно. Изменения требований растений к условиям питания связаны с изменением энергии фотосинтеза, интенсивности дыхания, обмена веществ и т.д.

Выделяют три этапа поступления питательных элементов в растение за вегетационный период.

Первый этап – это период прорастания семян, всходов и первое время после всходов (10-15 дней). В это время растения имеют слаборазвитую корневую систему с невысокой усваивающей способностью, отличающейся высокой чувствительностью к недостатку элементов питания в доступной форме (особенно фосфора), к повышенной концентрации элементов питания в почве, а также к повышенной кислотности почвенного раствора. В этот период в слое прорастания семян в почве должна быть невысокая концентрация элементов питания в легкорастворимой форме с преобладанием фосфорного питания над азотным и калийным. У большинства растений в молодом возрасте проявляется критический период к недостатку фосфора.

Второй этап по времени более продолжительный, чем первый. В этот период у растений усиленно развивается и формируется ассимилирующая (листовая) масса, бурно нарастает общая вегетативная масса, у некоторых растений образуются плоды (огурцы), завязываются и растут кочаны (салат, капуста). Корневая система хорошо развита и обладает высокой усваивающей способностью, характерной для растения. Резко возрастает интенсивность накопления элементов питания. У большинства растений в этот период отмечается максимальное потребление элементов питания.

Третий этап – затухание процесса поглощения элементов питания. Чаще всего он совпадает с образованием репродуктивных органов. Поступление элементов питания снижается, но интенсивность процесса синтеза у растений остается по-прежнему высокой. Наблюдается реутилизация, т.е. повторное использова-

ние в биосинтезе ранее поглощенных питательных элементов и отток из листьев к репродуктивным органам (местам отложения). В конце вегетации имеет место некоторая потеря элементов питания в результате опадения листьев и оттока из корневой системы в почву.

В жизни растений различают два наиболее важных периода питания, с которыми следует считаться при использовании удобрений. Первый, получивший название критического, совпадает с начальными фазами роста и развития большинства растений.

Большая требовательность молодых растений к условиям минерального питания объясняется высокой напряженностью синтетических процессов, происходящих в это время в растительном организме, и одновременно слаборазвитой корневой системой. В этот период растения чувствительны как к недостатку, так и к избытку элементов минерального питания.

Под критическим понимается такой период, когда при небольшом потреблении питательных элементов, недостаток или отсутствие какого-либо элемента питания отрицательно оказывается на росте растений, а в конечном итоге и на урожае. Последующее обеспечение растений этим питательным элементом не может полностью исправить положение, т.е. повысить урожай.

По отношению к фосфору критический период у большинства растений приходится на первые 15 дней после прорастания. По отношению к азоту – первые 15-30 дней. При резком недостатке калия в первый период роста и развития растений также сильно снижается урожай. Однако последующее внесение калийных удобрений позволяет значительно повысить урожай. Поэтому по отношению к калию обычно критический период не выделяют.

В полевых условиях критический период в отношении минерального питания обычно совпадает с низкой активностью микроорганизмов, разлагающих органическое вещество почвы. Это обычно проявляется ранней весной при низкой микробиологической деятельности в почве. В этот период у молодых растений корневая система развита слабо и характеризуется невысокой усваивающей способностью. Поэтому в первый период ве-

гетации растений системой удобрений должно быть предусмотрено внесение фосфорных удобрений или азотно-фосфорных удобрений. Под некоторые калиелюбивые культуры (сахарную и кормовую свеклу, картофель) при посеве вносятся три элемента питания (NPK).

Второй период получил название периода максимального потребления питательных веществ. В этот период растения поглощают наибольшее количество питательных элементов. Этот период характеризуется максимальной интенсивностью потребления питательных веществ растениями.

Интенсивность потребления элементов питания вычисляют по формуле:

$$I = \frac{B}{T}, \quad (3)$$

где И – интенсивность потребления элементов питания растениями, кг/га в сутки;

В – вынос элементов питания за период Т, кг/га;

Т – период вегетации, сутки.

У ячменя наиболее интенсивное потребление азота, фосфора и калия отмечается в фазу выхода в трубку. У картофеля наиболее интенсивное потребление азота приходится на период интенсивного клубнеобразования, а потребление фосфора и калия – на период от бутонизации до цветения.

Период максимального потребления элементов питания может быть длительным, растянутым как у сахарной свеклы, многолетних трав и, наоборот, коротким, как у конопли, ранних сортов картофеля. Так, у озимых зерновых период максимального поглощения элементов питания длится от фазы выхода в трубку до колошения, у яровых зерновых – от кущения до колошения, у льна – от начала бутонизации до конца цветения.

Недостаточная обеспеченность питания растений в период максимального потребления питательных веществ вызывает снижение урожая и ухудшение его качества.

Потребление питательных элементов изменяется не только на протяжении вегетационного периода растений, но и течение суток: в дневные часы потребление питательных веществ идет

интенсивнее, чем ночью, что соответствует временному ходу других физиологических процессов: ассимиляция, метаболизм.

Для растений отмечаются также годовые, сезонные (для многолетних трав), а также импульсивные (от нескольких часов до секунд) ритмы в потреблении элементов питания.

При разработке системы удобрения отдельных сельскохозяйственных культур наряду с особенностями потребления ими элементов питания необходимо учитывать и другие биологические особенности растений: характер развития и усваивающая способность корневой системы, продолжительность вегетационного периода, отношение к концентрации почвенного раствора и т.д.

Характер развития корневой системы и ее усваивающая способность. Основная масса корней у большинства сельскохозяйственных культур сосредоточена во влажном слое пахотного горизонта с глубины 5 см и ниже от поверхности почвы. Оптимальные условия питания для растений создаются, если удобрения вносятся в наиболее влажный слой почвы – на глубину от 10 до 20 см, т.е. в зону размещения основной массы корневой системы. При мелкой заделке удобрения размещаются в поверхностных, пересыхающих слоях почвы и плохо используются растениями. Особенно низкий эффект от такой заделки наблюдается в засушливые годы при недостаточном выпадении осадков.

Корневая система сельскохозяйственных культур имеет различную усваивающую способность по отношению к фосфору и калию. Высокой усваивающей способностью по отношению к фосфору обладают люпин, гречиха, горчица, горох, озимая рожь. Эти культуры хорошо усваивают фосфор из запасов почвы и труднорастворимых фосфатов, менее отзывчивы на внесение фосфорных удобрений. При содержании подвижных форм фосфора в почве свыше 110 мг/кг почвы гречиха и люпин не отзываются на применение фосфорных удобрений.

Хорошо усваивают калий из запасов почвы люпин, гречиха, сахарная и кормовая свекла, картофель, хуже – лен, клевер, кукуруза.

Под культуры, обладающие слабой усваивающей способностью, необходимо вносить элементы питания по потребности и в легкодоступной форме.

Продолжительность вегетационного периода. Культуры с коротким вегетационным периодом (лен, яровые зерновые и др.), как и скороспелые сорта, более требовательны к условиям питания, лучше отзываются на внесение удобрений в легкодоступной форме. Культуры с продолжительным вегетационным периодом (кукуруза, свекла, картофель, капуста и др.), как и позднеспелые сорта, менее требовательны к условиям питания. Они длительнее и лучше используют элементы питания из органических удобрений, запасов почвы и труднодоступных форм удобрений.

Сорта интенсивного типа лучше отзываются на высокий агрофон и, в частности, на высокие дозы удобрений, и плохо растут, дают низкий урожай на более бедном по питанию фоне.

Отношение (чувствительность) сельскохозяйственных культур к концентрации почвенного раствора. Озимая рожь, озимая пшеница, ячмень, овес, картофель, капуста, томаты выдерживают высокую концентрацию почвенного раствора. Под эти культуры возможно внесение всех элементов питания с минеральными удобрениями, можно внести все элементы питания при посеве или посадке, а также возможно внесение фосфорных и калийных удобрений в запас.

Не выдерживают высокой концентрации почвенного раствора лен, горох, кукуруза, свекла, огурцы, морковь, земляника. Под эти культуры не вносят удобрения в запас. Припосевное внесение удобрений ограничивается 10 кг фосфора на гектар. При этом необходимо, чтобы семена и удобрения разделялись прослойкой почвы.

Таким образом, рациональная система удобрения сельскохозяйственных культур разрабатывается на основе их биологических особенностей питания в течение всего вегетационного периода. Она должна своевременно обеспечивать растения элементами питания в необходимых количествах, соотношениях и формах.

Глава 3. ПРИЕМЫ, СПОСОБЫ И СРОКИ ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ

Периодичность питания растений является теоретическим обоснованием дробного внесения удобрений – в различные приемы – время внесения по отношению к посеву сельскохозяйственных культур. Научно обоснованная система питания растений в полевых условиях должна предусматривать сочетание основного (допосевного) удобрения (на глубину 15-20 см), припосевного (3-10 см) и иногда корневых и некорневых подкормок.

Выбор приема внесения решает следующие вопросы:

- создание условий максимальной доступности питательных веществ для растений путем приближения их к корневой системе;
- обеспечение растений на всех стадиях их развития, особенно в критический и максимальный периоды;
- сокращение возможных потерь элементов питания из почвы.

В системе удобрений различают три приема внесения:

- основное (допосевное);
- припосевное (рядковое);
- послепосевное (подкормка) (рисунок 3.1).

Способы внесения минеральных удобрений принято разделять на разбросной и локальный с помощью специальных машин, вносящих удобрения на заданную глубину в виде лент, гнезд, экрана. Кроме того, применяется способ внесения удобрений в запас. Сущность этого способа заключается в том, что удобрения вносятся не ежегодно, а сразу на несколько лет вперед (2-3 года). Этот способ используют при внесении фосфорных и калийных удобрений под многолетние травы, под плодово-ягодные культуры и при создании культурных сенокосов и пастбищ. На легких почвах калийные удобрения не применяются в запас.

Срок внесения удобрений может быть следующим: осенью, весной, летом или зимой.

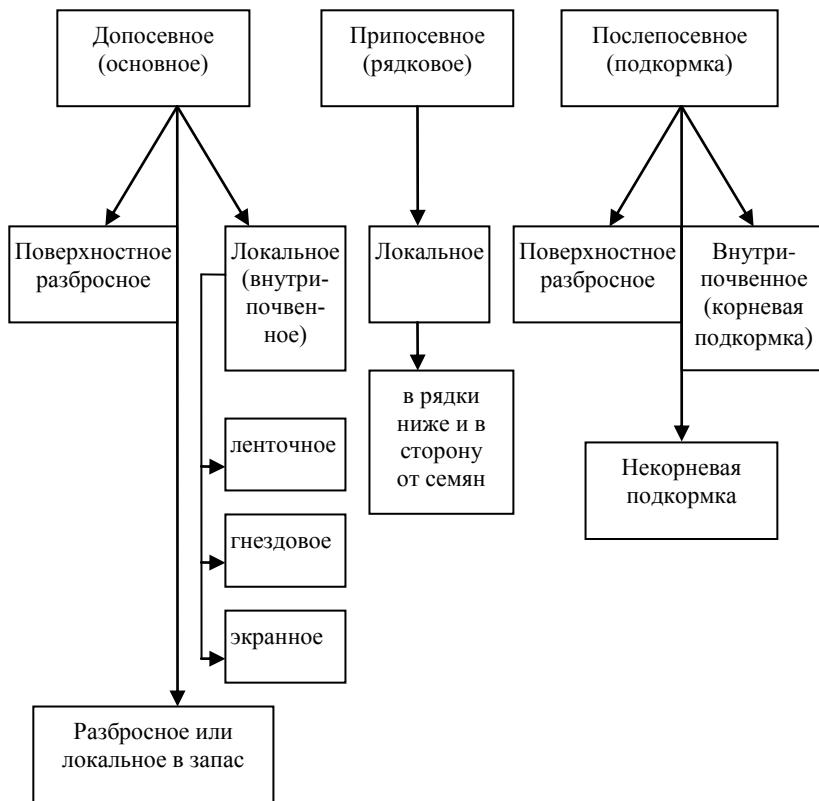


Рисунок 3.1 – Приемы и способы внесения удобрений

Способы заделки удобрений: под плуг, бороны или культиватор.

При выборе приема, срока внесения и способа заделки удобрений учитываются биологические особенности культуры, тип и гранулометрический состав почвы, свойства самих удобрений. Необходимо, чтобы удобрения находились в зоне развития корневой системы, минимально фиксировались почвой и терялись из нее. Необходимо также учитывать распределение влаги по профилю почвы, т.к. в пересыхающих и переувлажненных слоях удобрения используются плохо, а при избытке влаги могут быть вымыты.

Оптимальные условия питания для растений создаются, если удобрения вносятся в наиболее влажный слой почвы – на глубину от 10 до 20 см, т.е. в зону размещения основной массы корневой системы. При мелкой заделке удобрения размещаются в поверхностных, пересыхающих слоях почвы и плохо используются растениями. Особенно низкий эффект от такой заделки наблюдается в засушливые годы при недостаточном выпадении осадков.

Размещение минеральных удобрений в различных слоях почвы при различных способах их заделки представлено в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Размещение минеральных удобрений в почве при различных способах их заделки

Способ заделки	Размещение удобрений в слоях почвы, %					
	0-3 см	3-6 см	6-9 см	9-12 см	12-15 см	15-18 см
Легкой бороной	92	8				
Тяжелой бороной	76	22	2			
Культиватором	55	21	23	1		
Плугом	11	12	16	16	23	22
Плугом с предплужником	3	4	12	14	20	47

При заделке удобрений легкими и тяжелыми боронами практически все удобрения попадают в слой почвы 0-5 см и при недостатке влаги они находятся в пересыхающем верхнем слое почвы и хуже используются растениями.

При заделке удобрений культиватором 76% удобрений попадает в пересыхающий верхний слой почвы и 24% удобрений попадает в слой почвы 6-12 см.

При заделке удобрений плугом и плугом с предплужником в верхний слой почвы попадает соответственно 23% и 7% удобрений. Остальная часть удобрений заделывается в более глубокие слои почвы и может использоваться растениями позже.

Основное внесение удобрений. В основное внесение удобрения применяются до посева и обеспечивают питание растений

на протяжении всего периода вегетации, в том числе в периоды интенсивного роста и максимального потребления питательных веществ. До посева вносят навоз или другие органические удобрения и, как правило, большую часть общей дозы минеральных удобрений.

В основной прием удобрения применяются осенью, весной и летом.

Срок внесения удобрений до посева зависит:

- от биологических особенностей культуры (под озимые зерновые фосфорные и калийные удобрения применяются летом или осенью);
- от гранулометрического состава почвы (на легких почвах удобрения вносятся преимущественно весной);
- от формы удобрения (комплексные удобрения под культуры ярового сева применяются весной).

Оптимальный срок внесения подстиlocного навоза и компостов на всех почвах, за исключением избыточно увлажненных песчаных, – осенью под зяблевую вспашку. Бесподстиlocный навоз рекомендуется вносить либо осенью (на суглинистых и связносупесчаных почвах, подстилаемых моренными суглинками), либо весной (на легких почвах) на глубину 7-17 см, заделывая плугом, дисками или культиватором.

Азотные удобрения под озимые культуры могут применяться при необходимости в небольших дозах осенью, а под яровые культуры азотные удобрения вносятся только весной. Поскольку азотные удобрения хорошо растворимы в воде и могут легко мигрировать по почвенному профилю, то вносить их следует под культивацию или боронование.

В качестве фосфорных удобрений в настоящее время применяются комплексные удобрения (аммофос, суперфосфат аммонизированный и др.), содержащие азот. С целью снижения потерь азота эти удобрения под культуры ярового сева рекомендуют применять весной под культивацию.

Калийные удобрения в связи с переносом срока внесения фосфорных удобрений также преимущественно применяются весной. Под культуры, чувствительные к хлору (гречиху и др.), практикуется осеннее внесение калийных удобрений. На почвах легкого гранулометрического состава песчаных и супесчаных,

подстилаемых песком, а также на торфяно-болотных почвах с неотрегулированным водным режимом калийные удобрения применяются только весной.

До посева удобрения вносятся в основном разбросным способом. Разбросное внесение удобрений выполняется различными машинами отечественного и зарубежного производства. Очень важно внести удобрения равномерно. Современные машины для внесения минеральных удобрений обеспечивают неравномерность внесения на уровне 3-16% (см. главу 17).

Локальным способом минеральные удобрения можно вносить до посева, одновременно с ним или после посева. При локальном способе удобрения в почве могут размещаться непрерывными или пунктирными лентами, гнездами, экраном.

До посева туки вносят, как правило, лентами, идущими поперек или по диагонали относительно направления будущих посевов. На дерново-подзолистых суглинистых почвах глубина лент основного удобрения под лен, зерновые культуры, горох, вику – 8-10 см, на песчаных и супесчаных почвах (кроме льна) – 10-12 см. Интервалы между лентами для культур сплошного сева – 12-17 см, для пропашных культур – до 20-30 см. Оптимальная ширина лент удобрений 2-4 см. Такую ширину лент обеспечивают культиваторы-растениепитатели, дисковые сошники зерновых сеялок и др. агрегаты.

Преимущества локального внесения удобрений:

1. Создание очагов повышенной концентрации удобрений в почве при локальном внесении меняет степень закрепления питательных веществ и величину их потерь из почвы:

- создание очагов повышенной концентрации аммонийного азота подавляет процессы нитрификации, что сокращает потери азота в виде нитратов и повышает степень его использования растениями;

- калий, внесенный локально, меньше подвергается необменному поглощению в результате меньшего контакта с почвой, а фосфор к обменному и химическому поглощению;

- высокая концентрация удобрений в ленте внесения негативно сказывается на микрофлоре почвы, участвующей в иммобилизации элементов питания.

2. Наличие очагов питания в зоне внесения удобрений обеспечивает бесперебойное снабжение растений необходимыми элементами питания.

3. Все вышесказанное приводит к увеличению использования растениями элементов питания из удобрений на 10-15%. В связи с этим дозы удобрений могут быть снижены на 20-25% по сравнению с дозами для разбросного внесения.

При замене разбросного внесения удобрений, локальным в среднем урожайность картофеля, корнеплодов увеличивается на 20-40 ц/га, зерновых – на 2-5 ц/га, льносроломки – на 4-13 ц/га, зеленой массы кукурузы – на 39-42 ц/га.

В основное внесение применяют любые формы удобрений.

Припосевное внесение удобрений. Удобрения вносят специальными комбинированными сеялками на расстоянии 2-3 см ниже и в сторону от семян. При посеве используют легкоусвояемые питательные элементы, необходимые растениям в самом начале развития. Это преимущественно водорастворимые фосфорные удобрения, т.к. прежде всего в фосфоре нуждаются растения в первые дни жизни и именно этот элемент слабо доступен неразвитой корневой системе.

Припосевное внесение одних азотных или калийных удобрений не дает эффекта и даже может снизить урожайность сельскохозяйственных культур, особенно мелкосемянных. Припосевное внесение удобрений способствует формированию более мощной корневой системы, растения быстрее развиваются, легче переносят временную засуху, меньше повреждаются вредителями и болезнями, лучше подавляют сорную растительность.

Дозы удобрений, вносимых при посеве, рассчитаны на действие в течение короткого времени и поэтому невысоки (под зерновые и зернобобовые – 15-20 кг/га Р₂O₅, под картофель, сахарную свеклу, томаты – 20-30 кг/га Р₂O₅). Для культур, чувствительных к высокой концентрации почвенного раствора (кукуруза, лен, морковь, лук, огурцы, брюква, турнепс), дозы припосевного удобрения не должны превышать 10 кг/га. Под калиелюбивые культуры (сахарная свекла, картофель, кормовые корнеплоды и др.) при посеве применяется азот, фосфор и калий в

виде комплексного удобрения. При этом приеме внесения удобрения всегда вносятся локально.

Для припосевного внесения используются гранулированный простой или двойной суперфосфат, комплексные удобрения: суперфосфат аммонизированный, аммофос, АФК и др. Для припосевного внесения не применяются смеси из однокомпонентных удобрений, т.к. образуется мажущаяся, трудновысыпаемая масса, из которой плохо используются элементы питания.

Эффективность припосевного внесения удобрений зависит от дозы допосевного внесения удобрений и почвенного плодородия. Если до посева вносились высокие дозы удобрений, то положительное действие припосевного удобрения снижается или не проявляется вовсе. На бедных почвах припосевное внесение фосфорных удобрений – наиболее эффективный прием их внесения, окупаемость 1 кг фосфора – 12-15 кг зерна зерновых культур. На почвах с высоким уровнем окультуренности эффективность припосевного внесения незначительная или отсутствует.

Послепосевное внесение удобрений (подкормка). Послепосевное удобрение применяют в дополнение к основному с целью улучшения питания растений в период максимального потребления элементов питания растениями и улучшения качества продукции, а также в случае, если удобрения внесены в основной прием в недостаточном количестве.

В подкормку удобрения вносятся:

- поверхностью вразброс (азотная подкормка сельскохозяйственных культур, подкормка многолетних трав, сенокосов и пастбищ азотом, фосфором и калием, жидким навозом);
- внутрипочвенно локально в междурядья пропашных и овощных культур;
- в некорневую подкормку – внесение удобрений по вегетирующему растениям в виде растворов – (подкормка сельскохозяйственных культур КАС, ЖКУ и микроэлементами). Некорневую подкормку растений удобрениями можно совместить с внесением пестицидов, регуляторов роста растений.

Некорневая подкормка применяется и с целью улучшения качества продукции. Для повышения качества зерна пшеницы в некорневую подкормку вносится 8-15% раствор мочевины. По-

падая с раствором на листовую поверхность, мочевина непосредственно поглощается (в результате пиноцитоза) растением и используется на синтез белка.

В зависимости от величины планируемой урожайности, общей дозы удобрений возможны различные сочетания приемов внесения удобрений. Для получения высокой урожайности сельскохозяйственных культур, повышения качества растениеводческой продукции целесообразно применять все три приема внесения удобрений.

Глава 4. УСЛОВИЯ ЭФФЕКТИВНОГО ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ

Эффективность удобрений в значительной степени определяется биологическими особенностями питания сельскохозяйственных культур, почвенными, климатическими, агротехническими и организационно-хозяйственными условиями.

Особенности питания отдельных культур. Избирательное поглощение элементов питания у различных видов культурных растений является одним из основных факторов, оказывающих влияние на эффективность удобрений. Особенности корневого питания у сельскохозяйственных культур весьма различны. Общим для всех культур является то, что все они для формирования урожая требуют одинаковых макро- и микроэлементов. В отношении же потребляемого их количества за вегетационный период или за отдельные промежутки времени выявляются сложившиеся в процессе исторического развития видовые особенности питания. В том, что сельскохозяйственные культуры потребляют различное количество элементов питания, можно убедиться на примере нормативного выноса (табл. 2.1.2).

Помимо различий в общем потреблении питательных элементов за вегетационный период необходимо знать и особенности в потреблении растениями отдельных питательных элементов в разные периоды их роста и развития, которые подробно рассматриваются в разделе 2.3. Только с учетом этих особенностей питания сельскохозяйственных культур можно получить максимальный эффект от удобрений.

Почвенные условия. Эффективность удобрений зависит от:

- типа почвы;
- гранулометрического состава почвы;
- кислотности почвы;
- содержания гумуса и подвижных элементов питания в почве;
- степени эродированности почвы и др.

Тип почвы. Из всех почвенных условий тип почвы оказывает наиболее существенное влияние на эффективность удобрений. На органогенных торфяных почвах высокую эффективность проявляют фосфорные, калийные, медные удобрения. Азотные удобрения эффективны на вновь осваиваемых торфяниках, особенно с кислой реакцией среды, а также на старопахотных торфяниках при их залужении злаковыми травосмесями. Фосфорные и калийные удобрения вносятся под все сельскохозяйственные культуры. Борные удобрения эффективны при возделывании кормовых корнеплодов, сахарной свеклы, клеверов, а медные удобрения целесообразно вносить под озимые и яровые зерновые культуры и многолетние злаковые травы.

На минеральных дерново-подзолистых почвах проявляется высокая эффективность от полного минерального удобрения, органических удобрений, а также от микроудобрений. На первом месте по эффективности стоят азотные удобрения, затем идут фосфорные и далее калийные (табл. 4.1).

Таблица 4.1 – Оплата удобрений урожаем зерновых культур

Удобрения	Действующее вещество	Оплата удобрений, кг зерна/кг д.в. NPK
Азотные	N	9-15
Фосфорные	P	4-6
Калийные	K	2-3
Полное минеральное удобрение	NPK	5-7

По данным полевых опытов, проведенных в системе агрохимслужбы, оплата минеральных удобрений урожаем зерновых культур в Республике Беларусь в расчете на 1 кг действующего вещества равна: азотных – 9-15 кг зерна, фосфорных – 4-6 кг,

калийных – 2-3 кг, полного минерального удобрения – 5-7 кг зерна.

Окупаемость тонны органических удобрений в расчете на стандартный подстилочный навоз дополнительным урожаем по зерновым культурам равна 25 кг зерна, картофелю – 105 кг клубней, сахарной свекле – 125 кг корнеплодов, по кукурузе – 190 кг зеленой массы и в среднем по всем культурам на пашне – 30 кормовых единиц.

Нормативы окупаемости минеральных удобрений по областям Республики Беларусь в зависимости от балла плодородия почвы отражены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Нормативы окупаемости минеральных удобрений по областям Республики Беларусь

Область	Балл плодородия почв	Окупаемость 1 кг NPK	
		зерновые, кг зерна	все культуры на пахотных землях, к. ед.
Брестская	31,9	6,25	8,09
Витебская	26,6	5,37	6,04
Гомельская	30,1	5,95	7,70
Гродненская	34,4	6,66	8,62
Минская	32,8	6,40	8,28
Могилевская	31,6	6,20	8,02
Всего по РБ	31,2	6,13	7,94

Гранулометрический состав почвы. Прибавки урожая сельскохозяйственных культур на легких, по гранулометрическому составу почвах (песчаных и супесчаных) возрастают при внесении азотных, калийных и органических удобрений, что связано с особенностями взаимодействия удобрений с почвой: большим выщелачиванием азота и калия, быстрой минерализацией органических удобрений.

Потребность растений в фосфорных удобрениях, а вместе с тем и их эффективность при одинаковых значениях кислотности и запасах питательных элементов увеличивается на более тяжелых по гранулометрическому составу почвах. Это обусловлено

более высоким закреплением (обменно и химически) фосфора на суглинистых и глинистых почвах, чем на песчаных и супесчаных.

Реакция почвенной среды. Кислотность почвы оказывает влияние на подвижность элементов питания (в первую очередь фосфора) в почве, на их доступность растениям и, как следствие, на эффективность вносимых удобрений.

При неотрегулированной реакции почвенной среды имеет место существенное снижение продуктивности пашни (табл. 4.3).

Таблица 4.3 – Недобор растениеводческой продукции на пахотных почвах РБ в результате неотрегулированной реакции почвенной среды

Почвы	Недобор урожая, т к. ед./га		
	от повышенной кислотности		от переизвесткования
	1 и 2 группы кислотности	3 группа кислотности	
Дерново-подзолистые: суглинистые и глинистые	0,54	0,16	0,56
супесчаные	0,85	0,18	0,44
песчаные	0,50	0,11	0,26
Торфяно-болотные	0,50	0,11	0,26

Эффективность азотных удобрений снижается на кислых почвах и повышается при реакции среды близкой к нейтральной. Это объясняется низкой микробиологической активностью почвы и невозможностью формировать сельскохозяйственными культурами высокие урожаи при неотрегулированной реакции среды.

Действие фосфорных удобрений на урожайность сельскохозяйственных культур также ниже на кислых почвах вследствие активного химического закрепления этого элемента в почве. Дозы фосфорных удобрений на таких почвах выше, чем при отрегулированной реакции среды.

На почвах с близкой к нейтральной реакцией среды возрастаёт потребность в калийных, борных, медных и цинковых удобрениях и отмечается высокая окупаемость этих удобрений прибавкой урожая вследствие получения высокой урожайности сельскохозяйственных культур и качественной растениеводческой продукции.

В среднем эффективность удобрений на необработанных кислых почвах на 30-40% ниже, чем на таких же почвах, но произвесткованных. На произвесткованных почвах оплата минеральных удобрений возрастает на 15-20% и улучшается качество растениеводческой продукции. Так, содержание крахмала в клубнях картофеля увеличивается на 0,5-2,0%, сахара в корнеплодах сахарной свеклы – на 0,5-1,0%, сырого протеина в зерне – 0,5-1,0%.

Содержание гумуса. Содержание гумуса в почве оказывает влияние на плодородие почвы, обеспеченность растений азотом, сроки внесения азотных удобрений под озимые зерновые культуры, величину и качество урожая сельскохозяйственных культур, а также на эффективность вносимых удобрений.

На почвах с невысоким содержанием гумуса возрастает потребность в азотных удобрениях, а фосфорные и калийные удобрения без внесения азотных не проявляют высокой эффективности. На почвах с высоким содержанием гумуса снижается потребность в азотных удобрениях и повышается эффективность фосфорных и калийных удобрений, т.к. растения лучше обеспечиваются азотом за счет запасов почвы.

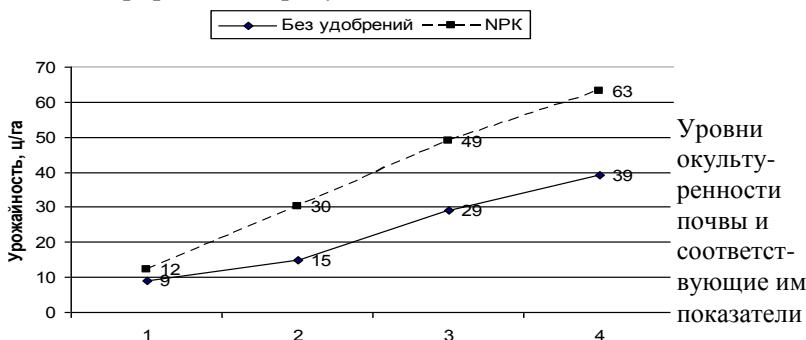
Исследованиями многих научных учреждений установлена прямая зависимость урожаев сельскохозяйственных культур от содержания в почве гумуса. Так, в длительных стационарных опытах БГСХА на дерново-подзолистых почвах было установлено, что наибольшая и стабильная урожайность сельскохозяйственных культур на фоне применения различных систем удобрения наблюдалась при содержании гумуса в почве около 3%. Оптимальное содержание гумуса для различных культур находится в интервале 2,0-3,5%. При этом повышение содержания гумуса сопровождается ростом урожайности сельскохозяйственных культур только в том случае, если одновременно увели-

чивается содержание лабильной (подвижной) части гумуса (А.И. Горбылев, В.Б. Воробьев, 2001).

Содержание в почве подвижных форм фосфора и калия. С увеличением содержания в почве подвижных форм фосфора и калия остается высокой эффективность азотных удобрений, но снижается фосфорных и калийных. При достижении оптимальных параметров содержания в почве подвижных форм фосфора и калия дозы фосфорных и калийных удобрений могут быть на уровне выноса этих элементов планируемыми урожайностями сельскохозяйственных культур.

Вместе с тем наибольшее влияние на эффективность удобрений оказывает комплекс агрохимических свойств почвы: степень кислотности, содержание гумуса, подвижных форм P_2O_5 и K_2O , характеризующие степень агрохимической окультуренности почвы. С увеличением окультуренности почвы достигается максимальная продуктивность растений и эффективность минеральных удобрений.

Зависимость продуктивности зерновых культур и эффективности удобрений от степени окультуренности почв наглядно продемонстрирована на рисунке 4.



pH _{KCl}	3,7-4,0	4,6-5,0	4,6-5,0	5,1-5,5
Гумус, %	0,8-1,5	1,2-2,0	1,6-2,2	2,1-2,8
P_2O_5 , мг/кг	30-50	70-110	120-150	180-260
K_2O , мг/кг	40-80	90-120	130-170	200-270

Рисунок 4 – Продуктивность зерновых культур в зависимости от степени окультуренности дерново-подзолистых почв Нечерноземной зоны России (по данным Милащенко, 2000)

По мере повышения плодородия почв урожайность зерновых возрастает с 9 ц до 39 ц/га на фоне без применения удобрений. Применение удобрений в интенсивных технологиях обеспечивает дальнейший рост урожайности зерновых культур. При этом максимальный эффект отмечается на высокоокультуренной почве.

Эродированность почв. Весьма существенные различия в режиме элементов питания и, следовательно, в потребности и эффективности удобрений проявляются на разных элементах рельефа, особенно на склоновых землях. В результате снижения эффективности удобрений потребность культур в минеральных удобрениях возрастает с увеличением степени смытости и эродированности почв

Так, на землях первой категории с преобладанием неэродированных почв применяются дозы удобрений по планам, рассчитанным на ЭВМ. На землях второй категории с преобладанием слабоэродированных почв дозы азотных удобрений увеличивают на 0-20%, на землях третьей категории с преобладанием среднеэродированных почв – на 30-50%, на землях четвертой категории с преобладанием сильноэродированных почв – на 50-100%. Дозы фосфорных и калийных удобрений на слабоэродированных почвах увеличивают на 20-30%, на средне- и сильноэродированных почвах – на 30-60% (табл. 4.4).

Таблица 4.4 – Изменение расчетных доз минеральных удобрений в зависимости от эродированности почвы

Степень эродированности почв	Увеличение расчетных доз удобрений, %		
	азотных	фосфорных	калийных
1-я категория (преобладание неэродированных почв)	расчетные		
2-я категория (преобладание слабоэродированных почв)	0-20	20-30	20-30
3-я категория (преобладание среднеэродированных почв)	30-50	30-60	30-60
4-я категория (преобладание сильноэродированных почв)	50-100	30-60	30-60

Применение азотных удобрений – решающий фактор при переходе на минимальную, плоскорезную и безотвальную обработки почвы, входящие в систему противоэррозионных мероприятий на склоновых землях.

В целом, в сложных эрозионных ландшафтах требуется гибкая дифференцированная система удобрения, учитывающая разнообразие элементов рельефа, чтобы не допустить смыва питательных веществ и обеспечить эффективное и экологически безопасное использование удобрений.

Одним из факторов, ограничивающих рост и урожайность сельскохозяйственных культур, является избыточное *уплотнение почвы*. Уплотнение почвы происходит под влиянием воздействия естественных факторов: дождя (особенно при отсутствии покрова) и сил гравитации. Однако основной причиной уплотнения почвы является механическое воздействие ходовой системы тракторов, комбайнов, почвообрабатывающих машин, машин для внесения в почву органических и минеральных удобрений, известковых материалов и др.

Отрицательные последствия уплотнения почвы разнообразны: ухудшаются водно-воздушный режим почвы и условия минерального питания растений, снижается урожайность культур, усиливаются эрозия почвы, засоренность посевов, их зараженность болезнетворными бактериями и повреждаемость вредителями, снижается эффективность удобрений, возрастают затраты материальных ресурсов на обработку почвы.

Уплотнение почвы отрицательно влияет на усвоение растениями всех элементов питания: азота, фосфора, калия, магния, бора, железа, серы, меди и др.

Основными причинами снижения урожайности сельскохозяйственных культур при уплотнении почвы являются ухудшение условий для формирования мощной корневой системы и активной ее деятельности, нарушение водно-воздушного режима.

По данным исследований, проведенных в Германии, уплотнение почвы вызывало снижение урожайности сельскохозяйственных культур на 11-26%, в том числе озимой пшеницы в среднем на 12%, озимого ячменя – на 26%, картофеля – на 21-26%, яровой пшеницы – на 32%, ярового ячменя – на 11-17% и овса – на 11-13%.

По данным РУП «Институт почвоведения и агрохимии», фактическая плотность почвы пахотного горизонта на суглинистых почвах превышает оптимальные значения на 0,18-0,20 г/см³. При увеличении плотности почвы сверх оптимальной на 0,15 г/см³ урожайность зерновых культур снижается на 3,1-5,6 ц/га, кормовой свеклы – на 85-249 ц/га в зависимости от погодных условий.

Сорта и гибриды интенсивного типа, как правило, значительно требовательнее не только к общему уровню минерального питания, но и к мощности корнеобитаемого слоя, агрохимическим свойствам почвы и к уплотнению. Для обеспечения высоких устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур и повышения окупаемости удобрений важно не допускать чрезмерного уплотнения почвы.

Агротехнические условия. К важнейшим агротехническим условиям, определяющим эффективность удобрений, являются севообороты, обработка почвы, известкование почв, борьба с сорняками, вредителями и болезнями растений, сроки сева, отзывчивость сортов на удобрения, неравномерность внесения удобрений и др.

Агротехнические условия эффективности удобрений легче соблюдаются в условиях *севооборотов*, так как при правильном чередовании культур полнее используются питательные вещества удобрений. В севообороте легче и успешнее вести борьбу с сорняками, вредителями и болезнями растений, учитывать роль предшественника, планировать объемы внесения удобрений.

Эффективность удобрений значительно возрастает в интенсивных технологиях на фоне *применения пестицидов*. Подтверждением этому служат данные длительного (36 лет) опыта, проведенного на ЦОС ВИУА на дерново-подзолистой почве (таблица 4.5).

Важным агротехническим условием эффективности удобрений являются *сроки сева*. Запаздывание с посевом яровых зерновых на 5 дней снижает эффективность полного минерального удобрения на 10%, на 10 дней – на 13, на 15 дней – на 35, на 20 дней – на 45%.

Таблица 4.5 – Эффективность комплексного применения удобрений и пестицидов в технологии возделывания озимой пшеницы (по данным Ладонина, 1999)

Система удобрения	Урожайность	Прибавка урожайности
	ц/га	
Биологическая (без средств химизации)	35	-
Навозно-минеральная	40	5
Минеральная	47	12
Навозно-минеральная + пестициды	70	35
Минеральная + пестициды	69	34

Данные таблицы 4.6 свидетельствуют о снижении эффективности минеральных удобрений при отклонении от оптимального срока сева и озимых культур.

Таблица 4.6 – Изменение эффективности полного минерального удобрения (120-180 кг/га NPK) при отклонении сроков посева озимых зерновых культур от оптимальных, %

Раньше оптимального (дни)				Опти- мальный срок	Позже оптимального (дни)			
20	15	10	5		5	10	15	20
92	90	68	60	100	120	100	90	80

На эффективности удобрений оказывается *неравномерность их внесения* (распределение по полю). При неравномерности внесения азотных удобрений 60-80% урожайность сельскохозяйственных культур снижается на 45-50%, фосфорных – на 20-25%.

Высокий уровень плодородия почв и удобрения способствуют более существенным прибавкам при внедрении *новых интенсивных сортов*. Для лучшего использования питательных веществ удобрений и почвы, уменьшения загрязнения окружающей среды и повышения эффективности удобрений необходимо внедрение новых интенсивных (агрохимически эффективных) сортов.

ных) сортов зерновых, технических, кормовых, овощных и других культур.

Климатические условия. К климатическим условиям, определяющим эффективность удобрений, относятся:

– сумма активных температур (более 10⁰С) в летний период, температура воздуха в течение вегетации растений;

– количество и распределение в течение года осадков, а также весенние запасы продуктивной влаги в почве.

Как недостаток, так и избыток тепла снижают поступление элементов питания в растения, а вместе с тем и эффективность удобрений. Низкие температуры в начале роста растений оказывают наиболее сильное негативное влияние на азотное и фосфорное питание, а также и на эффективность удобрений.

Количество атмосферных осадков и равномерность их распределения играют определяющую роль в эффективном использовании растениями питательных веществ. Условия погоды в критические периоды роста и развития растений остаются важнейшим фактором эффективности удобрений. Так, по данным белорусских ученых, эффективность удобрений в засушливые годы может снижаться в среднем на 36%, а во влажные увеличиваться в среднем на 52% по сравнению с действием их в нормальные по увлажнению годы. Особенно отчетливо проявляется зависимость эффективности азотных удобрений от количества выпавших осадков, менее значительно – фосфорных удобрений.

Большое значение при использовании удобрений в различные по увлажнению годы имеет отношение культур к срокам выпавших осадков. Так, для яровой пшеницы особенно велико значение весенних и раннелетних дождей, а также весенние запасы влаги в почве. Кукуруза и просо хорошо используют осадки в середине лета. При возделывании картофеля недостаток осадков в июне-июле отрицательно сказывается на урожае. Для урожая озимых зерновых культур критическим в отношении влагообеспеченности является октябрь. Увеличение осадков в сентябре с 20 до 60 мм приводит к прибавке урожайности озимых зерновых культур на 7,8 ц/га.

Организационно-экономические условия. Они определяют, прежде всего, возможные ресурсы производства органических удобрений, изыскание возможностей для покупки, хране-

ния минеральных удобрений, техники для внесения, а также рациональное применение всех видов удобрений при возделывании сельскохозяйственных культур.

Прогрессивные формы организации труда в технологии применения удобрений влияют на рациональное использование удобрений, а также труда и техники, способствуют повышению эффективности химизации.

Глава 5. ИЗВЕСТКОВАНИЕ ПОЧВ В СИСТЕМЕ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ

5.1. Необходимость известкования почв и определение доз извести и известковых удобрений

Повышенная кислотность – одна из важнейших причин низкого плодородия почв и недостаточной эффективности удобрений.

Негативное влияние повышенной почвенной кислотности на растения обусловлено рядом причин, основные из которых: недостаток Ca^{2+} ; повышенная концентрация токсичных Al^{3+} , Mn^{4+} , H^+ ; пониженная доступность элементов питания; неблагоприятные физические свойства почв.

Водород является жизненно важным элементом, служащим материальной основой связи растений с почвой и внешней средой, и его токсичность не вытекает из свойств самого элемента. Отрицательное влияние избытка водорода проявляется в снижении проницаемости плазмы, ослизнении корней (снижается поступление других ионов); замедлении микробиологических процессов.

Однако, по мнению исследователей, главным фактором отрицательного действия повышенной кислотности на подзолистых почвах является обменный алюминий, также вносящий существенный вклад в формирование почвенной кислотности.

Большую роль в образовании потенциальной кислотности почв играют гумусовые кислоты. Их вклад в создание гидролитической кислотности составляет, по некоторым данным, более 80%. Вместе с тем, гумусовые кислоты образовывают с токсичными ионами Al , Mn , Fe малоподвижные соединения, причем

экспериментально доказана меньшая токсичность Al, Mn, Fe, связанных с органическим веществом, по сравнению с обменно-поглощенными. Токсичность иона Al на высокогумусных почвах в 2,0-2,5 раза слабее, чем на малогумусных.

Единственно радикальным путем устранения избыточной кислотности является известкование почв, которое способствует устранению токсичности ионов Al и Mn; улучшению условий гумусообразования и деятельности микроорганизмов; формированию структуры и более благоприятных физико-механических свойств почв; снижению поступления радионуклидов и тяжелых металлов; повышению качества растениеводческой продукции.

Известкование имеет определенную связь с применением удобрений, в принципе, это приемы, дополняющие друг друга. Известкование ускоряет минерализацию (мобилизацию) питательных веществ, то есть улучшает питание растений, но уменьшает запасы на будущее. Однако следует отметить и отрицательный эффект от известкования кислых почв – снижение подвижности микроэлементов: Cu, Zn, Mn, B, а вместе с этим – ухудшение питания этими элементами. На сильнокислых почвах отмечается пониженная эффективность минеральных удобрений, особенно азотных. В целом эффективность удобрений на кислых почвах на 30-40% ниже, чем на таких же почвах, но произвесткованных. Внесение извести существенно увеличивает отдачу от туков. Считается, что именно известкование является одной из важнейших причин существенного роста урожайности в стране в 1970-1980-е годы.

Проведенные в Беларуси в 1957-1964 гг. первые сплошные почвенные обследования показали наличие большого количества кислых почв. В середине 1960-х годов на фоне некоторого экономического роста в стране приступили к известкованию почв в значительных масштабах. В начале 1950-х годов объемы известкования составляли около 20 тыс. га в год, в 1960-х годах – 200 тыс. га в год, в 1970-х и 1980-х годах – около 1 млн. га в год. В последнее десятилетие объемы известкования снизились до 400-450 тыс. га в год, что в среднем соответствует нынешней потребности в известковых мелиорантах.

В настоящее время в Беларуси в результате научно обоснованного интенсивного известкования с 1965 года достигнут

практически близкий к оптимальному уровень реакции почвенной среды. Средневзвешенный показатель почвенной кислотности на пахотных землях составляет 5,98 (в 2010 г.), а количество почв с pH менее 5,0 достигло 5,9%. В то же время из-за технологических и организационных нарушений 3% почв переизвесткованы, т.е. имеют pH > 7,0 (щелочную реакцию). На почвах улучшенных сенокосов и пастбищ эти показатели немного ниже, однако тоже достаточно хорошо оптимизированы (pH=5,86), а количество кислых почв с pH 5,0 – 6,7%, а менее 5,5 – 22,4%. В последние годы наметилась тенденция снижения объемов известкования кислых почв в связи с сокращением количества кислых почв, произошедшим в результате предшествующих циклов известкования.

Принято следующее деление минеральных и торфяно-болотных почв Республики Беларусь в зависимости от величины обменной кислотности (табл.5.1.1).

Таблица 5.1.1 – Градация почв Беларуси по степени кислотности (pH в KCl) и относительное содержание почв различной кислотности

Группа	Степень кислотности	Минеральные почвы	Торфяно-болотные почвы	Пахотные земли, %	Улучшенные луговые, %
1	сильнокислые	4,50 и <	4,00 и <	0,8	1,3
2	среднекислые	4,51-5,00	4,01-4,50	3,7	4,5
3	кислые	5,01-5,50	4,51-5,00	13,8	14,3
4	слабокислые	5,51-6,00	5,01-5,50	22,5	28,4
5	близкие к нейтральным	6,01-6,50	5,51-6,00	34,9	30,2
6	близкие к нейтральным и нейтральные	6,51-7,00	6,01-6,50	13,8	15,8
7	нейтральные и слабощелочные	7,01 и >	6,51 и >	2,3	5,5

Данные этой таблицы указывают, что на первый план сейчас выходит поддерживающее известкование (т.к. почв 1 и 2 групп

очень мало), особенно на луговых землях, где известкование велось более медленными темпами.

Исторически сложились два подхода к известкованию: достичь определенного показателя pH (чаще 6,5-7,0 в водной вытяжке), или такого уровня, когда токсичные элементы перестают отрицательно влиять на рост и развитие растений (обычно при 5,5-6,0).

Согласно «Инструкции по известкованию кислых почв и сельскохозяйственных угодий Республики Беларусь» известкованию подлежат кислые почвы, указанные в таблице 5.1.2.

Таблица 5.1.2 – Почвы Республики Беларусь, подлежащие известкованию («Инструкция по известкованию кислых почв в РБ»)

Почвы	pH _{KCl}	Группа кислотности
1. Дерново-подзолистые: глинистые, суглинистые супесчаные, песчаные	≤ 6,00 ≤ 5,50	I – IV I – III
2. Торфяные	≤ 5,00	I – III
3. Почвы севооборотов при высоком уровне насыщенности (более 20%) картофелем, льном и люпином	<5,60	I – III
4. Почвы рекультивируемых земель	≤ 5,50	I – III
5. Дерново-подзолистые почвы, загрязненные Sr (>1 $\text{Ku}/\text{км}^2$) и Cs (>0,15 $\text{Ku}/\text{км}^2$): рыхлосупесчаные связносупесчаные	5,50-5,75 5,50-6,00	I – IV I – IV

При проведении известкования почв учитывают не только нуждаемость почв в известковании, но и отношение сельскохозяйственных культур к кислотности почвы и известкованию.

Сельскохозяйственные растения наиболее чувствительны к кислотности почвы в начальную фазу развития, сразу после прорастания семян. В более поздние сроки растения сравнительно легко переносят кислую реакцию. Объясняется это тем, что кислая реакция среды в начальную фазу развития растений вызыва-

ет сильные нарушения в углеводном и белковом обмене и отрицательно влияет на закладку генеративных органов.

Большинство культурных растений и почвенных микроорганизмов лучше развиваются при слабокислой или нейтральной реакции среды – при pH_{KCl} 6,0-6,5.

Растения по отношению к реакции среды и по отзывчивости на известкование делятся на 5 групп (табл. 5.1.3).

Таблица 5.1.3 – Группировка сельскохозяйственных культур по их отношению к кислотности почвы и известкованию

Группа	Культуры	pH_{KCl}	Отношение растений к кислотности почвы
1	пшеница озимая, свекла, конопля, рапс, клевер, люцерна, райграс, костер, ежа сборная, кострец, капуста, чеснок, лук, сельдерей, смородина	5,8-6,5	наиболее чувствительны к реакции среды
2	пшеница яровая, ячмень, горох, вика, пельюшка, соя, кукуруза, брюква, турнепс, мятылик, лисохвост, овсяница луговая, фасоль, огурцы, салат, тыква, яблоня, вишня, слива, земляника	5,3-6,0	чувствительны к повышенной кислотности, хорошо отзываются на известкование
3	ржань, овес, гречиха, тимофеевка, редис, груша	4,5-6,0	менее чувствительны к повышенной кислотности, положительно отзываются на известкование
4	картофель, лен, люпин, подсолнечник, морковь, томаты	4,8-5,7	легко переносят умеренную кислотность, но плохо нарушение соотношения между калием и кальцием, магнием, бором
5	сераделла, щавель, крыжовник	4,5-5,0	переносят повышенную кислотность, слабо нуждаются в известковании

К первой группе относятся наиболее чувствительные к реакции среды культуры, они требуют известкования в первую

очередь и хорошо развиваются при реакции среды от 5,8 до 6,5 единиц рН. Под люцерну проводят известкование полуторными или двойными дозами. Первую полную дозу вносят под вспашку, вторую полную или половинную – по вспаханной почве и заделяют культиватором. Эта культура хорошо растет при щелочной реакции среды – 7,2-8,0.

Ко второй группе относятся чувствительные к реакции среды культуры, они хорошо отзываются и переносят известкование и развиваются при реакции среды от 5,3 до 6,0 единиц рН.

К третьей группе относятся менее чувствительные к реакции среды культуры, которые могут расти в широком интервале кислотности при кислой и слабощелочной реакции (pH_{KCl} 4,5-7,5). Они хорошо отзываются и переносят известкование. Оптимальная реакция для этих культур от 4,5 до 6,0 единиц рН.

К четвертой группе относятся культуры, которые легко переносят умеренную кислотность, хорошо развиваются при рН от 4,8 до 5,7 и плохо отзываются и переносят известкование.

К пятой группе относятся культуры, переносящие повышенную кислотность. Оптимальная реакция среды для них – от 4,5 до 5,0 единиц рН. Они плохо отзываются и переносят известкование.

Культуры четвертой и пятой групп считаются культурами кислых почв. Под эти культуры известковают только почвы 1, 2, и 3 групп кислотности при рН 5,5 и ниже. Известкование под лен, люпин, картофель лучше проводить за 5 и более лет до их посева. При непосредственном внесении известковых удобрений под лен, картофель или люпин для уменьшения отрицательного действия извести рекомендуют вносить микроэлементы (бор, цинк), повышенные дозы калийных удобрений и проводить известкование материалом, содержащим кальций и магний.

Очень хорошо отзывается на известкование сильно- и среднекислых почв яровой и озимый рапс, а также кормовая свекла, но уровень рН 5,6-6,0 достаточен для получения максимальных урожаев, как и для подавляющего большинства других культур.

Из многолетних трав особенно хорошо отзываются на известкование бобовые и их виды, в частности, клевер красный и, особенно, люцерна, урожай которой на очень кислой почве может уменьшаться в 2-3 раза. Однако и люцерна может отрица-

тельно реагировать на известкование при внесении избыточных доз. В целом же эта культура болезненно реагирует только на сильную кислотность почв и может успешно произрастать в широком диапазоне pH. Есть мнение, что только при pH менее 5,2 в растворе могут появиться ионы Al, которые и угнетают растения клевера, а также люцерны, пшеницы и даже льна.

При оптимальном обеспечении минерального питания даже картофель дает прибавку урожая клубней при известковании до pH 6,0 и более, хотя многочисленные опыты показывают, что картофель относится к культурам, переносящим повышенную кислотность почв, но положительно реагирующими в ряде случаев и на известкование. В целом работы ряда белорусских ученых показали, что кальциефобность картофеля и льна в значительной мере преувеличена. При правильном месте в севообороте и фоне известье действует положительно, а отрицательное действие бывает лишь на слабоокультуренных, малогумусных почвах.

К культурам-кальциефобам традиционно относят и лен-долгунец, но большое количество опытов показывает, что урожай соломы и, реже, семян льна при известковании увеличивается, если нет явного дефицита калия и бора. Отрицательное же воздействие близкой к нейтральной реакции почвенной среды на эту культуру связывают с избыточным поступлением в растения азота и кальция, поэтому дозы азота не должны превышать 20 кг/га. Опыты, проведенные Институтом почвоведения и агрохимии, показали, что при pH 6,0-6,2 урожайность соломы, семян льна была такой же, как и при pH 5,3-5,6 и выше, чем при pH 4,8-5,0. Выход длинного волокна даже при такой величине pH может быть более 25%.

При недостатке извести у льна развивается фузариоз, при избытке – бактериоз. Проведенные российскими учеными специальные наблюдения за физиологическими параметрами льна показали, что в очагах угнетения pHсол достигает 6,7-7,7 (под здоровыми растениями 5,8-5,9), то есть основной причиной заболеваний является сильное переизвесткование, которого не бывает при известковании традиционными дозами.

По чувствительности к кислотности различают не только сельскохозяйственные культуры, но и их сорта. Особенно сорта ячменя, яровой пшеницы, кукурузы, гороха, клевера, люцерны.

Сорта южного происхождения, сформировавшиеся на почвах с нейтральной реакцией среды, более чувствительны к кислотности, чем сорта, сформировавшиеся в условиях кислой реакции среды.

Для того, чтобы земледелие было эффективным, необходимо стремиться достигать оптимальных значений кислотности, которые зависят от типа, гранулометрического состава почвы и набора культур в севообороте (табл. 5.1.4).

Таблица 5.1.4 – Оптимальные уровни реакции почвенной среды для различных севооборотов

Почвы	В среднем	В том числе по типам севооборотов		
		с ольном, картофелем, люпином, рожью, овсом	зерно-травяно-пропашные с кукурузой и корнеплодами	зерно-травяно-свекловичные, прифермские, овощекормовые
Дерново-подзолистые:				
песчаные	5,3-5,8	5,3-5,5	5,5-5,8	5,5-5,8
супесчаные	5,5-6,2	5,5-5,8	5,6-6,0	5,8-6,2
суглинистые	5,5-6,7	5,3-6,0	6,1-6,5	6,5-6,7
Торфяно-болотные	5,0-5,3	-	-	-
Минеральные почвы сенокосов и пастбищ	5,8-6,2	-	-	-

В настоящее время в производственных условиях дозу извести (CaCO_3) определяют по таблице (табл. 5.1.5).

Дозы извести, определенные по величине обменной кислотности, установлены экспериментально и зависят от типа почвы, гранулометрического состава почвы и от содержания в ней гумуса. Чем тяжелее почва и больше в ней гумуса, тем больше требуется извести для изменения ее реакции.

Дозы извести, представленные в таблице, рассчитаны на глубину пахотного горизонта 0-25 см. При глубине пахотного горизонта более 25 см доза извести увеличивается на 10%. В севооборотах с капустой и столовой свеклой дозы извести рекомендуют увеличивать на 30%.

Таблица 5.1.5 – Средние дозы извести (CaCO_3) для известкования кислых почв, т/га

Почвы	Содер- жание гумуса, %	Обменная кислотность, pH KCl					
		4,25 и < 4,50	4,51- 4,75	4,76- 5,00	5,01- 5,25	5,26- 5,50	5,71- 5,75
Дерново-подзолистые песчаные	< 1,5	5,0	4,5	4,0	3,5	2,5	-
	1,51-3,0	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5	-
	> 3,0	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5
рыхлосупесчаные	< 1,5	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5	2,5*
	1,51-3,0	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5
	> 3,0	6,5	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0
связно-супесчаные	2,0 и <	6,5	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0
	> 2,0	7,5	7,0	6,5	6,0	5,5	4,5
	2,0 и <	8,0	7,5	7,0	6,5	6,0	5,0
легко и среднесуг- линистые	> 2,0	9,0	8,5	8,0	7,5	7,0	6,0
	любое	10,0	9,5	9,0	8,5	8,0	7,0
тяжелосуглинистые и глинистые	-	8,0 (12)*	6,5	5,0	3,0	-	-
	-	13,0	10**	7,5**	5,0**	-	-
Горфино-болотные	-	(19)**					

Примечание: 0* – для почв с pH 4,0 и ниже;

** – для почв с уровнем загрязнения 1-4,9 Кн/км² по цезию-137 или 0,15-0,29 Кн/км² по строн-
цию-90.

При проведении известкования в зимних условиях дозы известки, определенные по таблице, увеличивают на 20%. Зимой проводят только поддерживающее известкование, т.е. известкуют почвы только 3 и 4 группы кислотности.

Физическая масса вносимых известковых удобрений определяется с учетом содержания в них действующего вещества (карбонатов), а также их влажности и гранулометрического состава по следующим формулам:

при использовании твердых мелиорантов (доломит, известняк):

$$\Delta\phi = \frac{\Delta \cdot 100 \cdot 100 \cdot 100}{M \cdot (100 - B) \cdot (A_1 + 0,7 \cdot A_2 + 0,5 \cdot A_3 + 0,2 \cdot A_4)}, \quad (4)$$

где $\Delta\phi$ – физическая масса мелиоранта, т/га;

Δ – расчетная доза CaCO_3 на картограмме кислотности, т/га;

M – содержание кальция и магния в пересчете на CaCO_3 , % на сухое вещество;

B – содержание влаги в известковом материале, %;

A_1 – доля частиц менее 1 мм, %;

A_2 – доля частиц менее 1-3 мм, %;

A_3 – доля частиц менее 3-5 мм, %;

A_4 – доля частиц менее 5 мм, %;

0,7, 0,5, 0,2 – нейтрализующая способность частиц в сравнении с размером частиц менее 1 мм;

при использовании дефеката, карбонатного сапропеля, мела:

$$\Delta\phi = \frac{\Delta \cdot 100 \cdot 100 \cdot 100}{M \cdot (100 - B) \cdot 0,8} \quad (5)$$

других мягких мелиорантов:

$$\Delta\phi = \frac{\Delta \cdot 100 \cdot 100}{M \cdot (100 - B)} \quad (6)$$

применительно к доломитовой муке, у которой содержание частиц менее 1 мм приближается к 100%, а влажность незначительна:

$$\Delta\phi = \Delta : 0,95 \quad (7).$$

Показатели качества известкового материала (содержание действующего вещества, влаги и недеятельных частиц) имеются в паспорте на удобрение.

Дозу извести можно рассчитать и по сдвигу pH_{KCl} от внешней тонны CaCO_3 (табл. 5.1.6). Средний норматив сдвига от 1 т/га CaCO_3 : песчаные – 0,14; супесчаные – 0,12; суглинистые – 0,10; торфяно-болотные – 0,08.

Таблица 5.1.6 – Обобщенные нормативы расхода CaCO_3 для сдвига реакции среды основных почв Беларуси на 0,1 pH

Группы почв	Исходная величина pH в KCl	Расход CaCO_3 (т/га) для сдвига на 0,1 pH	Сдвиг pH от 1 т/га CaCO_3	Прогнозируемая величина pH от применения рекомендуемых доз
Дерново-подзолистые суглинистые	4,5 и ниже	0,75	0,13	5,0 – 5,6
	4,51 – 5,0	0,87	0,11	5,3 – 5,8
	5,01 – 5,5	1,10	0,09	5,6 – 6,1
	5,51 – 6,0	1,38	0,07	5,8 – 6,3
Дерново-подзолистые супесчаные	4,5 и ниже	0,68	0,15	4,9 – 5,5
	4,51 – 5,0	0,79	0,13	5,2 – 5,7
	5,01 – 5,5	1,00	0,10	5,5 – 6,0
Дерново-подзолистые песчаные	4,5 и ниже	0,61	0,16	4,8 – 5,4
	4,51 – 5,0	0,72	0,14	5,1 – 5,6
	5,01 – 5,5	1,12	0,09	5,3 – 5,8
Торфяно-болотные	4,0 и ниже	0,99	0,10	4,6 – 5,2
	4,01 – 4,5	1,20	0,08	4,6 – 5,2
	4,51 – 5,0	1,62	0,06	4,8 – 5,2

Из большого количества форм известковых материалов основным, безраздельно доминирующим в республике, является в настоящее время доломитовая мука. Ее основное достоинство – наличие наряду с кальцием и магнием, недостаток которого часто играл негативную роль в процессе роста и развития культурных растений, особенно на легких почвах. Именно использование доломитовой муки позволило практически решить проблему обеспечения растений магнием.

С позиций агрономической эффективности и влияния на кислотность почв различные формы известковых мелиорантов

близки между собой. Некоторое преимущество доломитовой муки обычно наблюдалось в опытах лишь на легких почвах за счет улучшения питания растений магнием.

Кроме доломитовой муки из других видов извести сколько-нибудь существенную роль играет в Беларуси в настоящее время только дефекат, частичная замена которым доломитовой муки является эффективным путем энергосбережения, так как он является отходом свеклосахарного производства, который необходимо утилизировать. На сахарных заводах республики ежегодно накапливается более 120 тыс. тонн дефеката, использование которого позволит решать и экологические проблемы утилизации отходов. Последние исследования показали отсутствие потенциальной биотоксичности дефеката и незначительное (меньше, чем в доломитовой муке) содержание тяжелых металлов. Проведение известкования почв дефекатом значительно (в отдельных случаях до 3 раз) дешевле, чем доломитовой мукой.

Работы по известкованию кислых почв проводятся в соответствии с проектно-сметной документацией, разработанной областной проектно-изыскательской станцией химизации сельского хозяйства (ОПИСХ) с учетом требований Инструкции и материалов почвенно-агрохимических обследований.

Проектно-сметная документация составляется в 4-х экземплярах до 31 декабря предшествующего года и передается по одному экземпляру сельскохозяйственной организации и РО «АгроСервис», два экземпляра – ОПИСХ.

Известкование кислых почв осуществляется в течение календарного года РО «АгроСервис». Внесение известковых материалов проводится после уборки основного и побочного урожая возделываемой культуры. Сельскохозяйственные земли, находящиеся в водоохраных зонах, известкованию не подлежат.

Повторное известкование пахотных почв и перезалужаемых земель разрешается не ранее чем через 4 года после проведения их агрохимического обследования.

В техническом плане внесение известковых удобрений может осуществляться по различным технологиям в зависимости от свойств известкового материала: перегрузочной, прямоточной и перевалочной. Пылевидная доломитовая мука вносится по двум технологическим схемам: прямоточной и перегрузочной.

Более детально данный вопрос будет рассмотрен в главе 17 «Технология хранения, подготовки и внесения удобрений».

5.2. Особенности известкования почв в севооборотах и других угодьях

Известкование в севооборотах. Периодичность проведения известкования в севооборотах рекомендуется с интервалом 4-6 лет с корректировкой доз извести по результатам агрохимических анализов почв на кислотность.

В первую очередь должны известковаться почвы пахотных земель 1 и 2 групп кислотности, а также почвы, загрязненные радионуклидами. На почвах 1 и 2 групп кислотности отдача от известкования наиболее высокая. Затем известковаются почвы 3 группы кислотности, где существенно ниже прибавки урожайности, и суглинистые почвы 4 группы кислотности, где прибавки урожая неустойчивы и могут отсутствовать вообще.

Обязательно учитываются биологические особенности сельскохозяйственных культур, т.е. их отношение к кислотности и известкованию. В первую очередь известковаются поля севооборота, отводящиеся под культуры 1 и 2 групп по отношению к кислотности почв.

В полевых севооборотах с зерновыми культурами и многолетними травами известкование проводят полными дозами. Всю дозу известкового удобрения рекомендуется вносить под покровную культуру, под которую подсеваются многолетние травы, или под предшественник озимых или яровых культур, под которые подсеваются многолетние травы.

В севооборотах с картофелем, льном и люпином известкование рекомендуется проводить только почв с pH 5,5 и менее. Известковые удобрения лучше вносить за пять и более лет до их посева или непосредственно под эти культуры. При проведении известкования непосредственно под эти культуры рекомендуется:

- в первые три года после проведения известкования увеличивать дозы калийных удобрений на 20%;
- применять микроудобрения: борные, медные и цинковые;

- из имеющихся в хозяйстве форм минеральных удобрений отдавать предпочтение физиологически кислым;
- в качестве известкового удобрения использовать доломитовую муку (т.к. наряду с кальцием содержит кальций и магний);
- учитывать гранулометрический состав почвы (на легких почвах вносить $\frac{1}{2}$ - $\frac{2}{3}$ дозы извести, на связных – $\frac{3}{4}$ или полную дозу извести).

В севооборотах с капустой, столовой, кормовой или сахарной свеклой известкование рекомендуется проводить под их предшественники или непосредственно под эти культуры. При возделывании в этих севооборотах многолетних трав известкование проводят под покровную культуру.

Известь считается мелиорантом длительного действия, поэтому ее внесение допускается на любом поле севооборота. Лучший срок внесения извести в севооборотах – осень, так как весной работы по известкованию затрудняются распутицей и недостатком времени до посева ранних культур. Эффективно летнее известкование, однако, отсутствие свободных площадей ограничивает объемы работ. Вполне допустимым является зимнее внесение доломитовой муки. Оно имеет даже определенные преимущества, заключающиеся в обилии свободных площадей, низкой зимней загруженности технических средств по внесению, транспортировке и погрузке. Внесенная зимой известь почти не сносится талыми водами и способствует таянию снега. Зимнее известкование не уступает другим срокам лишь при соблюдении ряда условий. Известкование в зимних условиях проводится на ровных площадях с уклоном не более 3^0 , при глубине снежного покрова не более 25 см, при отсутствии ледяной корки и снежного наста, на незатопляемых весенними паводками землях, при скорости ветра, не превышающей 5 м/сек. Запрещается вносить пылевидные известковые удобрения на замерзшие, не покрытые снегом пахотные земли, т.к. ветер очень ухудшает равномерность их внесения. В зимних условиях целесообразно проводить лишь поддерживающее известкование (почвы 3-4 групп), а почвы 1-2 групп кислотности известковать не рекомендуется.

При организации круглогодичного известкования необходимо руководствоваться следующими принципами. В теплый

период года (летом, ранней осенью) известкование проводят на холмистых участках и переувлажненных почвах. Более сухие и ровные участки, поля с легкими дренированными почвами следует известковать поздней осенью и ранней весной. Незанятые под посевами поля известкуют в июне-июле.

По поверхности поля, независимо от вида разбрасывателя, известковые удобрения вносят поверхностью разбросным способом с быстрой заделкой в почву. В течение нескольких дней известь должна быть по возможности равномерно перемешана с пахотным горизонтом.

Известковые удобрения в почве лучше распределяются при заделке их дисковыми боронами или культиватором. Нежелательно внесение извести под вспашку, так как значительная часть извести может попасть ниже слоя основного распространения корней многих культурных растений.

Основным руководством при проведении известкования не загрязненных почв должно быть получение максимальной агрономической и энергетической отдачи.

Известкование сенокосов и пастбищ. Большинство почв луговых земель Беларуси имеет от природы кислую реакцию почвенной среды, что часто является лимитирующим фактором в повышении продуктивности сенокосов и пастбищ. Хотя травянистая растительность способствует развитию дернового почвообразовательного процесса, ведущего к накоплению щелочноземельных металлов в корнеобитаемом слое, но процессы выщелачивания преобладают над процессами аккумуляции. Единственным коренным приемом оптимизации кислотности почв является их известкование.

Известкование сенокосов и пастбищ, кроме повышения урожая сена и пастбищного корма, существенно обогащает почву кальцием и магнием, которых травы потребляют очень много, снижает содержание подвижных алюминия, железа, марганца, улучшает физические свойства почвы. В дополнение к этому на луговых землях известкование снижает темпы вырождения травостоев, способствует повышению содержания в них ценных видов трав, повышает питательную ценность корма за счет улучшения ботанического и химического составов, особенно в бобово-злаковых травостоях.

Внесение извести способствует также лучшей перезимовке трав. Так, в опытах на известкованном фоне весной следующего года проекционное покрытие трав составляло 70-80%, а на фоне без извести травы покрывали только 40-50% площадей.

Важным аргументом в пользу необходимости известкования луговых земель является и тот факт, что многолетние сеяные травы относятся к высокочувствительным к внесению извести: 1 т CaCO_3 дает повышение продуктивности при возделывании многолетних злаковых трав примерно в 1,5 раз выше, чем при возделывании зерновых культур.

Так как агрономическая эффективность известкования на луговых землях выше, чем при возделывании большинства полевых культур, то известкование почв 1-3 групп кислотности должно быть обязательным приемом.

Известкование луговых земель имеет свои особенности:

1. Отсутствие ежегодных обработок почвы. Это затрудняет взаимодействие доломитовой муки, труднорастворимой по своей природе, с пахотным горизонтом почвы. Из-за этого наблюдается низкая эффективность известкования при часто практикующемся поверхностном внесении;

2. Видовой состав трав. Различные травы по-разному отзываются на изменение кислотности почвы. Многолетние травы, как и большинство других сельскохозяйственных культур, являются требовательными к реакции почвенной среды. Наиболее чувствительны к кислотности почвы люцерна, донник, эспарцет, клевера розовый и белый; умеренно чувствительны к кислотности клевер красный и злаковые травы костер безостый, ежа сборная, овсяница луговая, лисохвост луговой, тимофеевка луговая и др.

Многолетние травы в чистых посевах и травосмесях не в одинаковой мере реагируют на почвенную кислотность. В травосмесях на кислых почвах обостряется конкуренция отдельных видов трав.

В производственных условиях дозу извести для известкования сенокосов и пастбищ определяют по таблице на основании исходного уровня обменной кислотности (pH_{KCl}), типа почвы, гранулометрического состава почвы и плотности загрязнения территории радионуклидами (табл. 5.2.1).

Таблица 5.2.1 – Средние дозы известковых удобрений (т/га CaCO_3) для известкования кислых почв сенокосов и пастбищ

Группы почв	рН солевой вытяжки						
	4,25 и < 4,50	4,26- 4,75	4,51- 5,00	4,76- 5,25	5,01- 5,50	5,26- 5,75	5,51- 6,00
Незагрязненные радионуклидами земли							
Песчаные	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5	-
Рыхлосупесчаные	6,5	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0	-
Связносупесчаные	7,5	7,0	6,5	6,0	5,5	4,5	-
Легко- и среднесуглинистые	9,0	8,5	8,0	7,5	7,0	6,0	4,0
Тяжелосуглинистые и глинистые	10,0	9,5	9,0	8,5	8,0	7,0	5,0
Торфяные (12,0)	8,0	6,5	5,0	3,0	-	-	-
Плотность загрязнения $\text{Cs-137} - 1,0-5,0, \text{Sr-90} - 0,15-0,30 \text{ Кн/км}^2$							
Песчаные	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5	-
Рыхлосупесчаные	6,5	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5
Связносупесчаные	7,5	7,0	6,5	6,0	5,5	4,5	4,0
Суглинистые и глинистые	8,0	8,5	8,0	7,5	7,0	6,0	5,0
Торфяные (19,0)	13,0	10,0	7,5	5,0	-	-	-
Плотность загрязнения $\text{Cs-137} - 5,0-40,0, \text{Sr-90} - 0,3-3,0 \text{ Кн/км}^2$							
Песчаные	9,0	8,5	7,5	6,5	5,5	4,5	-
Рыхлосупесчаные	11,0	10,0	9,5	8,5	7,5	7,0	4,5
Связносупесчаные	13,0	11,5	11,0	10,0	8,5	7,0	5,5
Суглинистые и глинистые	16,0	15,0	14,0	13,0	12,0	10,5	7,0
Торфяные (19,0)	13,0	10,0	7,5	5,0	-	-	-

Из известковых удобрений при известковании сенокосов и пастбищ предпочтение отдают доломитовой муке.

На почвах луговых земель в отсутствие ежегодных обработок почвы на эффективность известкования влияет способ заделки мелиоранта в почву. Максимальная эффективность известкования достигается при внесении мелиоранта под культивацию, а также под дисковые бороны в несколько следов или под культивацию в сочетании со вспашкой, минимальная – при поверхностном внесении. Рекомендуется внесение извести – под предпосевную культивацию. Поэтому при очередном залужении или коренном улучшении известкование должно быть обязательным приемом. Поверхностное известкование луговых земель в принципе недопустимо. Исключение – отдельные кислые участки пойменных лугов в зоне радиоактивного загрязнения, где проведение полноценного залужения затруднено.

Первую полную дозу известковых удобрений следует вносить вразброс перед вспашкой почвы. Вторую половинную или полную дозу вносят по вспаханной почве с заделкой культиватором. При такой технологии известкования под люцерну обеспечивается двухслойное размещение в почве известковых удобрений и более глубокая по профилю почвы нейтрализация кислотности. Это очень важно, так как люцерна имеет хорошо развитую корневую систему. При проведении известкования следует использовать доломитовую муку.

В многолетних насаждениях плодовых и ягодных культур известкование почвы следует проводить доломитовой мукой в следующей последовательности. Первое внесение извести производится полной дозой перед вспашкой при подготовке почвы под посадку сада или ягодников. Затем известковые удобрения при необходимости вносятся в посадочные ямы, лунки, борозды при посадке садов и ягодников в рекомендуемых дозах. После посадки молодые сады и ягодники следует известковать через 5-6 лет после анализа почвы на кислотность.

В плодоносящих насаждениях известкование можно проводить с интервалом 5-6 лет, уточняя дозу извести по результатам анализа почвы на кислотность. Вносятся известковые удобрения вразброс на всю площадь междуурядий по вспаханной почве и заделываются культиватором или дисковой бороной.

Известкование почв при загрязнении их радионуклидами. Известкование кислых почв является весьма важным и эффективным приемом снижения поступления радионуклидов из почвы в растения. На кислых почвах радионуклиды поступают в растения в значительно больших количествах, чем на слабокислых, нейтральных или слабощелочных. Содержание радионуклидов в растениях может меняться в зависимости от уровня кислотности до 2 раз.

Проведенными исследованиями установлено, что от внесения известковых удобрений в дозах, рассчитанных по гидрологической кислотности, содержание стронция-90 и цезия-137 в растениеводческой продукции снижается в 1,5-2,5 раза, а в ряде случаев в 3 раза. Дальнейшее повышение доз извести в меньшей степени влияет на снижение поступления радионуклидов в растения.

Минимальное накопление радионуклидов наблюдается при оптимальных показателях реакции почвенной среды (pH_{KCl}), которые для суглинистых почв соответствуют 5 группе кислотности, супесчаных почв – 4-5 группе, песчаных и торфяно-болотных почв – 4 группе кислотности.

К загрязненным радионуклидами почвам, на которых требуется дополнительное внесение известковых удобрений, относятся почвы с уровнем загрязнения 1,0-40,0 КИ/км² по цезию-137 и 0,15-3,0 КИ/км² по стронцию-90.

При проведении известкования и внесении минеральных удобрений выделяют 3 уровня плотности загрязнения почв радионуклидами (табл. 5.2.2).

Таблица 5.2.2 – Уровни загрязнения почв радионуклидами

Уровни загрязнения почв радионуклидами	Содержание радионуклидов, КИ/км ²	
	цезия (Cs-137)	стронция (Sr-90)
чистые	менее 1	менее 0,15
1	1-5	0,15-0,3
2	5-15	0,3-1,0
3	15-40	1,0-3,0
выведены из с.-х. производства	более 40	более 3,0

На почвах с первым уровнем загрязнения радионуклидами (цезий 1-4,9 КИ/км², стронций 0,15-0,29 КИ/км²) известкование проводится в соответствии с «Инструкцией о порядке известкования...», 2008 г., также, как и на незагрязненных почвах (табл. 5.1.5).

Дозы извести увеличиваются только на торфяно-болотных почвах на 2-7 т/га в зависимости от кислотности почвы и дополнительно известковаются рыхлосупесчаные почвы с рН_{КС1} 5,51-5,75 (2,5-3,5 т/га в зависимости от содержания гумуса) и связно-супесчаные почвы с рН_{КС1} 5,51-6,0 (3-4 т/га в зависимости от содержания гумуса и кислотности).

Для второго и третьего уровней загрязнения радионуклидами (цезий 5-40 КИ/км², стронций 0,3-3 КИ/км²) дозы извести устанавливаются из расчета доведения реакции почвенной среды до оптимального уровня за один прием и определяются по отдельной таблице (табл. 5.2.3).

В первую очередь известковают почвы первой и второй групп кислотности. Если доза извести больше 8 т/га, удобрения вносят в два приема: половину – вразброс перед вспашкой, вторую половину – по вспаханной почве перед глубокой культивацией. Дозы менее 8 т/га рекомендуется вносить в один прием по вспаханной почве под глубокую культивацию.

Средние дозы известковых удобрений для известкования кислых почв сенокосов и пастбищ с различным уровнем загрязнения радионуклидами дифференцированы в зависимости от кислотности почвы, типа почвы и гранулометрического состава почвы (табл. 5.2.1).

Известкование проводится при очередном залужении или коренном улучшении. При коренном улучшении производится запашка дернины, а при перезалужении – фрезерование дернины на глубину 8-10 см, чтобы запаханные ранее радионуклиды остались в более глубоких слоях почвы. Известковые удобрения при коренном улучшении вносятся по вспаханной почве и заделываются под культивацию, допускается заделка известковых удобрений дисковой бороной в несколько следов, при перезалужении – перед фрезерованием дернины. Из известковых удобрений лучше использовать доломитовую муку.

Таблица 5.2.3 – Средние дозы известковых удобрений (т/га CaCO_3) для известкования кислых почв пахотных земель при плотности загрязнения радионуклидами 5,0-40,0 Ки/км² по Cs-137 или 0,30-3,0 Ки/км² по Sr-90

Группы почв	Содержание гумуса, %	рН солевой вытяжки					
		4,25 и < 4,50	4,26-4,51 и < 4,75	4,76-5,01 и < 5,25	5,26-5,51 и < 5,75	5,51-5,76 и < 6,00	-
Песчаные	< 1,5	8,0	7,5	6,5	4,5	3,5	-
	1,51-3,00	8,5	8,0	7,0	6,0	4,0	-
	> 3,00	9,0	8,5	7,5	6,5	4,5	-
Рыхлосупесчаные	< 1,5	10,0	9,0	8,5	7,0	5,5	5,0
	1,51-3,00	10,5	9,5	9,0	8,0	6,5	6,0
	> 3,00	11,0	10,0	9,5	8,5	7,5	7,0
Связносупесчаные	2,0 и < 2,0	12,0	10,5	10,0	9,0	8,0	6,5
	> 2,0	13,0	11,5	11,0	10,0	8,5	7,0
	Легко- и среднесуглинистые	15,0	14,0	13,0	12,0	11,0	9,5
Торфяные	> 2,0	16,0	15,0	14,0	13,0	12,0	10,5
	-	13,0 (19)	10,0	7,5	5,0	-	-

Примечание: (19,0) – для почв с рН 4,0 и ниже.

Основной целью в загрязненной радионуклидами зоне является не энергосбережение и наибольшая агрономическая отдача от извести, а максимально возможное снижение поступления радионуклидов в растениеводческую продукцию.

Природоохранное значение известкования почв. Агрономическое значение известкования почв как фактора повышения урожайности и оптимизации реакции среды в почве общеизвестно. Этот прием нашел широкое применение в земледелии и наука постоянно ищет пути его совершенствования и повышения эффективности. Как природоохранному фактору известкованию почв уделяется гораздо меньше внимания, хотя в современных условиях это не менее важно. Академик К.К. Гедройц еще в 1931 году писал: «В самом деле на известкование нельзя смотреть лишь как на меру поднятия урожайности почвы: значение его гораздо шире: как мною доказано и много раз указывалось, углекислый кальций, внесенный в почву в достаточном количестве (во всяком случае в количестве, большем, чем это нужно для создания оптимальных условий урожайности), предохраняет почву (в условиях достаточно влажного климата) от неминуемого в противном случае разрушения почвы и именно ее наиболее ценной для человека части – поглощающего комплекса».

Исследования в длительных полевых опытах и практика земледелия свидетельствуют о постоянном восстановлении устраняемой известкованием избыточной кислотности почвы. Этому способствуют:

- процессы разложения в почве органических остатков, приводящие к образованию органических кислот. Например, по расчетам немецких специалистов, при разложении ботвы свеклы образуется такое количество органических кислот, для нейтрализации которых необходимо более 1 т углекислого кальция;

- корневые выделения, а также многие биохимические процессы в почве;

- выпадение «кислых» дождей;
- интенсификация земледелия;

- вымывание кальция и магния из корнеобитаемого слоя с инфильтрационными водами. Ежегодно из дерново-подзолистых пахотных почв Беларуси вымывается 64-78 кг/га окиси кальция

и 13-25 кг/га окиси магния. На торфяно-болотных почвах соответственно 122 и 17 кг/га. Практически только известкование может компенсировать естественные потери кальция и магния из корнеобитаемого слоя. Органические удобрения эту функцию могут выполнить лишь при внесении высоких доз не менее 25-30 т/га ежегодно.

Известкование является приемом, регулирующим интенсивность и направленность процессов разложения органического вещества в почве, предохраняющим гумус от выщелачивания из пахотного слоя, так как кальций переводит гуминовые кислоты в более устойчивые соединения – гуматы кальция. Это способствует консервации некоторой части органического вещества и накоплению гумуса в почвах.

Важнейшая природоохранная функция известкования почв состоит в улучшении ее фосфатного и азотного режимов при оптимизации реакции среды в почве. Причем это действие, особенно касающееся улучшения фосфатного режима, очень продолжительно. Поэтому на произвесткованных почвах можно на 15-20% снижать дозы азотных и фосфорных удобрений. Улучшение азотного питания на произвесткованных почвах весьма существенно и это необходимо учитывать при определении доз азотных удобрений, иначе неизбежно ухудшение качества продукции. Кроме того, из произвесткованных почв на 20-40% уменьшается вымывание калия.

На почвах с очень кислой реакцией среды, в которых много активного алюминия, внесение минеральных удобрений без известкования неэффективно и даже опасно: могут загрязняться поверхностные и инфильтрационные воды, так как питательные элементы растения используют очень слабо. Урожай на таких почвах вообще может погибнуть, а эффективность полного минерального удобрения (NPK) при оптимальной реакции среды в почве может удваиваться и утраиваться. Поэтому внесение минеральных удобрений на почвах с очень кислой реакцией среды без предварительного известкования должно быть запрещено.

Известкование почв снижает засоренность посевов, а иногда и поражаемость растений болезнями.

Близкая к нейтральной реакция почвенной среды в корнеобитаемом слое почвы необходима для активной жизнедеятель-

ности дождевых червей, улучшающих условия аэрации, фильтрации и способствующих образованию водопрочных агрегатов.

При техногенном загрязнении почв токсичными элементами, особенно тяжелыми металлами и радионуклидами, известкование высокими дозами извести в 2-3 и более раза снижает их поступление в растения.

Защитное действие извести на почвах с высоким содержанием токсичных элементов проявляется в виде позитивных изменений в почвенной системе на разных уровнях – химическом, физическом и биологическом – и выражается следующими закономерностями:

- известковые материалы образуют с катионами тяжелых металлов и радионуклидов труднорастворимые соли: $\text{TM}^{2+} + \text{CaCO}_3 \rightarrow \text{TMCO}_3 \downarrow + \text{Ca}^{2+}$;

- при нейтрализации почвенной среды возрастает прочность металлоорганических комплексов, усиливаются некоторые физико-химические процессы, способствующие сорбции металлов, и, следовательно, увеличивается их поглощение;

- нейтральная или близкая к нейтральной реакция среды стимулирует активность почвенной микрофлоры, способной включать катионы тяжелых металлов и радионуклидов в состав своей биомассы. Если процессы образования органического вещества интенсивнее минерализации, то происходит долговременное закрепление токсичных элементов;

- кальций и другие катионы, содержащиеся в известковых материалах, являются антагонистами катионов токсичных элементов.

Применение известковых удобрений в рыбоводном хозяйстве необходимо для нейтрализации кислотности атмосферных осадков и поддержания в водоемах оптимальной реакции воды.

На очереди известкование лесных угодий, так как «кислые» дожди могут нанести непоправимый вред древесной растительности.

Глава 6. ОРГАНИЧЕСКИЕ УДОБРЕНИЯ В СИСТЕМЕ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ

6.1. Определение потребности хозяйства в органических удобрениях

В общем балансе элементов питания, вносимых ежегодно в земледелии РБ, на долю органических удобрений приходится 30-40%. Около 75% от внесенного количества органических удобрений минерализуется и участвует в питании растений, а 25% гумифицируется и восполняет потери гумуса при возделывании сельскохозяйственных культур.

С интенсификацией земледелия резко повышается роль органических удобрений в обеспечении положительного баланса гумуса, питательных элементов в почве, а также в существенном улучшении ее физических, физико-химических и биологических свойств.

Потребность хозяйства в органических удобрениях определяется потребностью в органических удобрениях всех сельскохозяйственных угодий: пашни, сада, сенокосов и пастбищ и др. угодий. Необходимое для пашни количество органических удобрений определяется по нормативам ее потребности для достижения бездефицитного и положительного баланса гумуса.

Бездефицитный баланс гумуса – внесенные органические удобрения обеспечивают поддержание содержания гумуса на достигнутом уровне, т.е. компенсируют минерализованное органическое вещество почвы.

Положительный баланс гумуса – внесенные органические удобрения способствуют постепенному повышению содержания гумуса, т.е. органических удобрений вносится больше, чем их требуется для компенсации минерализованного органического вещества.

Минимальная потребность пашни в органических удобрениях определяется количеством, необходимым для восполнения потерь органического вещества почвы в результате минерализации, т.е. для поддержания бездефицитного баланса гумуса. Для обеспечения бездефицитного баланса гумуса в пахотных почвах республики среднегодовая потребность в органических

удобрениях составляет 12,0 т/га, или 57 млн.т. В настоящее время (2010 г.) на пашне внесено 8,9 т/га. Эти данные свидетельствуют о дефицитном балансе гумуса в пахотных почвах.

Нормативы потребности в органических удобрениях для достижения бездефицитного баланса гумуса зависят от гранулометрического состава почвы, количества пропашных культур и многолетних трав в структуре посевных площадей (табл. 6.1.1).

Таблица 6.1.1 – Нормативы потребности в органических удобрениях для поддержания бездефицитного баланса гумуса в дерново-подзолистых пахотных почвах

Почвы	% пропашных культур											
	10				20				30			
	% многолетних трав											
	15	20	30	40	15	20	30	40	15	20	30	40
Суглинистые	10	9	7	6	14	13	11	10	16	15	13	12
Супесчаные	12	11	9	8	16	15	13	12	18	17	15	14
Песчаные	14	13	11	10	19	18	16	15	-	-	-	-

Дозы органических удобрений повышаются при облегчении гранулометрического состава почвы и при увеличении количества пропашных культур в структуре посевных площадей. При повышении процента многолетних трав в структуре пашни потребность в органических удобрениях, наоборот, уменьшается.

Нормативы дополнительной потребности в органических удобрениях для достижения положительного баланса гумуса зависят от исходного содержания гумуса в почвах и гранулометрического состава почвы (табл. 6.1.2).

При расчете потребности в органических удобрениях для сада и многолетних насаждений исходят из того, что их вносят в дозе 30-60 т/га раз в 2-3 года, т.е. ежегодно – 15-20 т/га.

Органические удобрения на сенокосах и пастбищах вносят при коренном их улучшении и при перезалужении. Коренное улучшение проводится для естественных сенокосов и пастбищ. Оно заключается в удалении кустарника, камней, кочек, внесении минеральных, органических и известковых удобрений и посеве трав.

Таблица 6.1.2 – Нормативы дополнительной потребности в органических удобрениях для достижения положительного баланса гумуса, т/га

Содержание гумуса, %	Гранулометрический состав почвы			
	суглинистые	супесчаные, подстилаемые мореной	супесчаные, подстилаемые песком	песчаные
До 1,50	3,0	3,4	3,8	4,3
1,51 - 2,00	2,0	2,3	2,6	3,0
2,01 - 2,50	1,0	1,2	1,4	1,7
> 2,50	0,5	0,6	-	-

Коренному улучшению обычно подлежит не вся площадь естественных кормовых угодий, а 15-20%, и это зависит от возможностей хозяйства. При коренном улучшении вносят 30-50 т/га органических удобрений.

Перезалужение проводится для улучшенных сенокосов и пастбищ один раз в 4-5 лет. Чтобы улучшенные сенокосы и пастбища оставались улучшенными, их необходимо периодически перезалуживать. Перезалужение заключается во внесении минеральных, органических и известковых удобрений и пересева или подсева трав. Перезалужению подлежит не вся площадь лугопастбищных угодий, а 15-20% площади. Органические удобрения вносятся в дозе 30-50 т/га в том случае, если содержание гумуса менее 2,5%. Дозу органических удобрений при внесении на сенокосах и пастбищах можно откорректировать по рекомендациям М.П. Шкеля (табл. 6.1.3).

Таблица 6.1.3 – Дозы органических удобрений на сенокосах и пастбищах (по рекомендациям М.П. Шкеля)

Содержание гумуса в дерново-подзолистой почве, %	Доза органических удобрений на сенокосах и пастбищах, т/га
3 - 4	до 30
2 - 3	30 - 40
1,5 - 2	40 - 50
менее 1,5	50 - 60

Пример расчета. В хозяйстве из 680 га улучшенных сенокосов и пастбищ 510 га размещены на дерново-подзолистых почвах с содержанием гумуса менее 2,5 %, 170 гектаров – с содержанием гумуса более 2,5 %. В таком случае потребность в органических удобрениях для культурных сенокосов и пастбищ составит 3060 т:

$$\frac{510 \text{га} \cdot 20\% \cdot 30 \text{м} / \text{га}}{100\%} = 3060 \text{т} \quad (8)$$

При подготовке почвы под посев люцерны и козлятника (обычно эти культуры выведены из севооборота) рекомендуется вносить по 40-50 т/га органических удобрений.

Насыщенность органическими удобрениями для кукурузы в монокультуре устанавливается на уровне 20-30 т/га.

Общая потребность хозяйства в органических удобрениях определяется как сумма потребности по всем объектам.

6.2. Определение накопления органических удобрений в хозяйстве

Правильный учет применения органических удобрений позволяет грамотно распорядиться имеющимися ресурсами органических и минеральных удобрений, прогнозировать на перспективу продуктивность сельскохозяйственных культур и динамику почвенного плодородия, в первую очередь содержания гумуса.

Учет применения органических удобрений ведется на уровне хозяйства, района, области, республики.

Накопление или выход навоза в хозяйстве можно рассчитать по формулам:

$$H = (K + \Pi) \times 2, \quad (9) \quad H = (K:2 + \Pi) \times 4, \quad (10) \quad H = N \times 25, \quad (11)$$

где H – накопление навоза, кг или т;

K – количество корма, кг или т;

Π – количество подстилки, кг или т;

$K:2$ – количество сухого вещества корма, переходящее в навоз, т;

N – масса стада, кг или т;

2, 4, 25 – коэффициенты пересчета в навоз.

В настоящее время накопление органических удобрений в хозяйстве определяется по методике РУП «Институт почвоведения и агрохимии» и определяется поголовьем скота и птицы и наличием подстилочных материалов. Выход навоза, рассчитанный по такой методике, представлен на стандартный (условный) навоз 75-80% влажности.

В республике за норматив выхода экскрементов принято 9,5 т от одной условной головы в год с учетом 15% потерь при хранении.

Для расчета выхода экскрементов все поголовье скота переводится в условные головы по следующим коэффициентам:

коровы и быки – 1,0

свиньи – 0,3

прочий КРС – 0,6

овцы и козы – 0,1

лошади – 1,0

птица – 0,02

Пример расчета. В хозяйстве поголовье скота составляет: коровы – 2200 голов, прочий КРС – 1900, лошади – 65, свиньи – 380 голов.

Расчеты выхода экскрементов приводятся в форме таблицы 6.2.1.

Таблица 6.2.1 – Выход экскрементов в хозяйстве

Вид животных	Среднегодовое поголовье	Коэффициент перевода в условные головы	Количество условных голов	Выход экскрементов, т
Коровы	2200	1,0	2200	20900
Прочий КРС	1900	0,6	1140	10830
Лошади	65	1,0	65	618
Свиньи	380	0,3	114	1083
Всего			3519	33431

Следующий этап работы – определение потребности в подстилке. Потребность в подстилке зависит от поголовья животных, продолжительности стойлового периода и нормы расхода подстилочного материала в сутки.

Если животные, например коровы, в летний период содержатся на выпасах, то у них продолжительность стойлового пе-

риода обычно составляет 200-220 суток, у остальных видов животных – 365.

Рекомендуемые нормы подстилки имеются в справочном материале и приведены в таблице 6.2.2.

Таблица 6.2.2 – Нормы расхода подстилки на 1 голову скота при стойловом содержании (кг в сутки)

Вид животных	Солома злаков	Солома бобовых	Верховой слаборазложившийся торф	Торф низинный 50% влажности	Опилки, стружка
КРС	4-6	4-6	3-4	10-20	3-6
Свиноматки с поросятами	5-6	6-8	-	-	-
Холостые свиноматки и хряки	2-3	2-3	1-1,5	5-6	2-3
Откормочные свиньи	1-1,5	1,5-2	1,5-2	-	1,5-2
Овцы	0,5-1	-	-	-	-
Птица	-	-	-	0,15-0,2	0,05-0,1
Лошади	3-4	3-5	3-4	10-20	2-4

Расчеты потребности в подстилке представлены в таблице 6.2.3.

Таблица 6.2.3 – Потребность в подстилке (солома злаков)

Вид животных	Количество голов, шт.	Стойловый период, сутки	Норма подстилки, кг/сутки	Потребность, т
Коровы	2200	220	6	2904
Прочий КРС	1900	365	6	4161
Лошади	65	220	4	57,2
Свиньи	380	365	4	554,8
Всего				7677

Накопление подстилочного навоза в хозяйстве определяется путем суммирования выхода экскрементов с потребностью в подстилке.

Таким образом, выход навоза на подстилке составит 41108 т (33431 т экскрементов + 7677 т соломенной подстилки).

Количество полужидкого и жидкого навоза за стойловый период рассчитывают по формуле:

$$H \text{ п.ж., ж} = \frac{[K + M + B) \cdot \Delta c \cdot \chi c]}{1000}, \quad (12)$$

где H п.ж., ж. – количество полужидкого и жидкого навоза, т;

K M , B – масса кала, мочи и воды от одной головы скота в сутки, кг;

Δc – продолжительность стойлового периода, сутки;

χc – число голов скота;

1000 – коэффициент перевода 1 кг навоза в m^3 .

Примерный выход бесподстилочного навоза в сутки от одной головы КРС 40-55 л, от одной свиньи – 10-12 л.

При хранении жидкого навоза потери составляют 10%, 1 m^3 жидкого навоза в среднем весит 0,95 т, полужидкого – 0,9 т. Выход бесподстилочного навоза на условную голову в год составляет 20 т.

При недостатке навоза необходимое количество органических удобрений можно восполнить за счет различных компостов. Основными компонентами компостов являются навоз, помет, навозная жижа (биологически активная часть) и биологически инертные органические вещества (торф, солома, лигнин и др.) в различных соотношениях.

В условиях Беларуси важнейшим компонентом компостов является торф. Соотношение навоза и торфа при приготовлении компостов может быть 1:1, 1:2 и 1:3. Экономически целесообразным является приготовление торфонавозного компоста в соотношении 1:3, когда на 1 часть торфа приходится 3 части бесподстилочного навоза. При хранении навоза потери его первоначальной массы составляют в среднем 15%, а компостов – 10%.

Так как потребность в навозе определяется на стандартный (условный) навоз 75-80% влажности, то выход органических удобрений следует считать также на стандартный навоз.

Коэффициенты перевода на стандартный навоз рассчитываются по формуле:

$$K = \frac{100 - \text{фактическая влажность}}{100 - 75(\text{стандартная влажность})} \quad (13)$$

Для учета внесения различных видов органических удобрений используют следующие коэффициенты перевода в условный навоз: все виды подстилочного навоза, торфонализованные и сборные компосты – 1,0; полужидкий бесподстилочный навоз – 0,5; жидкий навоз – 0,2; навозные стоки – 0,06; куриный помет – 1,7; подстилочный помет – 2,0; торфопометный компост – 1,3; сапропелевые удобрения органического типа – 0,5; сапропелевые удобрения смешанного типа – 0,3; солома зерновых, крупяных и крестоцветных культур – 3,5 (с учетом дополнительного внесения азота); солома зернобобовых культур и кукурузы – 3,8 (с учетом дополнительного внесения азота); ботва – 0,5.

Отавная форма зеленого удобрения с учетом запашки поживных и корневых остатков эквивалентна 4 т/га навоза, полная форма зеленого удобрения при урожайности сидератов 150-250 ц/га – 15 т/га, 250-350 ц/га – 20 т/га навоза.

Коэффициенты перевода в условный навоз учитывают содержание органического вещества в удобрении, количество и доступность основных элементов питания, соотношение между углеродом и азотом, что определяет процессы гумификации и питания растений, действие и последействие органических удобрений в севообороте.

Общее количество соломы или ботвы, используемой для заделки на удобрение, определяется по валовому сбору товарной продукции, умноженному на соответствующий коэффициент пересчета основной продукции в побочную.

Соотношение *основная продукция – побочная продукция* зависит от видового и сортового состава культур, урожайности, почвенных и погодных особенностей, условий питания и т.д. и может изменяться в довольно широких пределах.

По результатам обобщения полевых опытов и анализа производственных результатов принятые следующие коэффициенты пересчета зерна и семян в солому, корне- и клубнеплодов в бот-

ву: озимые зерновые и зернобобовые культуры, кукуруза, просо – 1,2; яровые зерновые культуры и гречиха – 1,0; рапс и другие капустные культуры – 3,0; сахарная свекла – 0,5; картофель – 0,2; кормовые корнеплоды – 0,25.

При расчете выхода органических удобрений в хозяйстве следует учитывать поступление органического вещества с многолетними травами. Установлено, что накопление органического вещества многолетними травами наблюдается при превышении следующей величины соотношения:

$$\frac{S \text{ многолетних трав}}{S \text{ пропашных}} = 1,5, \quad (14)$$

где S – площадь многолетних трав и пропашных культур, га.

Превышение этого соотношения (1,5) на 0,1 эквивалентно применению 15 т органических удобрений на почвах с баллом 29-39 и 20 т при балле пашни 40-50.

Пример расчета (накопления органических удобрений за счет возделывания многолетних трав). Отношение многолетних трав к пропашным культурам составляет 1,6. Тогда дополнительное накопление органических удобрений за счет многолетних трав (Δ мн.тр.) рассчитывают по формуле:

$$\Delta \text{ мн.тр. (т)} = (1,6 - 1,5) \times 15 \text{ (т/га)} \text{ (при балле 29-39)} \times S_{\text{мн.тр.}} \text{ (га)}$$

$$\Delta \text{ мн.тр. (т)} = (1,6 - 1,5) \times 20 \text{ (т/га)} \text{ (при балле 40-50)} \times S_{\text{мн.тр.}} \text{ (га)}$$

При оценке баланса органических удобрений в хозяйстве выделяют три группы хозяйств:

1. Производство органических удобрений не обеспечивает поддержания бездефицитного баланса гумуса в почве.

Поддержание бездефицитного баланса гумуса в почве может быть достигнуто за счет следующих мероприятий:

– использование соломы в качестве органического удобрения;

– расширения посевов многолетних трав и промежуточных культур;

- приобретения для приготовления компостов торфа, сапропелей, лигнина, городского мусора и др.;
- увеличения поголовья скота;
- увеличения выхода подстилочного и бесподстилочного навоза и его сохранности;
- за счет органических удобрений, привлекаемых со стороны.

2. Производство органических удобрений обеспечивает поддержание бездефицитного баланса гумуса в почве, но недостаточно для устойчивого положительного баланса. Недостающее количество удобрений может быть произведено за счет тех же мер, что и для хозяйств 1-ой группы, кроме приобретения торфа.

3. Производство органических удобрений в хозяйстве выше потребностей для обеспечения положительного баланса гумуса. В таких условиях следует сокращать использование торфа на приготовление компостов, осуществлять выравнивание пестроты полей по плодородию путем увеличения доз внесения органических удобрений.

6.3. Оценка качества хранения органических удобрений

При накоплении органических удобрений в хозяйстве необходимо уделять должное внимание и качеству их хранения. По предложенной РУП «Институт почвоведения и агрохимии» методике оценки качества хранения органических удобрений проводится по двум показателям:

- по качеству работ по их складированию;
- по химическому составу и влажности.

При оценке качества органических удобрений по их складированию руководствуются следующими условиями:

1. Коэффициент качества – 1,0 – отлично. Ширина, высота и объем бурта соответствуют требованиям технологической карты с отклонениями не более 5%. Внутри бурта нет смерзшихся глыб навоза и торфа. Навоз утрамбован и бурт укрыт слоем торфа или соломы 15-20 см. Снег с мест расположения буртов удален. Имеется торфяная подушка толщиной 30-35 см.

2. Коэффициент качества – 0,9 – хорошо. Отклонение от допустимых требований по ширине, высоте и объему бурта до

10%. Наличие внутри бурта смерзшихся глыб до 10%. Навоз утрамбован и укрыт слоем торфа или соломы. Снег с мест расположения буртов удален полностью. Торфяная подушка слоем торфа не менее 20 см.

3. Коэффициент качества – 0,8 – удовлетворительно. Отклонение от допустимых требований по ширине, высоте и объему бурта до 10-20%. Допускается наличие внутри бурта смерзшихся глыб не более 20%. Снег с мест расположения буртов удален полностью. Торфяная подушка отсутствует.

4. Коэффициент качества – 0,7 – неудовлетворительно. К этой группе относятся бурты органических удобрений, в которых обнаружены отклонения сверх перечисленных выше показателей. Например, не удален снег с мест расположения буртов, смерзшихся глыб в бурте более 20%, отсутствует уплотнение и укрытие бурта.

Если невозможно однозначно выставить какой-то коэффициент, например, размеры бурта соответствуют рекомендуемым, но отсутствует торфяная подушка, то в таком случае выставляют коэффициенты качества отдельно по показателям: по соответствию размеров бурта, по наличию смерзшихся глыб навоза, по наличию укрытия, по наличию торфяной подушки, по удалению снега с мест расположения буртов, а затем выводят средний коэффициент.

Оценка качества органических удобрений по влажности и химическому составу проводится на основании лабораторных анализов согласно принятым нормативам (табл. 6.3.1).

При полной оценке качества органических удобрений суммируются все коэффициенты качества по складированию и по химическому составу и выводится средний коэффициент качества. Если этот средний коэффициент качества находится в пределах:

0,96-1,0 – отличное качество органических удобрений;

0,86-0,95 – хорошее;

0,76-0,85 – удовлетворительное;

0,75 и менее – неудовлетворительное качество органических удобрений.

Таблица 6.3.1 – Нормативы для оценки качества органических удобрений (по данным РУП «Институт почноведения и агрохимии»)

Виды удобрений	Влажность, %	Содержание питательных элементов, М/1г сырой массы (не менее)			Качество удобрений	Коэффициент качества
		сумма N+P+K	общий N	N ам.		
Навоз на соломенной подстилке	70-80	11	5,0	0,5	отличное	1,0
	70-80	10	4,5	0,4	хорошее	0,9
	70-80	8	4,0	0,3	удовл.	0,8
	81 и >	<8	<4,0	<0,3	неудовл.	0,7
Горфанный навоз и торфо-навозные компости	65-75	10	5,5	0,6	отличное	1,0
	65-75	9	5,0	0,5	хорошее	0,9
	65-80	7	4,5	0,4	удовл.	0,8
	81 и >	<7	<4,5	<0,4	неудовл.	0,7
Жидкий навоз КРС	93-94	5,0	2,5	1,0	отличное	1,0
	94-95	4,0	2,0	0,8	хорошее	0,9
	96-97	3,0	1,5	0,6	удовл.	0,8
	97 и >	<3,0	<1,5	<0,6	неудовл.	0,7
Жидкий навоз свиней	93-94	5,0	3,0	1,5	отличное	1,0
	94-95	4,0	2,4	1,2	хорошее	0,9
	96-97	3,0	1,8	0,9	удовл.	0,8
	97 и >	<3,0	<1,8	<0,9	неудовл.	0,7
Полужидкий навоз	84-85	9,5	4,0	1,0	отличное	1,0
	86-88	8,0	3,5	0,8	хорошее	0,9
	88-92	6,5	3,0	0,6	удовл.	0,8
	92 и >	<6,5	<3,0	<0,6	неудовл.	0,7

6.4. Характеристика и применение основных видов органических удобрений

Значение органических удобрений. Органические удобрения – это удобрения, содержащие питательные вещества в форме органических соединений растительного и животного происхождения.

Систематическое применение органических удобрений способствует накоплению гумуса, улучшает физико-химические свойства почвы – увеличивает запас питательных веществ, снижает кислотность, повышает содержание поглощенных оснований, поглотительную буферность и способность, влагоемкость, скважность и водопроницаемость, обогащает почву микрофлорой, усиливает ее биологическую активность и выделение углекислоты, уменьшает сопротивление почвы при механической обработке, создает оптимальные условия для минерального питания растений, повышает устойчивость земледелия при неблагоприятных погодных условиях.

В общем балансе элементов питания, вносимых ежегодно под сельскохозяйственные культуры, на долю органических удобрений приходится от 30 до 40%.

Внесение органических удобрений в оптимальных дозах имеет высокую агрономическую эффективность: нормативная прибавка урожая от 1 т навоза для озимых зерновых составляет 25 кг зерна, картофеля – 105 кг клубней, сахарной свеклы – 125 кг корнеплодов, кормовых корнеплодов – 200 кг корней, кукурузы на силос – 190 кг зеленой массы, всех культур на пашне – 30 к.ед. При этом применение органических удобрений экономически эффективно в радиусе перевозки 5 км.

Применение органических удобрений на дерново-подзолистых почвах разного гранулометрического состава обеспечивает высокие показатели агрономической и экономической эффективности как в основных типах полевых севооборотов, так и при возделывании отдельных видов сельскохозяйственных культур. При этом эффективность удобрений зависит от типа севооборота, доз и качества удобрений, биологических особенностей возделываемых культур и их отзывчивости на удобрения, а так-

же стоимости товарной продукции и затрат на приготовление, доработку и внесение органических удобрений.

На дерново-подзолистой легкосуглинистой почве внесение органических удобрений (подстилочный навоз КРС) обеспечило в зависимости от типа севооборота и органической нагрузки прибавку продуктивности 5,2-10,8 ц/га к.ед. при чистом доходе 8,5-25,9 \$/га, рентабельности 11-42% и воспроизводстве содержания гумуса в пахотном горизонте. В исследованиях на дерново-подзолистой супесчаной на морене почве внесение различных видов органических удобрений (подстилочный навоз, жидкий навоз, солома) на фоне NPK обеспечило прибавку продуктивности севооборота 2,8-6,9 ц/га к.ед., чистый доход 7,9-16,5 \$/га при воспроизводстве содержания гумуса в пахотном горизонте. Наиболее рациональным является внесение навоза с минеральными удобрениями. При этом их действие взаимно возрастает. Объясняется это тем, что при совместном их внесении создаются более благоприятные условия для питания растений, чем при раздельном. За счет минеральных удобрений обеспечивается питание растений в начальный период вегетации, а навоз, постепенно разлагаясь в почве, снабжает растения питательными веществами во время максимальной потребности в них.

Средние цены на приготовление, доработку и внесение органических удобрений (расстояние транспортировки навоза, компостов и сапропеля – 5 км) в настоящее время составляют: соломистый навоз по прямоточной технологии – 3,70 \$/т; соломистый навоз перевалочной технологии – 4,17 \$/т; торфяной навоз по прямоточной технологии – 4,27 \$/т; торфяной навоз по перевалочной технологии – 4,74 \$/т; подстилочный помет – 4,85 \$/т; полужидкий навоз – 2,28 \$/т; жидкий навоз – 1,37 \$/т; торфонавозный компост (1:3) по прямоточной технологии – 4,30 \$/т; торфонавозный компост (1:3) по перевалочной технологии – 4,68 \$/т; сапропель (добыча из-под торфа) – 6,24 \$/т; сапропель озерный – 25,76 \$/т; солома (без учета дополнительного внесения азота) – 0,79 \$/т; сидерат бобовых культур – 2,42 \$/т; сидерат крестоцветных культур – 3,86 \$/т.

В хозяйствах цены на приготовление, доработку и внесение органических удобрений могут отличаться в зависимости степени механизации конкретных технологических операций и каче-

ства органических удобрений. При транспортировке органических удобрений на расстояние больше 5 км цены на органические удобрения также увеличиваются.

Органические удобрения – это, в основном, отходы сельскохозяйственного производства. И, как правило, это местные удобрения. К наиболее распространенным органическим удобрениям в республике относятся подстилочный и бесподстилочный навоз, птичий помет, сапропель, торф, зеленое удобрение, солома, а также различные компосты (торфонавозные, торфопометные, вермикомпосты, с использованием соломы, костры льна, лигнина, растительных, древесных и бытовых отходов и т.д.).

Все виды работ с органическими удобрениями должны осуществляться согласно действующему законодательству по охране природы, санитарным нормам, требованиям техники безопасности и правилам личной гигиены.

Подстилочный навоз. Из всех органических удобрений главное место принадлежит подстилочному навозу. Подстилочный навоз представляет собой смесь твердых и жидкого выделений животных, подстилки, остатков корма. Качество подстилочного навоза зависит от вида животных, типа кормления, количества и вида подстилки, способов хранения. Средний состав подстилочного навоза приведен в таблицах 6.4.1–6.4.2.

Таблица 6.4.1 – Средний состав подстилочного навоза

Удобрение	Влажность, %	Содержание, кг/т						
		органическое вещество	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	S
Соломистый навоз								
КРС	75	210	5,0	2,5	6,0	4,0	2,0	0,6
свиньи	70	240	5,0	2,0	5,5	2,1	0,9	0,8
овцы	65	300	8,0	2,5	6,5	2,1	1,8	1,5
лошади	70	220	6,0	3,0	6,5	2,1	1,4	0,7
смешанный	75	220	5,0	2,5	6,0	3,5	1,2	1,0
Торфяной навоз								
КРС	75	220	6,0	2,0	5,0	4,5	1,0	0,5
лошади	70	230	8,0	2,5	5,5	4,4	1,2	0,4

Таблица 6.4.2 – Среднее содержание микроэлементов в подстильном навозе, г/т (влажность навоза 75%)

	Mn	Zn	Cu	B	Mo	Co
КРС	112,5	38,3	8,4	3,8	0,2	0,3
Свиной	102,6	68,7	12,7	3,1	0,2	0,3
Конский	91,5	36,0	6,2	3,1	0,2	0,3

В качестве подстилки используется солома зерновых культур, торф (РСТ БССР С33-85), опилки, листовой опад (табл. 6.4.3). Одна весовая часть соломы поглощает 3 части воды, верхового торфа – 10-15 частей, опилок – 4-4,5 части. Важным показателем характеристики навоза является отношение в нем углерода к общему азоту (С:N). Оптимальным отношением С:N считается не более 20-30:1. Чем уже отношение С:N, тем выше его удобрительные свойства (доступность азота для растений) и наоборот. При широком соотношении С:N (≈ 40), которое бывает у подстильного навоза с преобладанием соломы, в процессе его разложения в почве микроорганизмами используется почти весь азот и растения могут испытывать азотное голодание, что снижает их урожайность.

Таблица 6.4.3 – Средний химический состав подстилки, кг/т

Вид подстилки	Влажность, %	Азот	Фосфор	Калий
Солома зерновых культур	16,0	4,0	1,5	10,0
Торф верховой	60,0	4,0	0,4	0,3
Торф переходный	60,0	6,5	0,6	0,5
Торф низинный	60,0	10,0	1,2	0,7
Опилки	25,0	2,0	3,0	7,0
Листовой опад	14,0	10,0	2,5	3,0

По степени разложения различают 4 вида навоза, приготовленного на соломенной подстилке: свежий, полуперепревший, перепревший и перегной.

В свежем, слаборазложившемся навозе солома почти полностью сохраняет свой цвет и прочность. При промывании водой

такого навоза раствор получается мутным и окрашенным в красновато-желтый или зеленоватый цвет. Свежий подстилочный навоз использовать не рекомендуется, т.к. при его внесении возможно засорение полей семенами сорных растений, заражение болезнетворными бактериями, загрязнение окружающей среды. В *полуперепревшем навозе* солома приобретает темно-коричневый цвет, теряет прочность и легко разрывается. Водный настой такого навоза черного цвета, густой. По сравнению со свежим, полуперепревший навоз теряет 20-30% первоначальной массы. В *перепревшем навозе* солома почти полностью разлагается, в нем нельзя обнаружить отдельные соломинки. Представляет собой черную мажущуюся массу. По сравнению со свежим навозом он теряет около 50% первоначальной массы и сухого органического вещества. Водный раствор перепревшего навоза бесцветный. *Перегной (сыпец)* – это однородная, рыхлая, темно-го цвета масса. Перегной теряет до 70% первоначальной массы.

Для хранения подстилочного навоза используют горячий, холодный и горячепресованный способы. При *горячем*, или *рыхлом*, хранении навоз укладывают в узкие, не шире 3 м, штабеля без уплотнения. При *холодном*, или *плотном*, способе хранения навоз складируют в штабель шириной около 5-6 м и высотой около 1 м, сразу же утрамбовывая; далее настилают новые слои навоза пока высота уплотненного штабеля не достигнет 2,5-3 м; затем штабель накрывают резаной соломой или торфом. При *горячепрессованном*, или *рыхлоплотном*, способе хранения навоз вначале укладывают рыхло слоями 80-100 см и после повышения температуры в слое до 60-70°C (на 3-5 день) сильно уплотняют; штабель после уплотнения накрывают соломой или торфом.

Разложение навоза при холодном способе хранения происходит в анаэробных условиях (за исключением поверхности штабеля), при этом сохраняется постоянное увлажнение. Температура в штабеле зимой не поднимается выше 20-25°C, летом – 30-35°C. Холодный способ хранения рассчитан на приготовление полуперепревшего навоза, который в зимний период образуется через 3-4 месяца после закладки штабеля. Перепревший навоз при таком хранении получается через 7-8 месяцев.

Горячий и горячепрессованный способы хранения, при которых навоз разогревается до 70°C, применяют при обнаружении возбудителей желудочно-кишечных заболеваний и необходимости биотермического обеззараживания навоза. Горячепрессованный способ хранения применяется также для уничтожения семян сорняков и при необходимости ускорить разложение навоза, содержащего большое количество соломенной или торфяной подстилки. При горячепрессованном способе хранения полупереваривший навоз образуется через 1,5-2 месяца, перепревший – через 4-5 месяцев после закладки штабеля.

Удобрение лучшего качества получают при хранении холодным способом, при котором меньше потери азота и органического вещества, больше накапливается и сохраняется аммонийного азота. При горячем способе хранения из навоза с соломенной подстилкой в среднем теряется 32,6% органического вещества и 31,4% азота, при горячепрессованном – 24,6 и 21,6%, при холодном – 12,2 и 10,7%. Из навоза с торфяной подстилкой потери органического вещества и азота при горячем способе составляют 40,0 и 25,3%, горячепрессованном – 32,9 и 17,0%, холодном – 7,0 и 1,0%.

Самый лучший навоз получается при содержании скота на глубокой подстилке. В начале стойлового периода в помещение завозят и расстилают тонким слоем торфокрошку или солому (в среднем 300 кг на одну корову). Через 10 дней добавляют новый слой торфокрошки или соломы. Аналогично навоз готовят на выгульных площадках и полевых загонах. Убирают его один-два раза в год и укладывают на площадке у фермы в типовых навозохранилищах или в поле в уплотненные штабеля. Штабеля делают шириной 4 м и более и высотой 1,5-2,0 м. Их размещают так, чтобы при внесении навоза холостые проезды навозоразбрасывателей были минимальными. В зимний период каждый штабель укладывают не больше чем за 1-2 дня и укрывают слоем торфа или резаной соломы (до 25 см).

Количество навоза, хранящегося в штабеле, можно определить, зная объем штабеля (произведение длины, ширины и высоты в м³). 1 м³ свежего навоза весит 400 кг, уплотненного – 700, полупереварившего – 800, сильно разложившегося – 900 кг.

Навозная жижа. В процессе хранения и разложения подстилочного навоза из него выделяется *навозная жижа*, которую необходимо собирать в жижесборники. Объем жижесборника составляет 1,3 м³ на каждые 100 т навоза. Вместимость его должна быть не менее 3-4 м³. Навозная жижа жижесборников при скотных дворах содержит 0,1% азота, 0,03% фосфора и 0,28% калия; жижесборников при навозохранилищах – соответственно 0,26%, 0,06% и 0,58%. Таким образом, навозная жижа преимущественно азотно-калийное удобрение. Собранныю навозную жижу используют в первую очередь для приготовления компостов, а также непосредственно на удобрение в основное внесение или подкормку.

Бесподстилочный навоз. Бесподстилочный навоз представляет собой смесь жидких и твердых экскрементов животных с примесями воды и корма. В общей структуре органических удобрений в Республике Беларусь бесподстилочный навоз занимает более 40%. Образуется бесподстилочный навоз на животноводческих фермах и комплексах, где технологией не предусмотрено использование подстилки.

Бесподстилочный навоз в зависимости от соотношения жидкой и твердой фракций подразделяют на полу жидкий (более 8% сухого вещества), жидкий (3-8% сухого вещества) и навозные стоки (менее 3% сухого вещества).

Содержание элементов питания в бесподстилочном навозе в зависимости от технологии содержания животных и удаления навоза колеблется в очень широких пределах и должно обязательно определяться в агрохимических лабораториях. Средний состав бесподстилочного навоза приведен в табл. 6.4.4.

Хранят бесподстилочный навоз в навозохранилищах при фермах или в полевых условиях. Навозохранилища при фермах строят на расстоянии не менее 300 м от животноводческого комплекса. Полевые навозохранилища открытого котлованного типа размещаются на удобляемых полях. На одну условную голову при 6-месячном хранении бесподстилочного навоза (при слабом разбавлении его водой) требуется хранилище объемом 12 м³. Навозохранилища должны иметь хорошую гидроизоляцию, иначе они будут являться очагами загрязнения грунтовых вод и водоемов.

Таблица 6.4.4 – Средний состав бесподстиloчного навоза

Удобрение	Влаж- ность, %	Содержание, кг/т						
		органи- ческое вещество	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	Mg	S
Полужидкий навоз								
КРС	90	125	3,5	1,5	4,0	1,3	0,9	0,3
свиней	90	115	4,5	2,5	3,0	1,9	1,0	0,4
Жидкий навоз								
КРС	95	40	2,0	1,0	2,5	0,5	0,4	0,1
свиней	95	40	2,5	0,9	1,8	0,6	0,2	0,1
Навозные стоки								
КРС	98	18	0,7	0,4	0,7	-	-	-
свиней	98	18	0,8	0,5	0,4	-	-	-

Бесподстилочный навоз при хранении расслаивается на три слоя: верхний – плотный плавающий (влажность 78-84%), нижний – осадок (влажность 84-88%), средний – жидкий (влажность 88-94%). Чтобы обеспечить однородность навозной массы, в хранилище должно быть устройство для ее перемешивания. Перемешивание (гомогенизация) бесподстилочного навоза проводится не реже 1 раза в неделю, а в период внесения – несколько раз в день по 40-70 мин. Полужидкий бесподстилочный навоз используют главным образом для приготовления компостов с торфом, соломой, лигнином, растительными, древесными и бытовыми отходами. Жидкий навоз применяют в основное внесение, в том числе совместно с соломой, и в подкормки. Навозные стоки, содержащие более 97% влаги и небольшое количество элементов питания, целесообразно использовать для удобрительных поливов. Концентрация азота в навозных стоках при их внесении на посевы большинства сельскохозяйственных культур не должна превышать 1000 мг/л.

На животноводческих комплексах жидкий навоз может разделяться на твердую и жидкую фракции. Твердая фракция, которая по удобрительным свойствам близка к подстилочному навозу, используется для приготовления компостов или для непо-

средственного внесения под культуры обычной техникой, применяемой для подстилочного навоза или компостов. Жидкую фракцию применяют на удобрение дождеванием или с помощью цистерн-разбрасывателей. Рекомендуемая доза жидкой фракции навоза – 100 м³/га за один полив. Разделение бесподстилочного навоза на фракции может быть механическим или проходить естественным путем (в отстойниках).

Птичий помет. Птичий помет – быстродействующее органическое удобрение с высоким содержанием питательных веществ. В зависимости от технологии выращивания птицы помет может быть подстилочным и бесподстилочным. В среднем за год от каждой курицы накапливается 6 кг, утки – 8, гуся – 10, индюка – 8 кг помета.

Состав помета зависит от вида и возраста птицы, типа кормления и содержания (табл. 6.4.5).

В водорастворимых соединениях находится 50% азота, содержащегося в помете, 4% фосфора и 60% калия. Кроме макроэлементов, в состав птичьего помета входят микроэлементы. В 100 г сухого вещества содержится 15-38 мг марганца, 12-39 мг цинка, 1,0-1,3 мг кобальта, 0,5 мг меди, 367-900 мг железа.

Сырой помет обладает неблагоприятными свойствами: имеет сильный неприятный запах, содержит большое количество семян сорняков, яиц и личинок гельминтов и насекомых, множество микроорганизмов, среди которых нередки возбудители опасных заболеваний. При горячем хранении помета за три месяца теряется половина азота, большая часть фосфора и калия. Поэтому помет лучше хранить холодным (плотным) способом с добавлением до 40% сухого торфа, 1,5-2% хлористого калия и 7-10% суперфосфата или фосфогипса.

При клеточном содержании кур-несушек лучший способ сохранения элементов питания в помете – его термическая сушка при температуре 600-800°C до влажности 17%. Сухой помет гранулируют, гранулы имеют почти сферическую форму (купогран): купогран № 1 – 0,4-1,0 мм; купогран № 2 – 1,0-2,0 мм; купогран № 3 – 2,0-2,6 мм.

Компостирование помета с низинным и верховым торфом при хранении торфопометных компостов не более 6 месяцев

также позволяет уменьшить потери органического вещества и элементов питания.

Таблица 6.4.5 – Средний состав различных видов птичьего помета

Удобрение	Влаж- ность, %	Содержание, кг/т						
		орга- ниче- ское веще- ство	N общ.	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	S
Птичий помет								
куры	55	350	16,0	15,0	8,0	24,0	7,0	4,0
утки	70	250	7,0	9,0	6,0	11,0	2,0	3,0
гуси	75	230	5,0	5,0	9,0	8,0	2,0	9,0
индюки	75	230	7,0	6,0	5,0	5,0	2,0	3,0
смешанный	60	320	15,0	14,0	7,0	17,0	5,0	3,0
Подстилочный помет	40	450	20,0	16,5	8,5	18,0	6,0	3,5
Птичий помет полужидкий	85	100	9,0	9,0	3,0	9,0	4,0	2,0
Птичий помет жидкий	95	40	3,0	2,5	1,0	4,0	1,2	0,7
Стоки птичьего помета	98	18	1,2	2,0	0,6	1,8	0,5	0,3
Сухой птичий помет	14	800	41,0	39,0	20,0	45,0	14,0	10,0

Компосты. Ценными органическими удобрениями являются компсты, для приготовления которых используют навоз, птичий помет, торф, солому, лигнин, растительные, древесные и бытовые органические отходы, осадки сточных вод. В компостную смесь могут добавляться и минеральные компоненты.

Высококачественный компост представляет собой однородную, темную, рассыпчатую массу влажностью не более 75% с

реакцией, близкой к нейтральной, и содержанием элементов питания в доступных для растений соединениях. При приготовлении компостов в результате биотермических процессов погибают патогенные микроорганизмы и теряют жизнеспособность семена сорных растений, а само удобрение становится более концентрированным и биологически активным.

Компост готовят очаговым, послойным, площадочным, цеховым и другими способами возле животноводческих помещений на специально выделенных (стационарных или временных) площадках или непосредственно на краю поля.

Место для компостирования следует выбирать исходя из наименьших затрат на погрузку и перевозку используемых компонентов и приготовленного компоста на поля, а также в соответствии с действующим законодательством по охране природы, санитарными нормами, требованиями техники безопасности и правилами личной гигиены.

Жидкий навоз или навозную жижу для компостирования лучше использовать свежими. В таком состоянии они наиболее богаты питательными веществами и микрофлорой. Перепревший и перемерзший навоз малопригоден из-за низкой биологической активности.

Для получения высококачественного компоста необходимо выполнять требования технологии приготовления и управлять процессами, протекающими в компостных штабелях: температурой, влажностью, аэрацией, кислотностью среды и т.д. Существует связь между влажностью, температурой, доступом воздуха и размером штабеля.

Размер штабеля зависит от способности к разложению компостируемого материала и его рыхлости. Длина может быть произвольной, но не менее 6-8 м, высота – 2,5-3,0 м, ширина по основанию – 4-6 м. При малых размерах штабеля теряется много аммиака, недостаточна температура компостной массы, процессы разложения органического вещества заторможены, мобилизация азота протекает медленно. Большая высота штабеля также нежелательна, т.к. это может привести к переуплотнению компоста и сдерживанию процессов нитрификации, которые энергичнее протекают при достаточном доступе воздуха.

Необходимая аэрация в компостируемой массе достигается ее ворошением во время созревания. При этом понижается влажность компоста, если она превышает оптимальную. Если увлажнение компостируемой массы недостаточно, ее необходимо поливать навозной жижей или водой.

При оптимальных условиях аэрации и увлажнения под влиянием микробиологических процессов температура в компосте повышается до 60–70°C. При такой температуре семена сорных растений теряют всхожесть, погибают яйца гельминтов и другие болезнетворные начала, содержащиеся в свежем навозе, навозной жиже и птичьем помете, а процессы накопления легкоподвижных питательных веществ протекают наиболее энергично. Процесс компостирования идет более активно при положительной температуре окружающего воздуха.

Торфонавозные компосты получают перемешиванием торфа с навозом в различном соотношении в зависимости от влажности торфа и навоза (табл. 6.4.6).

Экономически целесообразным является приготовление торфонавозного компоста в соотношении 1:3, когда на 1 часть торфа (ГОСТ РБ СТБ 832–2001) приходится 3 части бесподстилочного навоза.

Таблица 6.4.6 – Среднее соотношение торфа и бесподстилочного навоза для приготовления торфонавозных компостов (по массе)

Влажность компоста, %	Влажность торфа, %	Влажность навоза, %				
		80	85	88	90	92
70	50	0,50:1	0,75:1	0,90:1	1,00:1	1,10:1
	55	0,70:1	1,00:1	1,20:1	1,30:1	1,50:1
	60	1,00:1	1,50:1	1,80:1	2,00:1	2,20:1
75	50	0,20:1	0,40:1	0,50:1	0,60:1	0,70:1
	55	0,25:1	0,50:1	0,65:1	0,75:1	0,85:1
	60	0,30:1	0,70:1	0,90:1	1,00:1	1,10:1

Средний состав торфонавозных и других видов компостов приведен в табл. 6.4.7. Более точно качество компостов перед их применением должно быть проверено агрохимической службой (кислотность, влажность, содержание основных элементов питания и т.д.).

Таблица 6.4.7 - Средний состав различных компостов

Компсты	Влаж- ность, %	Содержание, кг/т						
		орга- ниче- ское веще- ство	N общ.	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	SO ₄
Торфонавозный 1:1	70	220	5,0	1,6	4,0	3,5	0,6	0,3
Торфонавозный 1:2	70	220	5,5	1,8	4,5	4,0	0,8	0,4
Торфонавозный 1:3	70	220	6,0	2,0	5,0	4,5	1,0	0,5
Торфожижевый	75	200	5,0	1,0	3,0	3,0	0,5	0,3
Торфопометиный 1:1	70	250	10,0	8,0	3,0	9,0	3,0	1,5
Торфопометный 1:2	70	250	12,5	10,0	4,0	10,0	4,0	2,0
Торфофекальный	70	240	6,5	3,0	4,0	3,5	0,6	0,3
Костра льна + навоз бесподстилочный	72	200	4,7	2,0	7,3	4,0	0,8	0,3
Лигнинонавозный с доломитовой мукой 1:1	60	220	5,3	2,8	6,8	7,0	3,5	10,0
Лигнинонавозный с известковым молоком 1:1	62	220	6,2	2,4	8,0	10,0	2,5	12,0
Лигнинопометный 1:1	55	240	5,4	5,4	2,4	9,0	3,5	12,5
Смешанный (сборный)	70	200	5,0	2,0	4,5	4,0	0,8	0,4
Компост с бытовыми отходами и осадком сточных вод	70	200	6,0	2,0	1,5	3,0	1,0	3,0

Торфожижевые компосты готовят на основе торфа и навозной жижи. На каждую тонну торфа, уложенного в виде корыта, вносят до 3 т навозной жижи. Когда торф поглотит жижу, массу сгребают бульдозером в бурты и уплотняют.

При приготовлении торфофекальных компостов на 1 т торфа добавляют 0,5 т фекалий. Температура в компостируемой массе торфофекального компоста должна подняться до 60°С для уничтожения патогенной микрофлоры. Поэтому торфофекальный компост уплотняют в буртах только после необходимого разогревания. Лучше вносить торфофекальные компосты на второй год после закладки; не рекомендуется их использовать под овощные культуры.

Торфопометные компосты готовят на птицефабрике или непосредственно в хозяйстве в соотношении 1:1 или 1:2. В качестве дополнительных компонентов могут использоваться опилки (3 части помета и 2 части опилок) и древесная кора (1,5 части коры на 1 часть помета). Для ускорения разложения компостов с использованием опилок и древесной коры в них добавляют навозную жижу или азотное удобрение (2 кг мочевины на 1 ц компостируемой массы). Компост созревает от трех месяцев до двух лет в зависимости от компонентов, температуры, влажности, условий аэрации и др. Очень медленно разлагаются опилки и древесная кора, особенно хвойных деревьев.

Лигнинонавозные компосты получают компостированием лигнина с навозом. Лигнин – одно из самых распространенных в природе органических веществ; он входит в состав одревесневших клеток всех наземных растений. Гидролизный лигнин (отходы гидролизно-дрожжевой промышленности) представляет собой торфообразную органическую массу, содержащую зольные элементы, водорастворимые лигнокислоты, остаточные углеводы. Средний состав лигнина при естественной влажности 55-75%: pH 3,2, зольность – 8,8%, общий углерод – 16,2, углерод гуминовых кислот – 1,6, углерод фульвокислот – 1,8, общий азот – 0,14, общий фосфор – 0,021, общий калий – 0,032, общий кальций – 0,25, общая сера – 0,38%.

В чистом виде из-за высокой кислотности лигнин на дерново-подзолистый почвах применять нельзя. Для устранения кислотности лигнин нейтрализуют известковым молоком (непо-

средственно в технологической цепи), доломитовой мукой или дефекатом (в процессе приготовления компоста). Для приготовления 100 т лигнинонавозного компоста требуется 48,2-48,5 т лигнина влажностью 60%, 1,5-1,75 т доломитовой муки и 50 т подстилочного навоза или около 50 т лигнина, нейтрализованного известковым молоком, и 50 т навоза.

В производственных условиях для ускорения созревания компосты с лигнином лучше готовить в весеннелетний период в небольших буртах высотой не более 1 м, равномерно перемешивая массу. В широких и низких буртах атмосферные осадки, проникая через толщу компоста, способствуют лучшему взаимодействию лигнина с нейтрализующими материалами и навозом.

Смешанные (сборные) компосты готовят из торфа, навоза, листьев, опилок, соломы, ботвы, растительных и древесных отходов, золы и т.д. Компост увлажняют жидкими органическими удобрениями и тщательно перемешивают. Созревает такой компост от 3 до 12 месяцев.

Компосты на основе осадков сточных вод и бытовых отходов также могут применяться в агропромышленном производстве. Однако необходим тщательный контроль за содержанием в них тяжелых металлов и токсичных соединений. Лучше всего компосты на основе осадков сточных вод и бытовых отходов применять в цветоводстве, а также при озеленении территорий и в лесопарковом хозяйстве.

Вермикомпосты (биогумус, экогумус, биоудобрение) – получают на основе переработки органического субстрата красным калифорнийским червем. Это темно-коричневая или темно-серая сыпучая однородная масса, имеющая следующие средние характеристики: влажность – 40-60%, pH – 6,5-7,5, содержание органического вещества – 40-45%, общего азота – 1,5-3,0, фосфора – 1,2-4,0, калия – 0,5-3,0%; коэффициент гумификации – 15-25%. Вермикомпост благодаря высокой концентрации элементов питания, агрономически полезных групп микроорганизмов и биологически активных веществ положительно влияет на рост и развитие растений и оздоровляет почвенную биоту. Средние дозы вермикомпоста составляют 3-5 т/га.

Сапропель. Сапропель – осадки пресноводных водоемов, образующиеся из отмерших растительных и животных организмов, минеральных веществ биогеохимического происхождения и принесенных минеральных компонентов, имеющие зольность не более 85%. Органическое вещество сапропеля состоит не только из образований самого озера, но и пополняется за счет поступлений с водосбора в виде коллоидных растворов. Накопление минеральных веществ происходит также за счет выпадения из раствора солей под влиянием геохимических процессов и в результате жизнедеятельности водных организмов. В итоге сложных физических, химических и биологических процессов сапропель обогащается помимо органического вещества кальцием, фосфором, серой, микроэлементами и другими биологически активными веществами. Общие запасы озерного сапропеля в Республике Беларусь оцениваются в 263,45 млн.м³, ресурсы сапропеля на выработанных и разрабатываемых торфяных месторождениях – 574,1 млн.м³.

Согласно республиканскому стандарту РСТ БССР 838-91 выделено 4 типа сапропеля: *органический, кремнеземистый, карбонатный и смешанный*. Органический сапропель в сухом веществе в среднем содержит 75,7% органического вещества (верхний предел зольности – 30%), 3,3% общего азота, 0,4% P₂O₅, 0,2% K₂O, 0,5% MgO, 2,6% CaO, 0,8% SO₃, 13,1% SiO₂. Органический сапропель по соотношению гуминовых кислот (ГК) и легкогидролизуемых веществ (ЛГ) разделяется на торфосапропель (ГК/ЛГ > 3), высокогумусный (ГК/ЛГ = 1-3), среднегумусный ((ГК/ЛГ = 0,5-1,0) и низкогумусный (ГК/ЛГ < 0,5).

Кремнеземистый сапропель содержит 43,3% органического вещества, 2,1% общего азота, 0,5% P₂O₅, 1,5% K₂O, 1,3% MgO, 4,6% CaO, 0,7% SO₃, 36,2% SiO₂. Кремнеземистый сапропель наиболее широко представлен в озерных осадках Беларуси и составляет около 70% разведанных запасов.

Для производства сапропелевых удобрений используется органический, органо-кремнеземистый и органо-известковистый сапропель. Качество сапропелевых удобрений регламентируется техническими условиями ТУ РБ 03535026.287-97 «Удобрения сапропелевые» (Извещение № 2 об изменении) (табл. 6.4.8).

Таблица 6.4.8 – Физические и химические показатели сапропелевых удобрений

Наименование показателей	Нормы по видам удобрений		
	органические	органо-кремнеземистые	органо-известковистые
Массовая доля частиц крупнее 10 мм, %, не более	20	20	20
Массовая доля влаги, %, не более	60	60	50
Зольность, %, не более	50	70	65
Массовая доля общего азота, % на сухой продукт, не менее	1,5	1,0	не регламентируется
Обменная кислотность, pH, не менее	5,0	5,0	не регламентируется
Массовая доля оксида кальция, %, не менее	-	-	17
Удельная активность радионуклидов (цезий 137), Бк/кг, не более	300		

Сапропель добывают гидромеханизированным, экскаваторным, ковшово-элеваторным и канатно-скреперными способами из открытых водоемов, а также из-под слоя торфа после его разработки. В первый год сапропель обезвоживается, а на второй год после промораживания сапропель сушат, измельчают и складируют в штабеля. Полученные в процессе добычи и переработки органические и органо-кремнеземистые сапропелевые удобрения должны иметь влажность не более 60%, органо-известковистые – не более 50%.

Сапропелевые удобрения на основе органического или смешанного сапропеля в чистом виде рекомендуется применять при возделывании картофеля, кукурузы, кормовых корнеплодов, однолетних и многолетних трав, а также при коренном улучшении и перезалужении сенокосов и пастбищ. В среднем 1 т сапропелевых удобрений равноцenna 0,6-0,8 т подстилочного навоза или

торфонавозных компостов. Целесообразнее использовать органические, органо-кремнеземистые и органо-известковистые виды сапропелевых удобрений на почвах легкого гранулометрического состава. Дозы внесения сапропелевых удобрений определяются для каждого конкретного случая с учетом их вида и свойств, условий и технологии добычи сапропеля, характеристики почв и требований возделываемой культуры. Повышенные дозы сапропелевых удобрений в чистом виде могут применяться для рекультивации бросовых земель.

Использование высоких доз органических и органо-кремнеземистых сапропелевых удобрений под посев требовательных к реакции почвенной среды культур целесообразно со-вмешивать с известкованием почвы.

Карбонатный (известковистый) сапропель применяется в качестве известковых удобрений для нейтрализации избыточной кислотности почвы; по эффективности карбонатный сапропель не уступает мелу и доломитовой муке.

Сапропель может применяться также для приготовления различных удобрительных смесей и компостов, мелиорантов, сапропелевых субстратов, растительных грунтов, а также для кормления животных в качестве ингредиента комбикормов, различных белково-витаминно-минеральных добавок и премиксов.

Солома. Дополнительным резервом органических удобрений является солома, применение которой повышает плодородие пахотных земель и поддерживает бездефицитный баланс гумуса и питательных элементов.

Традиционными способами подготовки соломы к использованию на удобрение являются получение подстилочного навоза, а также производство компостов, где солома служит одним из компонентов и хорошим влагопоглощающим материалом для бесподстилочного навоза и помета.

Эффективным способом использования соломы является ее непосредственное применение на удобрение без отчуждения из агроценоза. Для этого используют солому рапса и других кре-стоцветных культур (горчица, сурепица, редька масличная), солому гречихи, кукурузы, люпина, кормовых бобов, сои, которые в чистом виде практически не используются на корм и подстилку. Для удобрения рекомендуется также солома озимой и яровой

пшеницы, озимого и ярового тритикале, озимой ржи, а также излишки соломы других яровых (ячмень, просо, овес) и зернобобовых (горох, вика, пельюшка) культур.

Ценность соломы как органического удобрения обусловлена высоким содержанием в ней органического вещества. Из применяемых в настоящее время удобрений солома зерновых культур содержит наибольшее количество органического вещества. По содержанию углерода солома в 3,5-4,0 раза превосходит подстилочный навоз, что является чрезвычайно важным в регулировании баланса органического вещества почвы.

Солома состоит в основном из трех групп органических соединений: целлюлозы, гемицеллюлозы и лигнина. В соломе содержится небольшое количество белка, восков, сахаров, солей и нерастворимой золы. Органические соединения, входящие в состав соломы, термодинамически стабильны и могут быть использованы растениями только после минерализации почвенной биотой.

Химический состав соломы зерновых и крестоцветных культур характеризуется высоким содержанием безазотистых веществ и низким содержанием белка. Это создает довольно широкое отношение углерода к азоту ($C:N=80-100:1$ – у зерновых культур; $C:N=60-70:1$ – у капустных культур). Оптимальным соотношением углерода к азоту в органических субстратах для активного функционирования почвенной микрофлоры считается 20-30:1. В этом случае не происходит иммобилизация подвижных соединений почвенного азота в протоплазме микроорганизмов, излишняя минерализация органических соединений азота, сокращаются потери азота в результате вымывания или улетучивания в процессе денитрификации. Данное соотношение углерода к азоту отмечается в соломе зернобобовых культур. Средний состав соломы различных групп культур при влажности 16% представлен в табл. 6.4.9. Наряду с макроэлементами в 1 т соломы в среднем содержится 6 г бора, 3 г меди, 29 г марганца, 0,4 г молибдена, 40 г цинка, 0,1 г кобальта. Серы в 1 т соломы содержится до 2 кг.

Величину соотношения углерода к азоту в соломе можно регулировать путем добавления компенсирующей дозы азота.

Таблица 6.4.9 – Средний состав соломы сельскохозяйственных культур

Культуры	Влаж- ность, %	Содержание, кг/т					
		органиче- ское веще- ство	Nобщий	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
Зерновые	16	800	4,0	1,5	10,0	2,0	1,0
Зернобобовые	16	780	10,0	2,0	11,0	9,0	2,0
Капустные	16	780	5,0	1,5	9,0	8,0	2,0
Крупяные	16	800	7,0	3,0	12,5	5,0	2,0
Кукуруза	16	850	4,5	2,0	12,0	3,0	2,0

Заделка соломы без дополнительного внесения азота, особенно зерновых культур на малоплодородных почвах, в большинстве случаев не дает положительных результатов и даже вызывает снижение урожайности. Почвенные микроорганизмы при разложении свежего органического вещества растительных остатков не могут удовлетворить потребность в азоте за счет содержания его в соломе. Поэтому они используют минеральный азот почвы, ухудшая тем самым условия азотного питания сельскохозяйственных культур.

Компенсирующую (поддерживающую) отношение С:N=30:1 в соломе) дозу азота можно рассчитать по следующей формуле:

$$\Delta_N = \left(\frac{C}{30} - N \right) \cdot m \cdot 10, \quad (15)$$

где Δ_N – доза азота удобрений, кг/га;

С – среднее содержание углерода в соломе (46-48%);

Н – содержание азота в соломе, %;

30 – необходимое соотношение С:N;

м – масса запахиваемой соломы, т/га.

Наряду с соломой в качестве дополнительного источника органического вещества может использоваться ботва картофеля, сахарной свеклы и кормовых корнеплодов. Средний состав ботвы при влажности 80% приведен в табл.6.4.10. После уборки товарной части урожая ботва подвяливается, равномерно распределяется по полю и заделывается в почву.

Таблица 6.4.10 – Средний состав ботвы сельскохозяйственных культур

Культура	Влажность, %	Содержание, кг/т					
		органическое вещество	N общий	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
Сахарная свекла	80	120	3,5	1,0	5,0	1,0	1,0
Кормовая свекла	80	120	4,0	1,0	6,0	2,0	1,0
Картофель	80	120	2,0	0,5	4,0	1,5	1,0

Количество соломы для непосредственного применения на удобрения определяется по результатам баланса, который необходимо проводить в каждом конкретном хозяйстве, т.е. по разнице между общим выходом соломы и потребностью в соломе на корм животным, на подстилку, для приготовления компостов, для укрытия буртов, для хозяйственных нужд населения.

Торф. Торф – это растительная масса, разложившаяся в разной степени в условиях избыточного увлажнения и недостатка воздуха, состоящая из негумифицированных растительных остатков, перегноя и минеральных соединений.

Тип торфа определяется условиями его образования. По условиям образования торфяных болот добываемый торф делится на три типа: верховой, низинный и переходный.

При агрономической оценке различных типов торфов большое значение имеют их ботанический состав, степень разложения, зольность, содержание питательных веществ, кислотность, влагоемкость.

По степени разложения торф делится на *слаборазложившийся* (содержит 5-25% гумифицированных веществ), *среднеразложившийся* (25-40% гумифицированных веществ), *сильноразложившийся* (более 40% гумифицированных веществ). Слаборазложившийся торф целесообразно применять на подстилку, пропуская через скотный двор; среднеразложившийся – для компостирования; сильноразложившийся – для приготовления специальных питательных смесей.

Содержание питательных веществ в торфе зависит от его вида и типа. Торф содержит все необходимые для растений питательные элементы, однако большая часть из них (в первую очередь – азот) становится доступной только после минерализации. Поэтому торф становится источником питания для растений лишь после биологического воздействия на него, что может быть осуществлено при компостировании его с навозом, навозной жижей, пометом и фекалиями.

Важными показателями при определении способов использования торфа в сельском хозяйстве являются кислотность, влагоемкость и поглотительная способность торфа. В Республике Беларусь основным способом использования торфа в сельском хозяйстве является его компостирование. В небольших количествах торф может быть использован на подстилку и изготовление специальных удобрительных смесей, а также в качестве мульчи. Непосредственное использование торфа на удобрение без предварительного компостирования не допускается.

Средний состав нормальнозольного торфа при влажности 60% приведен в табл. 6.4.11.

Таблица 6.4.11 – Средний состав нормальнозольного торфа

Тип торфа	pH _{KCL}	Влажность, %	Содержание, кг/т				
			органическое вещество	N общий	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO
Низинный	4,7-5,5	60	350	10,0	1,2	0,7	15,0
Переходный	3,5-4,7	60	370	6,5	0,6	0,5	4,8
Верховой	2,8-3,5	60	385	4,0	0,4	0,3	1,2

Зеленое удобрение. Зеленое удобрение – это свежая растительная масса, запахиваемая в почву для обогащения ее органическим веществом, азотом и другими элементами питания. Часто этот прием называют сидерацией, а растения, выращиваемые на удобрение, – сидератами. Сидераты в отличие от других видов органических удобрений являются неисчерпаемым, постоянно возобновляемым источником обеспечения сельскохозяйст-

венных земель органическим веществом, а за счет бобовых сидератов – и биологическим азотом.

На зеленое удобрение возделывают бобовые культуры (люпин однолетний и многолетний, донник белый и желтый, горох, пельюшка (кормовой горох), сераделла, вика озимая и яровая, кормовые бобы, клевер, люцерна, лядвенец, галега восточная (козлятник) и др.); капустные культуры (озимый и яровой рапс, редька масличная, горчица белая, сурепица озимая и яровая); злаковые культуры (озимая рожь, райграс однолетний); водолистниковые культуры (фацелия); гречишные культуры (гречиха). Широко практикуется также использование сидератов в составе различных смесей, когда высевается не один вид сидератов, а их комбинация в самом разнообразном соотношении.

Использование того или иного вида сидерата зависит от погодно-климатических условий, количества тепла, осадков, условий местности, гранулометрического состава почвы, наличия удобрений и семян.

Различают следующие три основные формы зеленого удобрения: полное, укосное и отавное. *Полное* – в почву запахивают всю зеленую массу и корни растений; *укосное* – зеленую массу для запашки перевозят на другой участок; *отавное* – запахивают отаву, стерневые остатки и корни растений. В крупнотоварном производстве агроэкономически наиболее целесообразно отавное применение зеленого удобрения; зеленая масса в этом случае используется на корм животным.

На зеленое удобрение используются также две формы сидератов – в качестве *самостоятельной и промежуточной культуры*. Как самостоятельная культура сидераты занимают поле весь вегетационный период. При промежуточном использовании сидеральные культуры высеваются в промежутке между основными культурами. Промежуточные культуры в свою очередь подразделяются на следующие группы: подсевные, пожнивные, поукосные и озимые.

Подсевные сидераты высеваются ранней весной под однолетние травы, озимые и яровые зерновые (донник белый и желтый, сераделла, райграс однолетний, клевер, люцерна, лядвенец, галега восточная).

Пожнивные сидераты высеваются после уборки раносозревающих зерновых и зернобобовых культур в срок до 15 августа. В качестве пожнивных сидеральных культур рекомендуются быстрорастущие сидераты с коротким вегетационным периодом (узколистный сидеральный люпин, вика, пельюшка и их смеси, горчица белая, редька масличная, рапс яровой, фацелия). Промедление с посевом приводит к недобору урожая зеленой массы, а при наступлении ранних заморозков растения погибают, не нарастив массу.

Поукосные сидераты (могут высеваться те же культуры, что и в пожнивных посевах) высеваются на участках после озимой ржи на зеленый корм или после первого укоса многолетних трав, после скашивания однолетних бобово-злаковых смесей на зеленую массу и других культур, убираемых на силос и сенаж.

Озимые сидеральные культуры (озимый рапс, озимая сурепица и их смеси, озимая рожь + вика мохнатая) высеваются после уборки ранних и среднеранних культур для использования в качестве зеленого удобрения весной будущего года.

Наращивание надземной растительной массы и корней сидератов в пахотном горизонте зависит от типа почв, их гранулометрического состава, уровня плодородия, погодно-климатических и других местных условий. Наращивание растительной массы сидератов зависит также от биологических особенностей культуры, срока посева, внесения удобрений, а также от формы использования. В связи с этим может запахиваться от 6-7 до 25-50 т/га надземной зеленой массы и от 5 до 20 т/га корней. При запашке сидерата с нормальной густотой стояния растений вся надземная и корневая масса равномерно распределяется по полу, чего очень трудно добиться при внесении других видов органических удобрений.

Культуры, используемые в качестве сидератов, по-разному влияют на плодородие почвы и, прежде всего, на накопление в почве гумуса. Это зависит от того, используется ли на удобрение только надземная масса сидерата, запахивается ли она полностью на месте роста совместно с корневой системой, или заделываются в почву только отава с пожнивными и корневыми остатками. Отношение углерода к азоту в зеленой массе составляет 1:10-15 и она быстро разлагается; коэффициент гумификации

очень низкий. Поэтому запахивать зеленую массу рекомендуется только после ее подвязывания. Запашка надземной массы после подвязывания с корневыми остатками на месте роста или только оставы с пожнивными и корневыми остатками положительно влияет на накопление в почве гумуса. Отношение углерода к азоту увеличивается почти в два раза и в зависимости от культуры составляет 1:20-30, т. е. приближается к показателю классического органического удобрения – навоза.

Кроме прямого влияния на улучшение плодородия почвы и увеличение урожайности сельскохозяйственных культур, сидераты снижают переуплотнение почвы, улучшают ее структуру, предотвращают водную и ветровую эрозию, вымывание (миграцию) элементов питания за пределы корнеобитаемого слоя.

Средний состав различных видов зеленого удобрения приведен в табл. 6.4.12.

Таблица 6.4.12 – Средний состав зеленого удобрения

Культуры	Влаж- ность, %	Содержание, кг/т					
		орга- ниче- ское веще- ство	N об- щий	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
Бобовые	80	140	5,0	1,1	3,0	3,0	1,4
Крестоцветные	80	140	4,0	1,3	3,8	2,0	1,0
Злаковые	80	140	3,5	1,2	2,8	1,0	0,4
Смесь	80	140	4,2	1,2	3,2	2,0	1,0

Применение органических удобрений. Органические удобрения в системе удобрения применяют в первую очередь при возделывании картофеля, кукурузы, сахарной свеклы, корнеплодов, овощных и плодово-ягодных культур, озимых зерновых культур, однолетних и многолетних трав, на луговых землях. Дозы органических удобрений представлены в таблице 6.4.13.

Таблица 6.4.13 – Средние дозы органических удобрений под сельскохозяйственные культуры

Культура	Подстилочный на- воз или компост, т/га	Жидкий навоз, т/га	
		КРС	свиньи
Картофель столовый	40-50	-	-
Картофель фуражный	50-70	140-200	110-150
Сахарная свекла	60-70	-	-
Кормовые корнеплоды	70-80	200-250	150-180
Кукуруза	70-80	200-250	150-180
Озимые зерновые	30-40	-	-
Однолетние травы	30-40	80-100	60-80
Многолетние злаковые и бобово-злаковые травы:			
при перезалужении	30-40	80-100	60-80
при подкормке	-	150-250	130-180
Луговые земли	-	140-200	110-150

Уточненная доза различных видов органических удобрений устанавливается по содержанию в нем азота.

Пример. Под сахарную свеклу рекомендуется внесение 60 т/га соломистого навоза ($60 \times 5 = 300$ кг/га азота). В хозяйстве имеется бесподстилочный навоз с содержанием азота 3 кг/т (0,3%). Для внесения эквивалентного количества азота требуется внесение 100 т/га данного бесподстилочного навоза ($300 \text{ кг/га} : 3 \text{ кг/т} = 100 \text{ т/га}$).

Для корректировки доз внесения различных видов органических удобрений при естественной влажности со средним содержанием элементов питания рекомендуются коэффициенты: подстилочный навоз и торфонавозные компосты – 1,0; полужидкий навоз КРС – 0,6; полужидкий свиной навоз – 0,8; жидкий навоз КРС – 0,35; жидкий свиной навоз – 0,45; навозные стоки – 0,1; подстилочный помет – 4,0; куриный помет – 3,0; полужидкий помет и торфопометный компост – 2,0; сапропель – 0,8. Для расчета рекомендованная доза подстилочного навоза делится на данный коэффициент, который отражает разницу в содержании

азота и его доступность в различных видах органических удобрений.

Пример. Под кукурузу вносят 60 т/га соломистого навоза. Сколько потребуется полужидкого навоза КРС для компенсации дозы азота? Ответ: 100 т/га ($60 \text{ т/га} : 0,6 = 100 \text{ т/га}$).

Содержание элементов питания в органических удобрениях в зависимости от вида подстилки, типа кормления животных, метода уборки и сроков хранения может изменяться в широких пределах. В данном учебном пособии приведен средний состав основных видов органических удобрений. Для корректировки доз различных видов органических удобрений и уточнения доз внесения минеральных удобрений необходим периодический контроль качества всех видов органических удобрений и содержанием в них основных элементов питания.

Главное условие эффективного использования органических удобрений – равномерное их внесение в оптимальные сроки и своевременная заделка в почву. При разбрасывании навоза без заделки за 4 часа потери аммиачного азота могут достигать 55%, за 12 часов – 65, за 24 часа – 70, за 48 часов – 80%.

Оптимальным сроком применения подстилочного навоза и компостов на всех почвах, за исключением избыточно увлажненных песчаных, является осенне внесение под зяблевую вспашку. Под озимые зерновые подстилочный навоз вносится и летом.

Правильно забуртованные навоз и компосты к осени хорошо вызревают, в них погибает большинство возбудителей болезней и семян сорных растений. Следует также учитывать, что основная масса питательных веществ органических удобрений становится доступной для питания растений только после минерализации. Весной сроки внесения органических удобрений затягиваются из-за переувлажнения почвы, напряженного графика весеннего сева и других полевых работ; происходит переуплотнение почвы; для заделки органических удобрений требуется дополнительная обработка почвы.

Вносят подстилочный навоз на поля навозоразбрасывателями и в тот же день заделывают в почву. Глубина заделки навоза зависит от возделываемой культуры, гранулометрического состава почвы и составляет при внесении под вспашку 15-25 см, а

при внесении в лунки-10-12 см (особенно эффективно такое внесение под картофель).

Наибольший эффект от подстилочного навоза в год внесения проявляется на дерново- подзолистых почвах легкого гранулометрического состава при достаточном количестве осадков. Длительность его последействия также зависит от гранулометрического состава: на суглинистых почвах заметное действие на урожайность сельскохозяйственных культур подстилочный навоз оказывает в течение всей ротации севооборота, на песчаных почвах вследствие более быстрого разложения последействие менее продолжительное – два-три года.

Доза жидкого удобрения устанавливается исходя из содержания в нем азота. Жидкие органические удобрения применяют в основное внесение под вспашку или культивацию осенью, под культивацию весной, а также для подкормок по фазам роста и развития многолетних трав. Во избежание потерь на легких (рыхлосупесчаных, песчаных) почвах жидкий навоз под яровые культуры необходимо вносить весной. На пастбищах жидкий навоз вносится только осенью и не более 50 т/га иначе снизится поедаемость травы скотом.

При использовании бесподстилочного навоза в основной прием наиболее целесообразно его заделывать в биологически активный слой 7-17 см. Более глубокая заделка жидкого навоза по экологическим и экономическим причинам нецелесообразна, т.к. увеличивается опасность загрязнения грунтовых вод водорастворимыми органическими соединениями.

Следует избегать внесения жидкого навоза в зимний период на затопляемых весной участках, а также склонах, где возможен смыв удобрений талыми водами.

Зеленое удобрение в зависимости от типа использования (полное, отавное, укосное) запахивается осенью до наступления заморозков. Озимые сидеральные культуры запахиваются весной следующего года. При использовании на зеленое удобрение промежуточных культур их посев после уборки основных зерновых и зернобобовых культур производится в срок до 15 августа.

При использовании соломы на удобрение ее измельчение нужно проводить во время уборки зерновых, капустных, крупя-

ных и зернобобовых культур навесными приставками к комбайнам. Сразу же после измельчения соломы дополнительно следует внести 20-30 т/га жидкого навоза или минеральные азотные удобрения из расчета 10 кг азота на 1 т соломы зерновых колосовых, 7-8 кг азота на 1 т соломы капустных культур, гречихи, кукурузы, 3-5 кг/т соломы зернобобовых. Наиболее целесообразно солому вносить совместно с жидким навозом, при этом создаются благоприятные условия для гумификации, уменьшаются потери азота, существенно снижается опасность загрязнения окружающей среды. Солому с удобрениями заделывают дискованием, а через 3 недели запахивают, что способствует ее лучшей минерализации.

Глава 7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТРЕБНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В УДОБРЕНИЯХ

7.1. Использование питательных элементов растениями из почвы

Потребность в элементах питания культуры определяется с учетом планируемой урожайности культуры и нормативного (удельного) выноса ею элементов питания.

В процессе создания урожая растения используют питательные элементы из запасов почвы, из пожнивных и корневых остатков и из минеральных и органических удобрений.

Запасы подвижного азота в почве, усваиваемого растениями, можно определить по содержанию гумуса. По данным РУП «Институт почвоведения и агрохимии», растения усваивают из запасов почвы 20-25 кг азота на каждый процент гумуса. Например, если содержание гумуса составляет 2%, то растения могут использовать 45-50 кг/га ($2\% \times 20-25 \text{ кг}$).

Величину запасов подвижного фосфора и калия в почве вычисляют по формуле:

$$Z_{P2O5, K2O} (\text{кг/га}) = C \times H \times V \times 0,1, \quad (16)$$

где Z – запасы P_2O_5 и K_2O в почве, кг/га;

C – содержание подвижных P_2O_5 и K_2O в почве, мг/кг;

Н – мощность пахотного слоя, см;
V – объемная масса почвы, г/см³.

При отсутствии информации о мощности пахотного слоя и объемной массе используют средние данные (Н – 25 см, V – 1,2 г/см³). Тогда формула имеет следующий вид:

$$3 = C \times 25 \text{ см} \times 1,2 \text{ г/см}^3 \times 0,1 = C \times 3 \quad (17)$$

Не все количество подвижного фосфора и калия, которое имеется в почве, используется растениями. Коэффициенты использования питательных элементов из почвы меняются в зависимости от биологических особенностей культуры, плодородия почвы, погодных условий, уровня агротехники. Чем выше содержание элемента питания в почве в доступной форме, тем ниже коэффициент его использования растениями. Коэффициенты использования элементов питания повышаются в условиях орошения (в 1,5-2 раза), а также при внесении органических, минеральных и известковых удобрений, усиливающих доступность питательных элементов из почвы. Кроме того, нужно отметить, что коэффициенты учитывают усвоение питательных элементов из пахотного слоя, хотя растения используют их и из более глубоких слоев.

Коэффициент использования питательного элемента из почвы выражается в % и рассчитывается по формуле:

$$Kn = \frac{A}{3} \cdot 100, \quad (18)$$

где Kn – коэффициент усвоения элементов питания из почвы, %;

А – количество элемента питания, выносимое с урожаем на не удобренной почве, кг/га;

З – запасы подвижной формы элемента питания в пахотном слое, кг/га;

100 – коэффициент перевода в %.

Средние коэффициенты использования элементов питания из запасов почвы приводятся в таблице 7.1.1.

Определение возможного урожая за счет плодородия почвы. Возможный уровень урожая за счет плодородия почвы определяется при прогнозировании урожайности сельскохозяйственных культур.

Таблица 7.1.1 – Коэффициенты использования сельскохозяйственными культурами P_2O_5 и K_2O из почв, %

Культура	Коэффициенты использования	
	P_2O_5	K_2O
Озимая пшеница	4	10
Озимая рожь	6	12
Яровая пшеница	4	8
Ячмень	6	13
Овес	6	16
Просо	6	16
Зернобобовые (люпин)	4	8
Картофель	10	40
Лен (соломка)	4	12
Рапс	6	18
Кукуруза (зел. масса)	8	21
Однолетние травы	8	45
Многолетние травы	7	37
Промежуточные культуры	3-4	5-6
Овощные культуры: столовая свекла	12	15
морковь	13	18
В среднем из минеральных почв	6-8	10-15
В среднем из торфяно-болотных почв	10-20	30-50

Учитывая содержание в почве элементов питания и коэффициенты их использования, а также удельный вынос элементов питания культурой можно определить возможный ее урожай за счет плодородия почвы.

Пример. Озимая рожь возделывается на дерново-подзолистой супесчаной почве с содержанием гумуса 1,5%, подвижных форм фосфора и калия по 150 мг/кг почвы.

Запас азота в почве составит 30 кг/га ($1,5\% \times 20$ кг).

Запас фосфора и калия в почве составит по 450 кг/га (150 мг/кг почвы $\times 3$).

Коэффициент использования озимой рожью фосфора из почвы – 6%, калия – 12%.

Озимой ржи из почвы доступно: азота – 30 кг/га;

фосфора – 27 кг/га (6% от 450 кг/га);

калия – 54 кг/га (12% от 450 кг/га).

Для создания 1 ц зерна и соответствующего количества соломы озимой ржи необходимо 2,8 кг N, 1,21 кг P₂O₅ и 2,33 кг K₂O (нормативный (удельный) вынос).

Урожайность озимой ржи за счет плодородия почвы будет следующей:

за счет азота – 10,7 ц/га (30 кг/га : 2,8 кг),

за счет фосфора – 22,3 ц/га (27 кг/га : 1,21 кг),

за счет калия – 23,2 ц/га (54 кг/га : 2,33 кг).

Величину урожая ограничивает минимальный фактор, содержание подвижного азота, поэтому урожайность озимой ржи на данной почве без внесения удобрений составит 10,7 ц/га. Чтобы получать большие урожаи, необходимо применять удобрения.

7.2. Использование питательных элементов из вносимых удобрений, пожнивных и корневых остатков

Минеральные и органические удобрения. При внесении удобрений следует учитывать, что не все количество элементов питания, которое поступает с органическими и минеральными удобрениями в почву, усваивается растениями.

Степень усвоения растениями элемента питания, вносимого с удобрением, выражается коэффициентом использования. Коэффициент использования элемента питания из удобрений рассчитывается разностным методом (по разнице выноса элементов питания на удобренном и неудобренном варианте) по данным полевых опытов по следующей формуле:

$$K = \frac{By - Bo}{C} \cdot 100, \%, \quad (19)$$

где K – коэффициент усвоения элементов питания из удобрений, %;

By – вынос элемента питания с урожаем на удобренном участке, кг/га;

Bo – вынос элемента питания с урожаем на контрольном (неудобренном) участке, кг/га;

C – количество элемента питания, внесенное с удобрением, кг/га;

100 – коэффициент перевода в %.

Такой способ расчета коэффициента имеет серьезный недостаток, т.к. условно принимается, что при внесении удобрений количество используемых растениями питательных элементов из почвы не изменяется, хотя это не так. Правильнее было бы определить коэффициент использования элемента питания растениями из удобрения на фоне других питательных элементов, чем в сравнении с абсолютным контролем (без внесения удобрений). Более точно коэффициент можно определить только изотопным методом (^{15}N , ^{32}P).

Коэффициенты использования растениями элементов питания из удобрений варьируют в меньших пределах, чем коэффициенты использования элементов питания из почвы. Но и они существенно изменяются в зависимости от свойств почвы, биологических особенностей культур, погодных условий, форм удобрений, способа их внесения и других факторов.

Так, коэффициенты использования меньше при внесении больших доз удобрений, высокой кислотности почвы, при сплошном внесении удобрений по сравнению с локальным. В нормальные по увлажнению годы азот и калий из удобрений используются лучше, чем в засушливые.

На кислых почвах из минеральных удобрений плохо используются растениями азот и фосфор. Известкование почвы повышает использование из удобрений азота и фосфора, но снижает степень усвоения калия (проявляется антагонизм ионов Са и К).

Из труднорастворимых форм удобрений (фосфоритная мука) элементы питания усваиваются растениями в меньшей степени, чем из водорастворимых форм. Примерно одинаково (Ку = 15-20%) растения усваивают фосфор из суперфосфатов, аммофоса, аммофосфата, суперфосса и несколько лучше из ЖКУ. На легких почвах фосфор их минеральных удобрений усваивается лучше, чем на связных.

Средние значения коэффициентов использования элементов питания из минеральных и органических удобрений при нормальных условиях выращивания приводятся в таблицах 7.2.1-7.2.2.

Таблица 7.2.1 – Коэффициенты использования растениями питательных элементов из минеральных удобрений, %

Год действия	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Основные культуры севооборота			
1-й	60-70	15-20*	50-60
2-й	-	10-15	15-20
3-й	-	5	-
За ротацию севооборота	60-70	30-40	65-80
Культуры в промежуточных посевах			
1-й	40-45	10-15	40-45

* - при сплошном внесении вразброс; при локальном внутрипочвенном внесении – 30-35%.

В целом, азот лучше используется из минеральных удобрений, чем из органических удобрений, фосфор – лучше используется из органических удобрений, а калий – приблизительно одинаково используется из минеральных и органических удобрений. Из органических удобрений наиболее доступны элементы питания из жидкого навоза.

При расчете доз удобрений учитываются коэффициенты использования элементов питания из минеральных удобрений в 1-й год, из органических удобрений – в первый и второй год действия.

Пожнивно-корневые остатки. При разработке системы удобрения в севообороте также учитывается влияние питательных элементов пожнивных и корневых остатков. При возделывании сельскохозяйственных культур в почве остается значительное количество пожнивных и корневых остатков, в которых сосредоточено большое количество элементов питания. Питательные вещества, находящиеся в органической форме, после минерализации остатков переходят в доступное для культур состояние. Количество элементов, аккумулированных в пожнивно-корневых остатках, определяется многими факторами. Оно зависит от химического состава, урожайности, а также от количества корневых и пожнивных остатков той или иной сельскохозяйственной культуры.

Таблица 7.2.2 – Средние коэффициенты использования питательных элементов из органических удобрений, %

Год действия	Подстилочный навоз			Полужидкий навоз			Жидкий навоз			Торфо-навозные компосты			
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
Основные культуры севооборота													
1-й	20-25	25-30	50-60	30-35	30-35	50-60	45-50	35-40	60-65	15-20	20-25	45-50	
2-й	20	10-15	10-15	15-20	10	10	15-20	10	10	20	10-15	10-15	
3-й	10	5	-	-	5	-	5	5	-	5	-	-	
За ротацию севооборота			50-55	40-50	60-75	55-65	45-60	60-70	65-75	50-55	70-75	45-50	35-40
Культуры в промежуточных посевах													
1-й	20	15	45	25	15	50	30	20	55				

Количество пожнивно-корневых остатков в пахотном слое и содержание в них элементов питания представлено в таблице 7.2.3.

Таблица 7.2.3 – Количество пожнивно-корневых остатков в пахотном слое и содержание в них питательных элементов на дерново-подзолистых почвах

Культура	Урожайность, ц/га	Кол-во сухих пожн.-корн. остатков на 1 ц основной продукции, ц	Содержание элементов питания в пожнивных и корневых остатках, кг на 1 ц основной продукции		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	2	3	4	5	6
Клевер 1-го и 2-го года пользования, сено	21-30	1,5	3,2	0,9	1,6
	31-40	1,4	3,0	0,85	1,5
	41-60	1,3	2,8	0,8	1,4
	61-70	1,2	2,6	0,7	1,3
Бобово-злаковые мн. травы (кл. + тимоф.) 1-го и 2-го года пользования, сено	21-30	1,5	2,9	1,1	2,5
	31-40	1,4	2,8	1,0	2,3
	41-60	1,3	2,6	0,9	2,15
	61-70	1,2	2,4	0,9	2,0
Тимофеевка 1-го и 2-го года пользования, сено	21-30	1,6	2,9	1,33	3,7
	31-40	1,5	2,7	1,25	3,5
	41-60	1,4	2,5	1,1	3,2
	61-70	1,3	2,3	1,0	3,0
Озимые зерновые, зерно	16-20	1,5	0,9	0,41	1,6
	21-25	1,4	0,85	0,38	1,5
	26-30	1,3	0,75	0,35	1,4
	31-35	1,2	0,72	0,32	1,25
	36 и >	1,1	0,65	0,30	1,15
Яровые зерновые, зерно	11-20	1,3	0,91	0,44	1,95
	21-30	1,2	0,84	0,41	1,80
	31-35	1,1	0,77	0,37	1,65
	36-40	1,0	0,70	0,34	1,50
	41 и >	0,9	0,63	0,30	1,35
Горох, зерно	11-20	1,3	2,35	0,47	1,43
	21-30	1,2	2,17	0,43	1,32
	31-35	1,1	2,00	0,40	1,21

Продолжение таблицы 7.2.3

1	2	3	4	5	6
Люпин, зерно	11-15	4,4	5,3	1,32	7,2
	16-20	4,3	5,15	1,29	7,0
	21-25	4,2	5,0	1,26	6,9
	26-30 и >	4,1	4,9	1,23	6,7
Люпин, зеленая масса	101-150	0,19	0,66	0,14	0,38
	151-200	0,18	0,63	0,13	0,36
	201-300	0,17	0,60	0,12	0,34
	301 и >	0,16	0,56	0,11	0,32
Кукуруза, зеленая масса	150-250	0,14	0,09	0,04	0,22
	251-350	0,12	0,07	0,03	0,19
	351-400	0,10	0,06	0,026	0,15
	401 и >	0,09	0,05	0,02	0,14
Картофель, клубни	101-200	0,13	0,09	0,03	0,32
	201-300	0,12	0,08	0,025	0,30
	301 и >	0,11	0,07	0,02	0,27

При определении количества питательных веществ, используемых растениями из пожнивных и корневых остатков, агрохимики предлагают использовать коэффициенты, принятые для органических удобрений.

Пожнивные и корневые остатки минерализуются достаточно быстро. Особенно быстро минерализуются остатки бобовых культур. Влияние пожнивных и корневых остатков, прежде всего, учитывается на азотное питание растений.

Пример. При урожайности сена клевера 50 ц/га, после его уборки на 1 га останется 65 ц пожнивно-корневых остатков (50 ц/га x 1,3 ц) и 182 кг азота (65 ц/га x 2,8 кг). Культура, которая будет возделываться после клевера, а это чаще всего зерновые, использует 25% (коэффициент использование N из подстилочного навоза) азота пожнивно-корневых остатков (182 кг x 0,25 = 46 кг).

46 кг азота достаточно для формирования 17 ц/га зерна (нормативный вынос азота зерновыми культурами варьирует от 25,0 до 30,4 кг на 1 т зерна).

46 кг азота пожнивно-корневых остатков клевера эквивалентно применению 77 кг/га азота минеральных удобрений (в первый год из минеральных удобрений используется 60% азота (46 кг/га: 60% x 100 = 77 кг)).

7.3. Методы определения доз минеральных удобрений

Уровень применения минеральных удобрений в хозяйстве определяется, прежде всего, экономическими условиями. При разработке системы удобрения в хозяйстве и севооборотах наиболее рациональные дозы минеральных удобрений следует устанавливать в зависимости от применяемых технологий возделывания сельскохозяйственных культур. При выборе доз удобрений необходима их тщательная агроэкономическая оценка. Оптимальной дозой следует считать ту, которая обеспечивает наибольшую урожайность с гектара при максимальном чистом доходе от удобрений, т.е. самую низкую себестоимость получаемой продукции. Кроме того, она должна обеспечивать воспроизводство плодородия почвы и сохранение окружающей среды.

При определении дозы удобрений на планируемый урожай необходимо исходить из оптимальной продуктивности сельскохозяйственных культур.

Агрохимическая наука располагает более чем 20 методами расчета доз удобрений. В настоящее время в республике применяется 6 методов, основным из которых является комплексный.

1. Комплексный метод. Дозы минеральных удобрений рассчитываются на ЭВМ по специально программе «Уражай» по разработке плана применения в хозяйствах республики. В основу расчета доз удобрений этим методом положен учет выноса элементов питания планируемыми урожаями сельскохозяйственных культур и коэффициента их возврата в почву. Кроме того, в расчете учитываются почвенно-агрохимические условия, вид и количество органических удобрений, применяемых под основную и предшествующую культуру, а также бобовый предшественник.

Коэффициент возврата элемента питания в почву рассчитывается по формуле:

$$K_{\mathcal{B}} = \frac{D}{B} \cdot 100\% , \quad (20)$$

где $K_{\mathcal{B}}$ – коэффициент возврата элементов питания, %;

D – оптимальная доза удобрений, кг/га;

B – вынос элементов питания, кг/га.

Величина коэффициентов возмещения зависит от типа, гранулометрического состава почв, запасов в них подвижного фосфора и калия, биологических особенностей культур. В зависимости от этих условий коэффициенты возврата оформлены в виде справочных таблиц 7.3.1–7.3.3.

Таблица 7.3.1 – Возврат азота на дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных почвах на морене, %

№ группы	Культура	Группы урожайности				
		I	II	III	IV	V
1	2	3	4	5	6	7
1.	Озимые зерновые, кукуруза (зерно), картофель, кормовая свекла, редька масличная (з/м), овощи (морковь)	110	100	90	80	70
2.	Яровые зерновые (зерно), однолетние травы (зеленая масса), рапс (зеленая масса), бобово-злаковые травы (сено), многолетние и однолетние злаковые травы (семена), озимая рожь (зеленая масса)	100	90	80	70	60
3.	Сахарная свекла, естественные сенокосы и пастбища	130	120	110	100	90
4.	Кукуруза (зеленая масса), рапс, редька масличная (семена), однолетние травы (сено)	150	140	130	120	110
5.	Лен, бобово-злаковые смеси (зерно)	70	65	60	55	50
6.	Гречиха, культурные пастбища, овощи (капуста)	120	110	100	90	80
7.	Однолетние бобовые (зерно, зеленая масса)	40	35	30	25	20

Продолжение таблицы 7.3.1

1	2	3	4	5	6	7
8.	Однолетние бобово-злаковые травы (зеленая масса), многолетние бобово-злаковые травы (сено)	60	55	50	45	40
9.	Многолетние бобовые травы (сено, зеленая масса, семена), люпин	00	00	00	00	00
10.	Многолетние злаковые травы (сено), овощи (зеленые, лук, томаты)	180	170	160	150	140
11.	Овощи (огурцы)	400	380	360	310	320

Таблица 7.3.2 – Возврат фосфора на дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных почвах на морене, %

№ группы	Культура	Группа урожайности	Возврат при содержании P_2O_5 в почве, мг/кг				
			менее 100	101-150	151-200	201-300	301-400
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	Озимая пшеница, кукуруза (зерно), однолетние бобово-злаковые смеси (зерно), яровой рапс (зеленая масса), пельюшка (зеленая масса), овощи (свекла)	1	260	220	200	130	-
		2	250	210	190	125	55
		3	240	200	180	120	50
		4	220	180	160	110	45
		5	200	170	150	100	40
2.	Озимая рожь, тритикале (зерно), вика, сераделла (зеленая масса), райграс (сено), сенокосы улучшенные	1	240	200	180	120	-
		2	230	190	170	110	50
		3	220	180	160	105	45
		4	190	160	140	100	40
		5	180	150	130	90	35
3.	Ячмень, овес, яровая пшеница, тритикале (зерно), озимый и яровой рапс (семена), вика, (зерно), редька масличная, однолетние бобово-злаковые травы (зеленая масса)	1	220	180	160	110	-
		2	200	170	150	100	45
		3	190	160	140	95	40
		4	180	150	130	90	35
		5	170	140	120	80	30

Продолжение таблицы 7.3.2

1	2	3	4	5	6	7	8
4.	Картофель, райграс (зеленая масса), многолетние бобово-злаковые травы (сено), овощи (капуста)	1	370	310	280	190	75
		2	340	280	250	170	70
		3	310	260	230	160	65
		4	280	230	210	140	60
		5	250	210	190	130	55
5.	Лен, пастбища естественные, овощи (томаты, огурцы)	1	650	540	490	320	140
		2	600	500	450	300	130
		3	550	460	410	280	120
		4	500	420	380	250	110
		5	470	390	350	230	100
6.	Кормовая и сахарная свекла, горох (зерно), гречиха, кукуруза (зеленая масса), озимые зерновые (зеленая масса), пастбища культурные	1	300	250	220	150	65
		2	270	230	210	140	60
		3	250	210	190	130	55
		4	230	190	170	120	50
		5	220	180	160	110	45
7.	Зерновые + многолетние травы	1	320	270	240	160	70
		2	300	250	220	150	65
		3	280	230	200	140	60
		4	250	210	190	130	55
		5	240	200	180	120	50
8.	Многолетние бобовые травы (семена, сено, зеленая масса)	1	400	330	300	200	80
		2	360	300	270	180	75
		3	330	280	250	170	70
		4	310	260	230	160	65
		5	280	230	210	140	60
9.	Люпин, пельюшка (зерно)	1	180	150	140	80	45
		2	170	140	130	80	40
		3	160	130	120	75	35
		4	140	120	110	70	30
		5	130	110	100	60	25
10.	Многолетние злаковые травы (семена, сено), овощи (зеленые, лук, томаты)	1	550	460	410	280	120
		2	500	420	380	250	110
		3	460	380	340	230	100
		4	430	360	320	220	90
		5	410	340	310	200	80

Таблица 7.3.3 – Возврат калия на дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных почвах на морене, %

№ группы	Культура	Группа уро- жайно- сти	Возврат при содержании K ₂ O в почве, мг/кг				
			ме- нее 80	81- 140	141- 200	201- 300	301- 400
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	Озимая пшеница, три- тикале (зерно), горох, горохо-овсяная смесь (зерно), зерновые (зеле- ная масса) + многолет- ние травы, овощи (лук)	1	220	180	165	105	-
		2	200	165	150	95	40
		3	180	150	135	85	35
		4	160	135	120	75	30
		5	140	120	110	65	25
2.	Яровой ячмень (зерно), люпин (зерно, зеленая масса, однолетние бо- бово-злаковые травы (зеленая масса), паст- бища	1	140	120	110	70	-
		2	130	110	100	65	30
		3	120	100	90	55	25
		4	110	90	80	50	25
		5	100	80	70	40	20
3.	Озимая рожь, ячмень, яровая пшеница, трити- кале + многолетние тра- вы, кукуруза (зеленая масса), многолетние травы (сено, семена, зеленая масса)	1	200	160	145	90	-
		2	180	145	130	85	35
		3	160	130	115	80	30
		4	140	115	105	70	25
		5	120	100	90	60	25
4.	Картофель	1	100	90	80	55	20
		2	90	80	70	50	20
		3	80	70	60	40	15
		4	70	60	50	35	15
		5	60	50	40	30	10
5.	Лен, яровой рапс, редь- ка масличная (семена), овощи (томаты, огурцы)	1	260	220	200	130	55
		2	240	200	180	120	50
		3	220	180	160	110	45
		4	200	160	145	100	40
		5	180	140	125	90	35

Продолжение таблицы 7.3.3

1	2	3	4	5	6	7	8
6.	Яровая пшеница (зерно), сахарная свекла, кормовые корнеплоды, вика (зерно), зерновые (зеленая масса), однолетние бобовые травы (зеленая масса)	1 2 3 4 5	160 150 140 120 100	130 120 110 100 90	120 110 100 90 80	70 65 60 55 50	30 30 25 25 20
7.	Озимая пшеница, тритикале + многолетние травы	1 2 3 4 5	240 220 200 180 160	200 185 170 155 135	180 165 150 135 120	120 110 100 90 80	50 45 40 35 30
8.	Овес (зерно), рапс (зеленая масса), редька масличная (зеленая масса), овощи (свекла)	1 2 3 4 5	130 120 110 100 90	110 100 90 80 70	100 90 80 70 60	60 55 50 40 35	25 25 20 20 15
9.	Озимый рапс (семена), овощи (томаты, огурцы)	1 2 3 4 5	280 260 240 220 200	240 220 200 180 160	220 200 180 160 145	140 130 120 110 100	60 55 50 45 40
10.	Яр. тритикале (зерно), гречиха, пельюшка, пельюшка-овес, вико-овес (зерно), озимый ячмень (зерно), кукуруза (зерно), сенокосы, овощи (зеленые, морковь, капуста)	1 2 3 4 5	180 165 150 135 120	140 130 120 110 100	125 120 110 100 90	85 80 70 65 55	35 30 25 20 20

Уровни урожайности основных сельскохозяйственных культур представлены в таблице 7.3.4.

Таблица 7.3.4 – Уровни урожайности основных сельскохозяйственных культур

Культура	Группы и уровни урожайности, ц/га				
	I	II	III	IV	V
Зерновые	10-30	30,1-40	40,1-50	50,1-60	60,1-80
Зернобобовые	10-15	15,1-20	20,1-25	25,1-35	35,1-50
Гречиха и крестоцветные	6-10	10,1-14	14,1-18	18,1-22	22,1-30
Лен (волокно)	3-5	5,1-7	7,1-9	9,1-11	11,1-16
Сахарная свекла, овощи	100-200	201-300	301-400	401-500	501-600
Картофель	150-200	201-250	251-300	301-400	401-500
Кукуруза (зеленая масса)	200-300	301-400	401-500	501-600	601-800
Кормовые корнеплоды	200-300	301-500	501-700	701-900	901-1200
Однолетние и многолетние травы (з/м), озимая рожь (з.м.)	100-150	151-200	201-250	251-300	301-500
Однолетние и многолетние травы (сено), кукуруза (зерно)	20-30	31-40	41-60	61-80	81-120
Многолетние травы (семена)	2-3	3,1-4	4,1-5	5,1-6	6,1-8
Овощи	100-150	151-200	201-300	301-400	> 400

Расчет доз удобрений проводится по следующим формулам:

$$D_N = \left[\frac{Y \cdot B \cdot K\sigma}{1000} - (H_0 \cdot T_0) + (H_1 \cdot T_1) \right] - Kn, \quad (21)$$

$$\Delta_{P2O5} = \left[\frac{Y \cdot B \cdot K\kappa}{1000} - (Ho \cdot To) + (H_1 \cdot T_1) \right] \cdot KpH, \quad (22)$$

$$\Delta_{K2O} = \left[\frac{Y \cdot B \cdot K\kappa}{1000} - (Ho \cdot To) + (H_1 \cdot T_1) \right] \cdot KpH \cdot Krad, \quad (23)$$

где $\Delta_{N, P2O5, K2O}$ – доза азота, фосфора, калия, кг/га;
 Y – урожайность, ц/га;
 B – удельный (нормативный) вынос элементов питания, кг/т;
 $K\kappa$ – коэффициент возврата, %;
 Ho – доза органических удобрений, внесенных под возделываемую культуру, т/га;
 To – количество элементов питания, используемых из 1т органических удобрений, кг;
 H_1 – доза органических удобрений, внесенных под предшественник, т/га;
 T_1 – количество элементов питания, используемых из 1т органических удобрений, внесенных под предшественник, кг;
 Kp – поправка на бобовый предшественник, кг/га;
 K_{pH} – коэффициент корректировки доз P_2O_5 и K_2O в зависимости от кислотности почв;
 $Krad$ – коэффициент корректировки доз K_2O в зависимости от радиационного загрязнения почв.

Агрохимической наукой республики получены нормативные данные по удельному (нормативному) выносу элементов питания для всех возделываемых культур (табл. 2.2), а также по усвоению элементов питания из органических удобрений (таблица 7.3.5).

Если предшественником были многолетние и однолетние бобовые травы, то Kp равен 20 кг/га, бобово-злаковые травосмеси и зернобобовые культуры – 10 кг/га.

Таблица 7.3.5 – Потребление растениями элементов питания из органических удобрений, кг/т

Виды удобрений	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	Потребление, кг из одной тонны					
	1-й год			2-й год		
Навоз КРС на соломистой подстилке	0,90	0,50	2,00	0,50	0,15	0,48
Навоз КРС на торфяной подстилке	0,68	0,41	1,60	0,42	0,11	0,38
Навоз КРС на опилках	0,69	0,47	1,44	0,45	0,11	0,34
Навоз КРС полужидкий	0,80	0,42	2,00	0,40	0,11	0,34
Навоз КРС жидкий	0,55	0,32	1,57	0,27	0,10	0,26
Навоз лошадей	1,04	0,77	2,75	0,70	0,33	0,66
Навоз свиней на соломенной подстилке	0,84	0,70	2,24	0,42	0,30	0,53
Навоз свиней на опилках	0,65	0,70	1,47	0,21	0,30	0,34
Навоз свиней полужидкий	0,72	0,25	1,65	0,35	0,11	0,25
Навоз свиней жидкий	0,60	0,22	1,00	0,29	0,10	0,15
Навоз овец	2,07	0,60	2,80	0,82	0,24	0,60
Навозные стоки	0,15	0,15	0,40	0,04	0,08	0,13
Птичий помет	3,28	4,00	2,75	1,64	1,95	0,66
Птичий помет на торфяной подстилке	2,04	2,05	1,50	1,02	0,98	0,30
Птичий помет на опилках	1,00	0,65	1,70	0,80	0,26	0,40
Птичий помет на костре	0,87	0,55	1,05	0,69	0,22	0,24
Термически высушенный помет	8,00	8,75	10,50	2,00	3,50	2,10
Торфо-пометный компост 1:1	2,04	2,05	1,50	1,02	0,98	0,30
Торфо-пометный компост 1:2	2,44	2,50	1,50	1,22	1,20	0,30
Торфо-навозный компост 1:1	0,70	0,35	1,20	0,30	0,14	0,29
Торфо-навозный компост 2:1	0,51	0,25	1,08	0,20	0,12	0,26
Торфо-жиженый компост	0,95	0,15	0,50	0,40	0,05	0,20
Зеленое удобрение	1,35	0,25	0,85	0,45	0,12	0,17
Сапропели	0,50	0,22	0,75	0,27	0,09	0,18

При плотности загрязнения Cs¹³⁷ более 5,0 Ки/км² и Sr⁹⁰ более 0,3 Ки/км² K_{рад} равен 1,5 и применяется для минеральных почв с содержанием K₂O менее 200 мг/кг и для торфяных – менее 600 мг/кг. Коэффициент корректировки доз фосфора и калия

в зависимости от кислотности почв представлены в таблице 7.3.6.

Таблица 7.3.6 – Коэффициент корректировки доз фосфора и калия в зависимости от кислотности почв

Фосфор		Калий	
pH _{KCl}	K _{pH}	pH _{KCl}	K _{pH}
< 5,0	1,2	< 6,0	1,2
5,1 – 5,5	1,1	5,6 – 6,0	1,1
> 5,5	1,0	> 6,0	1,0

Расчетные дозы азота, фосфора и калия корректируются в зависимости от типа и гранулометрического состава почвы. Поправочные коэффициенты к дозам представлены в таблице 7.3.7.

Расчет доз в физической массе конкретной формы удобрения проводят по формуле:

$$\text{Д ф.м.} = \frac{D_{NPK} \cdot 100\%}{C}, \quad (24)$$

где Д ф.м. – доза удобрений в физической массе, кг/га или ц/га;

D_{NPK} – доза удобрения в действующем веществе, кг/га;

C – содержание действующего вещества в удобрении, %.

Таблица 7.3.7 – Поправочные коэффициенты к дозам минеральных удобрений в зависимости от типа и гранулометрического состава почв

Тип и гранулометрический состав почв	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Дерново-подзолистые суглинистые и супесчаные на морене	1,0	1,0	1,0
Дерново-подзолистые песчаные и супесчаные на песках	1,1	0,9	1,1
Торфяно-болотные с мощностью торфа более 0,5 м	0,0	1,1	1,1
Торфяно- и торфянисто-глеевые	0,4	1,0	1,1

Дозы минеральных удобрений комплексным методом по программа «Урожай» могут быть рассчитаны в республиканском вычислительном центре, в ОПИСХ или в самом хозяйстве, если имеется данная программа.

С 1977 года все хозяйства стали получать планы применения удобрений, разработанные по программе «Урожай» на ЭВМ. Это позволило перейти к дифференцированному распределению удобрений по полям, что способствовало повышению эффективности их использования, а также целенаправленному регулированию почвенного плодородия. В настоящее время методика и компьютерные программы для разработки системы применения удобрений усовершенствованы с учетом новых агрохимических разработок в области плодородия почв, питания растений, технологии возделывания сельскохозяйственных культур. Хозяйства и фермеры могут заказывать разработку плана применения удобрений на ЭВМ или, используя программу, составлять его самостоятельно.

В настоящее время при расчете оптимальных доз удобрений на планируемую урожайность в планах применения удобрений по полям и отдельно удобряемых участках реализована ресурсосберегающая система их применения, разработанная РУП «Институт почвоведения и агрохимии». Суть ее заключается в том, что расчетные дозы минеральных удобрений с учетом действия и последействия органических удобрений на почвах с оптимальным содержанием P_2O_5 и K_2O (200-300 мг/кг) должны компенсировать вынос этих элементов с урожаем, т.е. поддерживать достигнутый уровень обеспеченности почв. На почвах с более низким содержанием фосфора и калия расчетные дозы фосфорных и калийных удобрений на 40-80% превышают вынос указанных элементов с целью постепенного повышения урожаяевых их в почвах, а на почвах с содержанием фосфора и калия более 300 мг/кг при расчете доз удобрений предусматривается только частичная (50-60%) компенсация выноса. Азотные удобрения применяются в оптимальных дозах для получения планируемой урожайности сельскохозяйственных культур.

Для разработки плана применения удобрений используются два входных документа: Размещение посевов и планируемая урожайность сельскохозяйственных культур; Количество и ассортимент минеральных удобрений.

Форма «Размещение посевов и планируемая урожайность сельскохозяйственных культур» представляет собой таблицу (табл. 7.3.8).

Таблица 7.3.8 – Размещение посевов и планируемая урожайность сельскохозяйственных культур

Хозяйство (землепользование) _____ Район _____
 Область _____ Площадь сельскохозяйственных угодий _____ Га

№ стро- ки	Пло- щадь поля (рабо- чий участ- ка), га	Номе- ра эле- ментов участ- ков, вхо- дящих в поле	Предшественник		Возделываемая культура				план внесения органических удобрений	
			код куль- туры	код внесе- ния орга- нических удоб- ренний	код куль- туры	код плани- руемая урожай- ность, т/га	код удоб- рения	код удоб- рения		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Агрохимические показатели почв элементарных участков (pH_{KCl} , содержание гумуса, подвижных форм фосфора, калия, меди, бора, цинка) содержатся в банке данных. В банке данных компьютера содержатся также нормативный вынос элементов питания всеми сельскохозяйственными культурами, коэффициенты возврата азота, фосфора и калия в почву, химический состав различных видов органических удобрений, усвоение из них элементов питания в первый и второй год действия.

Второй документ «Количество и ассортимент минеральных удобрений» также представляет собой таблицу (табл. 7.3.9).

Таблица 7.3.9 – Количество и ассортимент минеральных макро- и микроудобрений, подлежащих распределению

Хозяйство (землепользование) _____ Район _____
Область _____ Код хозяйства _____

Виды и формы удобрений	Код удобренния	Количество	
		кг д.в.	кг физ. массы
Азотные (наличие, всего)			
Формы:			
Фосфорные (наличие, всего)			
Формы:			
Калийные (наличие, всего)			
Формы:			
Микроудобрения (наличие, всего)			
Формы:			

Входные документы составляют и подают агрономы хозяйств.

Разработанный на ЭВМ план применения удобрений представляет собой таблицу (табл. 7.3.10) и включает в себя следующую информацию:

– потребность в минеральных удобрениях на планируемую урожайность, корректировка ее с учетом ресурсов удобрений в хозяйстве;

- распределение физических объемов минеральных удобрений в зависимости от форм;
- потребность в микроудобрениях.

Рассчитанные дозы минеральных удобрений под сельскохозяйственные культуры корректируются с учетом имеющегося в хозяйстве количества, а также видов и форм удобрений. Дозы азотных удобрений корректируются в соответствии с общим коэффициентом обеспеченности. Если в хозяйстве азотных удобрений фактически имеется 70% от потребности, то каждая культура будет получать 70% азота от рассчитанной дозы.

Метод элементарного баланса. В основе этого метода используются данные по выносу элементов питания, коэффициенты использования питательных веществ из почвы и из удобрений. Расчет доз удобрений проводится по следующей формуле:

$$D = \frac{100 \cdot Y \cdot B - 3n \cdot Kn}{Ky}, \quad (25)$$

где D – доза удобрений, кг д.в./га;

Y – планируемая урожайность, т/га;

B – удельный (нормативный) вынос элементов питания урожаем, кг/т;

$3n$ – запасы питательных веществ в почве, кг/га;

Kn – коэффициент использования элементов питания из почвы, %;

Ky – коэффициент использования элементов питания из удобрений, %.

Определение доз удобрений на основе результатов полевых опытов. Полевые опыты проводят различные научные и учебные учреждения. По их результатам делаются заключения и даются предложения производству. Проведение полевых опытов требует времени и материальных затрат. Прежде чем дать предложение производству, необходимо получить данные как минимум за 3 года. Используя такие предложения, агрономы хозяйств должны учитывать поправочные коэффициенты на агрохимические свойства почв, а также учитывать действие других факторов, определяющих эффективность удобрений.

Таблица 7.3.10 – План применения удобрений

№ стро- ки	Доза органиче- ских удобрений, кг/га	Основное + припосевное, кг/га			Подкормки зго- том (первая, вто- рая), кг/га			Микроэлементы, некорневые под- кормки, г/га										
		азот	фосфор	калий	форма Д.В.	форма физи- ческой массы	форма Д.В.	фтор ма- ссы	фос- фор в физи- ческой массы	В	Си	Mo						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19

Бригада поле рабочий участок площадь га
 картофель rH_{KCl} P_2O_5 K_2O Mg/K , гумус %
 Требуется

Вносятся с органическими удобрениями

Потребность в минеральных удобрениях поля №
 Выделено минеральных удобрений с учетом ресурсов
 Формы удобрений
 Всего по полю, ц

На основании обобщения данных полевых опытов научно-исследовательских учреждений Республики Беларусь разработаны рекомендации по применению оптимальных доз удобрений под сельскохозяйственные культуры на различных типах почв (Справочник агрохимика, 2007).

В качестве примера можно привести рекомендуемые дозы минеральных удобрений под сельскохозяйственные культуры, возделываемые на торфяно-болотных почвах (см. табл. 12.2).

Нормативный. Это расчет доз удобрений по нормативам затрат минеральных удобрений на единицу урожая или на единицу прибавки урожая.

$$Д = У \cdot H_1 \cdot K, \quad (26) \quad Д = У \cdot H_2 \cdot K, \quad (27)$$

где $Д$ – доза удобрений, кг д.в./га;

$У$ – урожайность, ц/га;

H_1 – норматив затрат удобрений на единицу урожая, кг/ц;

H_2 – норматив затрат на единицу прибавки, кг/ц;

K – поправка на содержание подвижных элементов питания.

Метод математического моделирования на основе зависимости урожайности от дозы удобрений:

$$y = f(x)$$

где y – урожайность, ц/га;

x – доза удобрений, кг д.в./га.

Метод целенаправленного регулирования плодородия почвы. Расчет доз удобрений проводится с целью повышения почвенного плодородия по формуле:

$$Д = 0,1 (C_{\text{план.}} - C_{\text{факт.}}) \cdot H, \quad (28)$$

где $Д$ – доза удобрений, кг д.в./га;

$C_{\text{план.}}$ – планируемое содержание подвижного фосфора и калия, мг/кг;

$C_{\text{факт.}}$ – фактическое содержание подвижного фосфора и калия, мг/кг;

H – нормативная доза РК сверх выноса их с урожаем для увеличения содержания подвижного фосфора и калия на 10 мг/кг, кг/га.

Нормативы затрат фосфорных и калийных удобрений сверх выноса с урожаем для увеличения содержания подвижного фосфора и калия на 10 мг/кг почвы представлены в таблицах 7.3.11 и 7.3.12.

Таблица 7.3.11 – Нормативы затрат фосфорных удобрений сверх выноса с урожаем для увеличения содержания подвижного фосфора на 10 мг/кг почвы, кг/га P_2O_5

Гранулометрический состав почвы	рН _{КСІ}	Исходное содержание P_2O_5 , мг/кг почвы			
		менее 60	61-100	101-150	151-250
Суглинистые	4,5-5,0	75	69	65	69
	5,1-5,5	70	63	57	58
	5,6-6,0	65	56	49	47
Супесчаные	4,5-5,0	70	64	60	64
	5,1-5,5	65	58	52	52
	5,6-6,0	60	51	44	42
Песчаные	4,5-5,0	65	59	55	59
	5,1-5,5	60	53	47	48
Торфяные	в среднем		18		

Таблица 7.3.12 – Нормативы затрат калийных удобрений сверх выноса с урожаем для увеличения содержания калия на 10 мг/кг почвы, кг/га K_2O

Гранулометрический состав почвы	Интенсивность баланса, %	Исходное содержание K_2O , мг/кг почвы		
		менее 80	81-140	141-200
Суглинистые	130	30	42	55
	170	40	52	65
	210	50	62	75
Супесчаные	130	47	58	72
	170	57	68	82
	210	67	78	92
Песчаные	130	58	70	83
	170	68	80	93
	210	78	90	103
Торфяные	130	в среднем	13	

Глава 8. БАЛАНС ПИТАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПОЧВЕ

8.1. Понятие и виды баланса

В результате сельскохозяйственного использования почвы претерпевают существенное изменение, при этом изменяется интенсивность процессов превращения и миграции элементов питания, потребления и отчуждения их растениями.

Оценка состояния баланса элементов питания в системе почва – растение – удобрение является важной характеристикой эффективности использования минеральных и органических удобрений в сельскохозяйственном производстве. Показатели баланса отражают пути превращения и расхода питательных веществ минеральных и органических удобрений, долю элементов питания, продуктивно используемую и отчуждаемую растениями из почвы и воспроизводимую за счет органических и минеральных удобрений.

Баланс питательных веществ в системе почва – растение – удобрение составляет часть общего процесса взаимодействия элементов питания и относится к малому биологическому круговороту.

Учет результатов баланса позволяет более обоснованно планировать производство продукции сельского хозяйства с наименьшими затратами и более высокой окупаемостью органических и минеральных удобрений, прогнозировать потребность в удобрениях и знать изменение обеспеченности почв питательными веществами, регулировать плодородие почв, обеспечивать охрану окружающей среды. Расчеты баланса питательных веществ по отдельным хозяйствам и севооборотам позволяют установить более обоснованные системы удобрения сельскохозяйственных культур, уменьшить потери питательных веществ.

Баланс элементов питания в почве оценивается по разности между суммарным их количеством, поступившим в почву и отчуждаемым из нее. Таким образом, баланс питательных элементов состоит из приходной и расходной частей.

Для оценки эффективности сельскохозяйственного производства крупных регионов, областей, районов, хозяйств использу-

зуются различные виды баланса питательных веществ в земледелии: биологический, хозяйственный, дифференцированный и эффективный.

Биологический баланс дает наиболее полное представление о круговороте веществ. В приходные статьи биологического баланса включаются: поступление питательных веществ с органическими и минеральными удобрениями, осадками, семенами, симбиотическая и несимбиотическая азотфиксации; в расходные – содержание питательных веществ в основной и побочной продукции, отчуждаемой с поля, в корневых и послеуборочных остатках.

Внешнехозяйственный баланс. При расчете этого вида баланса сопоставляется поступление питательных элементов с минеральными удобрениями, комбикормами, органическими удобрениями, приобретаемыми хозяйством (торф, сапропели, лигнин и др.) с количеством питательных элементов, отчуждаемых с территории хозяйства с товарной продукцией растениеводства и животноводства. На внешнехозяйственный баланс влияет специализация хозяйства. Так, в хозяйствах, специализирующихся на производстве продукции животноводства и использующих собственные корма, с органическими удобрениями в почву возвращается 40-50% азота, 60-70% фосфора и 80-90% калия, вынесенных урожаем. В хозяйствах зернового направления в почву возвращается 20-40% азота, 15-30% фосфора и 65-85% калия от вынесенных урожаем.

Хозяйственный баланс определяется по валовому поступлению и отчуждению элементов питания. При расчете хозяйственного баланса учитываются все приходные и расходные статьи, в том числе и непроизводительные потери. Хозяйственный баланс характеризует не только долю участия удобрений в малом биологическом круговороте, обеспеченность сельскохозяйственных культур элементами питания, но и характер изменения их содержания в почве, позволяет количественно прогнозировать тенденции изменения плодородия почв. В то же время хозяйственный баланс не дает полного представления об условиях питания отдельных культур или севооборота в целом, так как растения используют только часть элементов питания из внесенных удобрений.

Эффективный баланс определяется с учетом возможных коэффициентов использования питательных веществ из удобрений в год их внесения или за ротацию севооборота.

Дифференцированный баланс. При расчете этого вида баланса количество минеральных удобрений относится не на всю площадь земель, а только на площадь их первоочередного применения, то есть на почвах, недостаточно обеспеченных элементами питания.

Дифференцированный и эффективный балансы элементов питания в агрохимической практике используется крайне редко.

Баланс питательных веществ оценивается показателями дефицита элементов питания или их избытком, интенсивностью, структурой, емкостью, реутилизацией питательных веществ.

Дефицит или избыток элементов питания представляет разницу между всеми источниками их поступления и расхода и выражается в абсолютных (кг, т) или относительных (%) величинах на всю площадь или единицу площади.

Интенсивность баланса – отношение поступления элементов питания к их отчуждению. Выражается в виде процентов или коэффициентов.

Емкость баланса – сумма выноса из почвы и всех статей возмещения питательных элементов. Она характеризует мощность круговорота веществ. Чем больше емкость баланса, тем интенсивнее земледелие в исследуемом регионе, области, хозяйстве.

Структура баланса характеризует долевое участие отдельных статей прихода и расхода элементов питания. Анализ структуры баланса позволяет оценить источники поступления, затраты на производство единицы продукции.

Реутилизация питательных веществ определяется как отношение поступления в почву элементов питания с навозом к выносу их урожаем, т.е. реутилизация характеризует повторное использование элементов питания, поступивших с минеральными удобрениями, через растениеводческую продукцию (солома, корм животных), прошедшую через животноводческие фермы и возвращаемую на поле в виде навоза.

Степень реутилизации элементов питания определяется в основном специализацией хозяйства, концентрацией животно-

водства. Высокий повторный возврат элементов питания имеет место в хозяйствах животноводческого направления, где меньше товарность растениеводческой продукции.

Если в качестве органических удобрений используется не навоз, а торфонавозные компости, то при определении степени реутилизации из общего количества элементов питания, поступивших в почву с органическими удобрениями, необходимо вычесть их наличие в торфе, используемом для приготовления компостов.

В практике агрохимического обслуживания сельскохозяйственного производства в научных исследованиях, а также для оценки системы применения удобрений по степени обеспеченности планируемых урожаев элементами питания необходимо проводить расчет хозяйственного баланса.

8.2. Расчет хозяйственного баланса

Хозяйственный баланс питательных веществ в почве севооборота или других сельскохозяйственных угодий рассчитывается в среднем за год в кг на 1 гектар. Для более полной и объективной характеристики обеспеченности питательными элементами получаемых и планируемых урожаев в хозяйстве необходимо иметь данные по балансу не менее чем за 5 лет, а лучше за ротацию севооборота.

Хозяйственный баланс питательных веществ в севообороте рассчитывается по формуле:

Б э.п. (\pm кг/га) = $(\Pi_{МУ} + \Pi_{ОУ} + \Pi_О + \Pi_С + \Pi_Б + \Pi_Н) - (P_{Вын.} + P_{Выщ.} + P_{ЭР.} + P_Г)$, (29)
где Б э.п. – баланс элементов питания, кг/га;

$\Pi_{МУ}$ – приход элементов питания с минеральными удобрениями, кг/га;

$\Pi_{ОУ}$ – приход элементов питания с органическими удобрениями, кг/га;

$\Pi_О$ – приход элементов питания с осадками, кг/га;

$\Pi_С$ – приход элементов питания с семенами, кг/га;

$\Pi_Б$ – биологический азот, фиксированный бобовыми культурами, кг/га;

$\Pi_Н$ – несимбиотическая азотфиксация азота, кг/га;

($\Pi_Б$ и $\Pi_Н$ – учитывается только при расчете баланса N);

$P_{\text{вын.}}$ – вынос элементов питания урожаем сельскохозяйственных культур, кг/га;

$P_{\text{выщ.}}$ – потери элементов питания от выщелачивания (вымывания), кг/га;

$P_{\text{эр.}}$ – потери элементов питания от эрозии почв, кг/га;

$P_{\text{Г}}$ – газообразные потери азота, кг/га.

Можно рассчитать баланс всех макро- и микроэлементов. Чаще всего рассчитывается баланс азота, фосфора и калия, а также кальция, магния и серы.

Основная статья поступления элементов питания – органические и минеральные удобрения (Пму и Поу). Данные о применении удобрений минеральных и органических удобрений устанавливаются согласно отчетов хозяйств. Поступление кальция, магния и серы с удобрениями отражено в таблице 8.2.1.

Таблица 8.2.1 – Поступление кальция, магния и серы с удобрениями

Удобрения, известковые материалы	CaO	MgO	S, %
	кг на 100 кг основного д.в.		
Суперфосфат простой	117	-	9,0-13,0
Суперфосфат двойной	31	-	-
Молотый известняк	56	-	-
Молотый доломит	30	20	-
Молотый доломитизированный известняк	50	5	-
Мел	56	-	-
Гашеная известь	56	-	-
Доломитовая мука	30	20	-
Дефекат	56	-	-
Сланцевая зола	58	5	-
Цементная пыль	58	1	1,0
Сульфат аммония	-	-	23,0-24,2
Сульфат калия	-	-	18,0
Сульфат магния	-	-	18,6
Сульфат натрия	-	-	22,6
Фосфогипс (на 100 кг физической массы)	23	-	17,7-20,6

Поступление азота, фосфора, калия и других элементов с органическими удобрениями определяется по формуле с учетом насыщенности органическими удобрениями 1 га севооборотной площади в тоннах и химического состава применяемых органических удобрений:

$$(По.у. = H \times C), \quad (30)$$

где По.у. – поступление элементов питания с органическими удобрениями, кг/га;

Н – средняя доза органических удобрений (насыщенность), т/га;

С – содержание элементов питания в органическом удобрении, кг/т.

В среднем за год по республике поступление элементов питания с органическими удобрениями характеризуется величинами, представленными в таблице 8.2.2, а поступление элементов питания с атмосферными осадками, семенами – в таблице 8.2.3.

Таблица 8.2.2 – Поступление элементов питания с 1 тонной органических удобрений

Вид органических удобрений	Содержание, кг/т						
	органическое вещество	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	SO ₄
Навоз КРС на соломенной подстилке	210	5,0	2,5	6,0	4,0	1,1	0,6
Навоз КРС на торфяной подстилке	220	6,0	2,0	5,0	4,5	1,0	0,5
Навоз КРС полужидкий	125	3,5	1,5	4,0	1,3	0,9	0,3
Навоз КРС жидкий	40	2,0	1,0	2,5	0,5	0,4	0,1
Навозные стоки КРС	18	0,7	0,4	0,7	-	-	-
Навоз свиной жидкий	40	2,5	0,9	1,8	0,6	0,2	0,1
Компост (навоз:торф = 1:1)	220	5,0	1,6	4,0	3,5	0,6	0,3
Солома зерновых культур	800	4,0	1,5	10,0	2,0	1,0	-
Зеленое удобрение	140	4,2	1,2	3,2	2,0	1,0	-
Поступление элементов питания с ОУ в среднем		3,5	1,8	3,4	2,3	0,7	0,5

Таблица 8.2.3 – Поступление элементов питания в почву с атмосферными осадками, семенами, кг/га

Статьи прихода	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	SO ₄
Атмосферные осадки	9,4	0,5	10,3	25,3	5,0	36,0
Семена	3,0	1,3	1,5	-	-	-

Обеспеченность растений азотом происходит также за счет введения в севооборот бобовых культур, которые благодаря симбиотической азотфиксации обеспечивают азотом, как себя, так и последующие культуры. Показатели симбиотической азотфиксации, полученные на основании обобщенных данных Географической сети полевых опытов содержатся в таблице 8.2.4.

Таблица 8.2.4 – Показатели симбиотической азотфиксации

Культура	Единица измерения	Симбиотическая азотфиксация
Люпин	кг N/ц зерна	5,0
Кормовые бобы	- " -	3,0
Горох	- " -	2,5
Вика	- " -	2,5
Пельюшка	- " -	2,5
Соя	- " -	2,5
Люпин + зерновые	- " -	2,0
Горох + зерновые	- " -	2,0
Вика + зерновые	- " -	2,0
Однолетние бобовые травы	кг N/ц з.м.	0,25
Однолетние бобово-злаковые травы	- " -	0,20
Люцерна	- " -	0,40
Клевер и другие многолетние травы	- " -	0,35
Многолетние бобово-злаковые травы	- " -	0,20
Бобово-злаковые травосмеси лугов	- " -	0,15

Определенный вклад в обеспечение азотного питания сельскохозяйственных культур вносит несимбиотическая азотфиксация. В течение вегетационного периода интенсивность несимбиотической фиксации атмосферного азота изменяется, что связано как с погодными условиями, так и с фазой развития расте-

ний. Активность несимбиотической азотфиксации в почве значительно колеблется как под влиянием минеральных и органических удобрений, так и при известковании.

Размеры фиксации азота свободноживущими микроорганизмами в зависимости от почвенно-климатических условий составляют от 5 до 50 кг/га. Для дерново-подзолистых почв республики при расчете баланса азота на пашне рекомендуется принимать средний норматив несимбиотической азотфиксации 15 кг/га в год.

Основная статья расхода элементов питания – вынос (отчуждение) их с урожаем сельскохозяйственных культур (Рвын), который наиболее точно определяется на основе планируемой урожайности и удельного (нормативного) выноса возделываемых культур. Данные по удельному выносу представлены в таблице 2.2.2. Эти расчеты сокращаются, если использовать показатели выноса с кормовой единицей растениеводческой продукции. Для представления валовой продукции сельскохозяйственных культур в кормовых единицах используют коэффициенты пересчета (таблица 8.2.5).

Таблица 8.2.5 – Коэффициенты для пересчета продукции растениеводства в кормовые единицы

Сельскохозяйственные культуры (основная продукция с учетом побочной)	Коэффициент пересчета
1	2
<i>Зерновые и зернобобовые</i>	
Все зерновые культуры	1,44
Озимая пшеница	1,36
Озимое тритикале	1,42
Озимая рожь	1,45
Яровая пшеница	1,37
Яровое тритикале	1,41
Ячмень	1,50
Овес	1,31
Просо	0,96
Смесь колосовых	1,39
Гречиха	2,19
Горох	1,40

Продолжение таблицы 8.2.5

1	2
Кормовые бобы	1,29
Вика и виковые смеси на зерно	1,40
Люпин кормовой на зерно	1,16
Сераделла на зерно	1,40
Чечевица	1,40
Фасоль	1,17
Прочие зернобобовые	1,39
<i>Технические культуры</i>	
Лен-долгунец: семена	2,04
волокно	7,00
волокно с учетом семян	8,50
Сахарная свекла (фабричная)	0,31
Рапс (озимый) яровой на зерно	2,04
<i>Картофель и овощи</i>	
Картофель	0,30
Овощи открытого грунта	0,13
<i>Кормовые культуры</i>	
Кормовые корнеплоды	0,18
Кукуруза на зеленую массу	0,20
Силосные культуры без кукурузы	0,09
Однолетние травы, сенокосы и пастбища:	
на сено	0,49
на зеленый корм	0,18
на выпас	0,18
на семена	12,0
Многолетние травы посева текущего года и прошлых лет:	
на сено	0,51
на зеленый корм	0,21
на выпас	0,21
на семена	12,0

Средний вынос элементов питания (N, P₂O₅, K₂O, CaO, MgO) в расчете на 1 ц к.ед. достаточно устойчив по годам и составляет 2,1 кг азота, 0,8 кг фосфора, 2,2 кг калия, 0,8 кг кальция и 0,3 кг магния. При указанном способе расчета определяется средневзвешенный выход растениеводческой продукции в кор-

мовых единицах на 1 га, который умножается на вышеуказанные величины.

На основании данных лизиметрических исследований РУП «Институт почвоведения и агрохимии» определены параметры среднегодовых потерь элементов питания в результате выщелачивания (табл. 8.2.6).

Таблица 8.2.6 – Потери элементов питания при выщелачивании из почв Республики Беларусь, кг/га в год

Почвы	Нобщ	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	SO ₄
Дерново-подзолистые суглинистые	16	0,2	11	64	13	24
Дерново-подзолистые супесчаные, развивающиеся на связных породах	18	0,1	20	65	14	25
Дерново-подзолистые супесчаные, развивающиеся на рыхлых породах	20	0,1	26	69	15	26
Дерново-подзолистые песчаные, развивающиеся на песках	39	0,1	33	78	25	34
Торфяные	39	0,1	10	122	17	37

Потери фосфора при выщелачивании незначительны (0,1-0,2 кг/га в год), поэтому при балансовых расчетах они не учитываются. Потери элементов питания от выщелачивания (Рвыщ) зависят от типа и гранулометрического состава почв, метеорологических условий (количества выпавших осадков), доз азотных удобрений. Чем легче почва, обильнее осадки, дозы азотных удобрений, тем выше потери питательных веществ.

Размеры потерь элементов питания растений с эрозией почв зависят в первую очередь от количества смываемого мелкозема, характера использования эрозионных земель и подвижности элементов (табл. 8.2.7). Приведенные в табл. 8.2.7 нормативы потерь макроэлементов на пахотных почвах в зависимости от степени их эродированности и удельного веса эродированных земель рекомендуется использовать при расчетах баланса элементов питания в отдельных хозяйствах или районах с высоким

удельным весом (более 30%) эродированных почв. При расчете баланса по областям и в целом по республике их можно не учитывать.

Таблица 8.2.7 – Потери основных элементов питания с эрозией почв

Степень эродированности, величина смыва почвы, т/га в год	Доля эродированных почв, % от площади пахотных земель	Потери, кг/га					
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	SO ₄
Слабая, 2,1-5,0	5,1-10,0	5	2	3	5	2	0,05
Средняя, 5,1-10,0	10,1-25,0	10	4	6	10	5	0,10
Сильная, 10,1-20,0	25,1-50,0	15	7	10	17	8	0,15
Очень сильная, >20,1	> 50,0	20	10	15	25	12	0,20

При расчетах потерь от эрозии по каждому элементу рассчитывается средневзвешенный норматив потерь с учетом количества эродированных почв в хозяйстве или севообороте и нормативов смыва.

На сенокосах и пастбищах потери элементов питания от вымывания и эрозии не учитываются.

Газообразные потери азота (Рг) на пахотных и лугопастбищных угодьях колеблются в пределах от 10 до 50% от внесенного с минеральными и органическими удобрениями. В атмосферу выделяются молекулярный азот, закись, окись и двуокись азота, аммиак. Это обусловлено происходящими в почве процессами денитрификации, аммонификации, нитрификации. В среднем газообразные потери азота составляют 25% от общего количества, внесенного с минеральными и органическими удобрениями.

Хозяйственный (общий) баланс элементов питания рассчитывается как разность между суммой приходной и расходной статей.

Далее определяют интенсивность хозяйственного (общего) баланса по формуле:

$$И\delta = \frac{P}{P} \cdot 100, \quad (31)$$

где Иδ – интенсивность хозяйственного (общего) баланса, %;

П – сумма приходных статей баланса, кг/га;

Р – сумма расходных статей баланса, кг/га;

100- коэффициент перевода в %.

Величина интенсивности баланса менее 100% характеризует дефицитный, 100% – бездефицитный, более 100% – положительный баланс питательных веществ в почве.

На основании расчетов баланса элементов питания, проведенных в длительных стационарных полевых опытах при различных почвенных условиях и уровнях применения удобрений (N₄₅₋₁₈₀, P₂₀₋₁₃₀, K₆₀₋₂₂₀) РУП «Институт почвоведения и агрохимии» предложены оптимальные параметры интенсивности баланса азота в зависимости от продуктивности пашни, фосфора и калия – в зависимости от содержания этих элементов в почвах (табл. 8.2.8-8.2.9). Чем меньше содержание в почве подвижных форм фосфора и калия, тем большая интенсивность баланса рекомендуется. Обобщенные данные полевых опытов, проведенных в Республике Беларусь за 10-летний период, показывают, что оптимальная интенсивность баланса для пахотных почв в производственных условиях составляет по азоту 100-120%, по фосфору и калию – 100-110%.

Таблица 8.2.8 – Оптимальная интенсивность баланса азота в зависимости от продуктивности

Продуктивность, ц/га к.ед.	Почвы	
	суглинистые и супесчаные на морене	супесчаные на песках и песчаные
Интенсивность баланса азота, %		
более 60	130-140	-
51-60	120-130	-
41-50	110-120	120-130
20-40	100-110	100-110

Таблица 8.2.9 – Оптимальная интенсивность баланса азота в зависимости от обеспеченности почв фосфором и калием

Содержание в почве, мг/кг	Почвы	
	суглинистые и супесчаные на морене	супесчаные на песках и песчаные
Интенсивность баланса фосфора, %		
менее 100	150-180	150-180
101-150	130-150	130-150
151-250	100-120	100-120
251-300	50-70	50-70
301-400	40-50	40-50
Интенсивность баланса калия, %		
менее 80	180-200	160-180
81-140	150-180	130-150
141-200	130-150	110-130
201-300	100-120	100-110
более 300	80-100	50-60

Дефицитный баланс питательных элементов (превышение расхода над поступлением) предупреждает о том, что происходит истощение почв, снижение их плодородия.

Значения интенсивности баланса по азоту, превышающие оптимальные показатели, предупреждают об накоплении нитратов в почве, растениях, водоемах и грунтовых водах, об непропорциональных потерях этого элемента.

Если интенсивность баланса по фосфору значительно превышает его оптимальные значения, это указывает на зафосфачивание почв, загрязнение почв и грунтовых вод фтором, загрязнение почв тяжелыми металлами.

Нежелательно также, чтобы интенсивность баланса по калию превышала его оптимальные значения. В этом случае калий может вымываться из почвы, накапливаться в корме, приводя к ухудшению качества корма. Хлор, который в большом количестве вносится с калийными удобрениями, может загрязнить водоемы и грунтовые воды.

Пример расчета баланса элементов питания в почвах Республики Беларусь представлен в таблице 8.2.10.

Таблица 8.2.10 – Баланс азота, фосфора и калия в почвах Республики Беларусь, 2001-2005 гг.

Элемент	Продуктивность, к.ед./га	Приход				Расход				Баланс, +/–, г/га	Интенсивность использования, %	Реализация, %
		с удобрениями	с садовыми орга- нами и семе- нами	физ- сация	всего	вы- нос уро- жая	вы- ше- лачи- ва- ем	эро- зиян- ные	брэ- зин- ные	всего		
Почвы пашни												
Азот	33,4	62,4	20,8	13,9	19,3	116,4	70,2	8,5	1,1	20,8	100,6	15,8
Фосфор	" -	20,2	11,3	1,6	-	33,1	26,8	-	0,2	-	27,0	6,1
Калий	" -	75,2	20,2	10,7	-	106,1	73,6	9,7	0,6	-	83,9	22,3
Почвы лугов												
Азот	14,5	19,6	0,8	10,9	18,7	50,1	30,5	-	-	5,1	35,7	14,5
Фосфор	" -	0,8	0,5	0,3	-	1,5	11,6	-	-	-	11,6	-10,1
Калий	" -	18,1	1,7	9,2	-	28,5	32,0	-	-	-	32,0	-3,5

На основании баланса элементов питания, рассчитанного сотрудниками РУП «Институт почвоведения и агрохимии», можно сделать вывод о том, что при невысокой продуктивности пашни сложился положительный баланс азота, фосфора и калия в пахотных почвах республики.

Общий хозяйственный баланс питательных веществ не дает полного представления об обеспеченности растений подвижными (доступными) формами элементов питания, так как не учитывает возможность их усвоения из поступивших в почву минеральных и органических источников. Ответ на этот вопрос представляет эффективный баланс питательных веществ в почве.

Расчет эффективного баланса. Эффективный баланс элементов питания характеризует отношение между возможным их усвоением растениями из поступивших в почву минеральных и органических источников и выносом с урожаем возделываемых культур.

Минеральными источниками поступления питательных веществ в почву являются: поступление питательных веществ с минеральными удобрениями и атмосферными осадками.

Органическими источниками поступления питательных веществ в почву являются: поступление питательных веществ с органическими удобрениями, семенами, а при расчете эффективного баланса азота – симбиотический и несимбиотический азот.

Эффективный баланс элементов питания рассчитывается по формуле:

$$Б \text{ эфф.}, \pm \text{ кг/га} = \left[\left(\frac{Y_1}{100} \cdot П \text{ м.и.} \right) + \left(\frac{Y_2}{100} \cdot П \text{ о.и.} \right) \right] - Р \text{ вын.}, \quad (32)$$

где $Б \text{ эфф.}$ – эффективный баланс элементов питания, кг/га;

Y_1 – коэффициент усвоения элементов питания из минеральных удобрений, %;

$П \text{ м.и.}$ – поступление элементов питания с минеральными источниками, кг/га;

Y_2 – коэффициент усвоения элементов питания из органических удобрений, %;

$П \text{ о.и.}$ – поступление элементов питания с органическими удобрениями, кг/га;

Р вын. – вынос элементов питания с урожаем возделываемых культур, кг/га.

Интенсивность эффективного баланса – отношение количества элементов питания, усвоенных из минеральных и органических источников, к выносу элементов питания с урожаем культур:

$$И бэ = \frac{By}{Рвын.} \cdot 100, \quad (33)$$

где И бэ – интенсивность эффективного баланса элементов питания, %;

By – возможное усвоение элементов питания растениями из минеральных и органических источников, кг/га;

Рвын. – вынос элементов питания с урожаем возделываемых культур, кг/га.

Для оценки системы применения удобрений по эффективному балансу проводится расчет возможного усвоения азота, фосфора и калия из почвенных запасов. *Систему применения удобрений можно считать разработанной правильно (т.е. для получения планируемой урожайности сельскохозяйственных культур будет достаточно доступных для растений элементов питания почвы и удобрений) в том случае, если дефицит элементов питания по эффективному балансу будет компенсироваться за счет возможного усвоения из почвы.*

Запасы питательных веществ в почве определяются исходя из средневзвешенных показателей содержания в почвах севооборота или другого угодья гумуса (%), подвижных форм фосфора и калия (мг/кг почвы). Запасы азота в почве оцениваются по содержанию гумуса. Растения могут усвоить азота из запасов почвы по 20-25 кг/га на каждый процент гумуса в почве. Расчет запасов подвижных форм фосфора и калия в почве выполняется по формуле:

$$3 = C \cdot Vm \cdot H \cdot 0,1, \quad (16).$$

Возможное усвоение элементов питания из почвенных запасов подвижных форм фосфора и калия определяется на основе установленных коэффициентов использования этих элементов из почвы для различных сельскохозяйственных культур, представленных в таблице 7.1.1.

Пример расчета возможного усвоения азота, фосфора и калия озимой рожью из дерново-подзолистой супесчаной почвы, характеризующейся следующими показателями: мощность пахотного слоя – 25 см, объемная масса – 1,25 г/см³, содержание гумуса – 2,42%, P₂O₅ – 195 мг/кг, K₂O – 205 мг/кг. Коэффициенты усвоения из почвы для озимой ржи составляют: P₂O₅ – 6%, K₂O – 12%.

Запасы подвижного азота составят 60 кг/га ($2,42\% \cdot 25 \text{ кг/га}$). Запасы подвижного фосфора будут равны 609 кг/га ($195 \text{ мг/кг} \cdot 25 \text{ см} \cdot 1,25 \text{ г/см}^3 \cdot 0,1$), обменного калия – 641 кг/га ($205 \text{ мг/кг} \cdot 25 \text{ см} \cdot 1,25 \text{ г/см}^3 \cdot 0,1$).

Возможное усвоение питательных веществ будет следующим:

азот – 60 кг/га (100% от 60 кг/га);
фосфор – 37 кг/га (6% от 609 кг/га);
калий – 77 кг/га (12% от 641 кг/га).

Прогнозирование изменения содержания в почве P₂O₅ и K₂O. При оценке системы удобрения по балансу питательных элементов возможно спрогнозировать изменение содержания в почве за год или за ротацию севооборота подвижных форм фосфора и калия. Для этого используют нормативы затрат удобрений сверх выноса с урожаем для увеличения содержания подвижных элементов на 10 мг/кг почвы. Рекомендуемые нормативы приводятся в таблицах 7.3.11-7.3.12.

Поступление фосфора и калия сверх выноса с урожаем делят на норматив и определяют увеличение или уменьшение их содержания в почве. Результат суммируют с исходным содержанием и получают прогнозируемое содержание питательных веществ.

Пример. Ежегодно остается для повышения плодородия дерново-подзолистой супесчаной почвы (рН_{KCl} – 5,95, P₂O₅ – 150 мг/кг) сверх расхода 11 кг/га.

За ротацию 8-полного севооборота в почву поступит 88 кг/га ($11 \text{ кг/га} \cdot 8$). Разделив это число на норматив затрат фосфорных удобрений для увеличения содержания P₂O₅ на 10 мг/кг (44 кг/га) – получим величину, на которую возрастет содержание фосфора в почве ($(88 \text{ кг/га} \cdot 10 \text{ мг/кг}) : 44 \text{ кг/га} = 20 \text{ мг/кг}$). Ис-

ходное содержание P_2O_5 в почве равно 150 мг/кг, прогнозируемое – 170 мг/кг (150 мг/кг + 20 мг/кг).

Состояние баланса фосфора и калия, когда вынос элементов питания с урожаем не компенсируется поступлением или превышает поступление на 5-10%, считается недостаточным для повышения запасов фосфора и калия в почве.

В целом состояние баланса элементов питания отражает тенденцию изменения плодородия почв и характеризует возможность повышения продуктивности сельскохозяйственных земель.

Прогнозные расчеты, составленные РУП «Институт почвоведения и агрохимии» на основе ожидаемых поставок минеральных удобрений сельскому хозяйству республики, показывают, что баланс основных элементов питания в ближайшие 10 лет будет положительным и в количественном отношении стабилизируется на уровне 2000-2005 гг.

Концепцией регулирования баланса питательных веществ в земледелии республики при энергосберегающих технологиях возделывания сельскохозяйственных культур предполагается расширенный возврат макро- и микроэлементов только на тех почвах, где содержание соответствующих веществ ниже оптимального уровня и вероятна высокая окупаемость затрат прибавкой урожая с минимальным риском загрязнения окружающей среды. Поддержание бездефицитного баланса элементов минерального питания в почве является обязательным на всей площади сельскохозяйственных угодий.

Глава 9. БАЛАНС ГУМУСА В ПОЧВЕ

9.1. Гумус – фактор плодородия и продуктивности почвы

Плодородие – специфическое свойство почвы, определяющее ее ценность как основного средства производства в сельском хозяйстве. Одним из показателей, характеризующих плодородие почвы, является содержание в ней гумуса.

Гумусовые вещества – это группа темноокрашенных высокомолекулярных соединений, образование которых связано с биологическими превращениями материалов в основном расти-

тельного происхождения. Отличительным свойством их является высокая устойчивость к воздействию со стороны микроорганизмов и поэтому более медленное разложение по сравнению с растительными остатками, что приводит к накоплению гумусовых веществ в минеральных почвах. Содержание этих темноокрашенных высокомолекулярных соединений в минеральной почве достигает 85-90% от всего запаса органического вещества. Свежие растительные остатки, несмотря на систематическое поступление, составляют в органической части почвы 10-15%. Исключением являются торфяно-болотные почвы, где из-за слабой гумификации в составе органической части преобладают полуразложившиеся растительные остатки.

Роль гумуса велика и многогранна. Она заключается в положительном влиянии его на свойства и питательный режим почвы, а также на урожайность сельскохозяйственных культур и качество растениеводческой продукции.

Гумус – важный источник питания для растений. В нем содержится почти весь запас азота, значительная часть фосфора (60%) и серы (80%), а также других элементов питания. Находясь в органической форме, они не теряются из почвы и являются источником питательных элементов для растений при минерализации гумуса.

Содержащиеся в почве гуминовые и фульвогуминовые кислоты, а также CO_2 (углекислота), образующиеся при разложении органического вещества и дыхания корней, оказывают растворяющее действие на труднорастворимые минеральные соединения фосфора, калия, кальция, магния. В результате чего они переходят в доступную для растений форму. Образующийся CO_2 частично выделяется в атмосферу, улучшая воздушное питание растений.

Гумусовые вещества в составе органоминеральных коллоидов повышают поглотительную способность почвы, тем самым снижают непроизводительный расход элементов питания.

Органическое вещество почвы улучшает структуру почвы, ее водный, воздушный и тепловой режимы, повышает устойчивость к эрозионным процессам.

Содержание гумуса и его качественный состав определяют устойчивость почв к неблагоприятным воздействиям. Гумус об-

ладает феноменальной, в сотни раз большей, чем у равной массы глины, способностью удерживать воду и биогенные элементы. Положительное влияние гумуса проявляется и в экстремальных ситуациях: в засушливые периоды благодаря повышенной влагоемкости высокогумусированных почв, а при химическом загрязнении благодаря высокой сорбционной способности органического вещества. Компоненты органического вещества, образуя с ионами тяжелых металлов органоминеральные соединения различной природы, снижают их подвижность.

Гумус для большинства почвенных микроорганизмов служит источником пищи и энергетическим материалом, тем самым повышая биологическую активность почвы. Кроме того, усиление биологической активности почвы способствует распаду пестицидов и других органических поллютантов за счет их биодеградации.

Органические вещества, образующиеся при гумификации растительных остатков, участвуют в физиологических и биохимических процессах растений. К таким веществам относятся витамины, ауксины, янтарная кислота и собственно гумусовые вещества. В настоящее время широко используются в качестве физиологически активных веществ (регуляторов роста растений) препараты гидрогумат и оксигумат, полученные из гумуса.

Гумус почвы оказывает положительное прямое и косвенное действие на величину урожайности сельскохозяйственных культур. Прямое действие обусловлено содержанием элементов питания в гумусе, косвенное – улучшением условий произрастания, прежде всего, агрофизических и физико-химических свойств почвы.

Исследованиями многих научных учреждений установлена положительная зависимость урожайности сельскохозяйственных культур от содержания гумуса в почве. Так, по обобщенным данным полевых опытов, проведенных в РУП «Институт почвоведения и агрохимии» увеличение содержания гумуса на дерново-подзолистой супесчаной почве с 1,4 до 2,5% сопровождалось ростом урожайности ячменя с 26,0 до 58,0 ц/га, а повышение содержания гумуса в суглинистых почвах с 2,0 до 2,9% увеличивало урожайность с 36,8 до 65,3 ц/га (табл. 9.1.1).

Таблица 9.1.1 – Зависимость урожайности зерна ячменя от содержания гумуса в почве

Почва	Содержание гумуса в почве, %	Урожайность зерна ячменя, ц/га
Дерново-подзолистая: супесчаная	1,4	26,0
	2,5	58,0
суглинистая	2,0	36,8
	2,9	65,3

Исследованиями последних лет установлено, что увеличение содержания гумуса в дерново-подзолистой супесчаной известкованной почве на 1% в среднем за 1 год повышает продуктивность севооборота на 10 ц/га корм. ед., или более чем на 25%. Кроме увеличения урожаев по мере повышения содержания гумуса в почвах отмечено и улучшение качества растениеводческой продукции. Растения, произрастающие на почвах с высоким содержанием гумуса, в меньшей мере подвергаются отрицательному действию на них неблагоприятных погодных условий.

Таким образом, гумус придает почве все свойства, которые отличают почву от материнской горной породы и которыми обусловливается ее плодородие.

Также можно заключить, что повышение содержания в почве гумуса до оптимальных параметров является необходимым условием повышения эффективности применяемых удобрений и в конечном итоге получения высоких устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур.

Существует определенный уровень содержания гумуса в почве, при котором обеспечивается наивысшая эффективность удобрений и максимальная урожайность сельскохозяйственных культур. Такой уровень считается оптимальным. По данным РУП «Институт почвоведения и агрохимии», оптимальное содержание гумуса для дерново-подзолистых почв составляет 2,0-3,2% (табл. 9.1.2).

Вместе с тем следует отметить тревожный факт, что начиная с 2001 года содержание гумуса в пахотных дерново-подзолистых почвах заметно снижается.

Таблица 9.1.2 – Интервалы оптимального содержания гумуса для дерново-подзолистых почв

Гранулометрический состав почвы	Оптимальное содержание гумуса
Дерново-подзолистые почвы:	
песчаные	2,0 – 2,4
рыхлосупесчаные	2,2 – 2,6
связносупесчаные	2,4 – 2,8
средне- и легкосуглинистые	2,6 – 3,0
глинистые и тяжелосуглинистые	2,8 – 3,2
Минеральные почвы сенокосов и пастбищ	3,5 – 4,0

К 2008 году этот важнейший показатель плодородия почвы в целом по Беларуси снизился на 0,03% и составил 2,24%. Уменьшение запасов гумуса наблюдается теперь в каждом втором хозяйстве республики. Такое положение с динамикой содержания гумуса в почвах пашни обусловлено прежде всего снижением объемов применения органических удобрений и неблагоприятным с позиции гумусонакопления соотношением пропашные культуры : многолетние травы = 1:0,8 (2009 г.), свидетельствующее о преобладании процессов минерализации гумуса над его синтезом.

Потеря гумуса в почвах свидетельствует о несбалансированности интенсификации земледелия, которая может привести к деградации плодородия почв, а вместе с тем к последующей продуктивности пашни.

Почвы улучшенных сенокосов и пастбищ характеризуются сравнительно более высоким содержанием гумуса, которое зафиксировано на уровне 2,74% (2008 г.).

Проведение агрохимического мониторинга, особенно по содержанию гумуса, дает ценную информацию об эволюции плодородия почв в экологическом аспекте и позволяет предотвратить развитие процессов деградации земель.

9.2. Определение баланса гумуса

Определение баланса гумуса по его фактическому содержанию в почве. В связи с особой значимостью содержания гумуса в почвах необходим постоянный агрохимический контроль за направленность процессов гумусообразования, т.е. определением баланса гумуса. Сложность определения баланса гумуса состоит в том, что в почве одновременно происходят два разнонаправленных процесса: синтез и распад органического вещества. При преобладании процессов синтеза над распадом баланс гумуса будет положительным при равнозначности этих процессов – бездефицитным, а при преобладании процессов распада – отрицательным. Для обеспечения расширенного воспроизводства гумуса необходимо, чтобы приход в почву органического вещества в виде корневых и пожнивных остатков, а также различных видов органических удобрений превышал масштабы минерализации гумуса.

Наиболее важным и надежным показателем баланса гумуса в почве являются материалы крупномасштабного агрохимического обследования почв сельскохозяйственных земель. Сравнивая содержание гумуса в почве за период между турами агрохимического обследования каждого поля хозяйства, можно судить о темпах накопления или потери органического вещества. Вместе с тем для прогноза динамики содержания гумуса в почве следует использовать расчетные методы баланса. Расчет баланса гумуса является важнейшим показателем мониторинга почвенного плодородия.

Метод определения баланса гумуса по его фактическому содержанию в почве является наиболее достоверным. Баланс гумуса таким методом рассчитывается при наличии сопоставимых материалов по турям крупномасштабного агрохимического обследования почв. Он может быть рассчитан на отдельно удобренных участках, полях, в хозяйствах, районах, областях и в целом для РБ. Метод может использоваться и в научных исследованиях для расчета баланса гумуса за ротацию или звено севооборота.

При расчете баланса гумуса данным методом рассчитываются и сопоставляются фактические запасы гумуса в пахотном

горизонте почвы в начале и в конце определяемого периода по формулам:

$$Zh = \Gamma \cdot h \cdot Mv, \quad (34)$$

$$Zh = \Gamma \cdot M : 100, \quad (35)$$

где Zh – запас гумуса в пахотном горизонте почвы, т/га;

Γ – содержание гумуса в почве, %;

h – мощность (глубина) пахотного горизонта, см;

Π – плотность почвы, г/см³;

Mv – объемная масса почвы, г/см³;

M – масса пахотного горизонта, т/га.

Средние величины объемной массы дерново-подзолистых почв и массы пахотного горизонта при его различной мощности приведены в таблице 9.2.1.

Таблица 9.2.1 – Плотность почвы и масса пахотного горизонта дерново-подзолистых почв

Почва	Средняя объемная масса (Mv), г/см ³	Средняя масса пахотного горизонта (M), т/га	
		0-25 см	0-30 см
Суглинистая	1,20	3000	3700
Супесчаная	1,30	3250	3900
Песчаная	1,40	3500	4200

Баланс гумуса определяется по формуле:

$$Бг (\pm) = (\Gamma_2 - \Gamma_1) \cdot h \cdot Mv, \quad (36)$$

где $Бг$ – баланс гумуса, т/га;

Γ_2 и Γ_1 – содержание гумуса в начале и конце ротации севооборота, %.

Определение баланса гумуса расчетным методом. Существует ряд методов расчета баланса гумуса (E.Welte, 1963; K.Rauhe, H.Schonmeier, 1966; M.Sebillotte, 1967; Т.Н. Кулаковская, 1973, 1978; Ф.И. Левин, 1978; А.М. Лыков, 1976, 1979; R.Kunder, H.Gorlitz, D.Eich, 1981 и др.), из которых наиболее полно учитывающим основные факторы гумусообразовательного процесса дерново-подзолистых почв является метод, предложенный кафедрой земледелия и методики опытного дела Тимирязевской сельскохозяйственной академии (А.М. Лыков, 1976).

Однако следует заметить, что и данный метод по ряду основных положений требует уточнений в конкретных почвенно-климатических условиях.

В настоящее время этот метод расчета баланса гумуса адаптирован сотрудниками РУП «Институт почвоведения и агрохимии» к условиям нашей республики.

В основу этого метода положено составление приходной и расходной частей баланса гумуса:

$$\text{Бг} (\pm) = \Pi - P, \quad (37)$$

где Бг – баланс гумуса, кг/га;

П – приход органического вещества, кг/га;

Р – расход гумуса, кг/га.

Расходной частью является минерализация гумуса, а также вынос его из корнеобитаемого слоя за счет вертикального и поверхностного стока. Приходная часть гумусового баланса складывается из поступления органического вещества с корневыми и поживными остатками полевых культур, с органическими удобрениями, семенами и посадочным материалом, а также за счет микробиологической деятельности.

$$P = P_{\text{мин}} + P_{\text{выщ}} + P_{\text{эр}}, \quad (38)$$

где $P_{\text{мин}}$ – минерализация гумуса, кг/га;

$P_{\text{выщ}}$ – вынос гумуса из корнеобитаемого слоя за счет вертикального стока, кг/га;

$P_{\text{эр}}$ – вынос гумуса из корнеобитаемого слоя за счет поверхностного стока, кг/га.

$$P = P_{\text{кпо}} + P_{\text{оу}} + P_{\text{с}} + P_{\text{м}}, \quad (39)$$

где $P_{\text{кпо}}$ – поступление органического вещества с корневыми и поживными остатками полевых культур, кг/га;

$P_{\text{оу}}$ – поступление органического вещества с органическими удобрениями, кг/га;

$P_{\text{с}}$ – поступление органического вещества с семенами и посадочным материалом, кг/га;

$P_{\text{м}}$ – поступление органического вещества за счет микробиологической деятельности, кг/га.

Однако в связи с тем, что поступление органического вещества с продуктами жизнедеятельности микроорганизмов и с семенным материалом полностью возмещает расход органического вещества вследствие вертикального и поверхностного стоков,

данные статьи не принято использовать при расчетах баланса гумуса.

$$P = P_{\text{мин}}, \quad (40)$$

$$\Pi = P_{\text{кпо}} + P_{\text{оу}}, \quad (41)$$

В этом случае расчет баланса гумуса в почве можно представить в виде следующей формулы:

$$Бг (+, \text{кг/га}) = P_{\text{мин}} - (P_{\text{кпо}} + P_{\text{оу}}), \quad (42)$$

Минерализация (Рмин) – это совокупность процессов превращения (разложения) органических веществ в минеральные соли, воду и углекислоту, которые используются растениями и микрофлорой почвы.

Расчеты по минерализации гумуса проводятся на основе азотного баланса почвы. Причины этому следующие:

- в органическом веществе почвы заключено около 98% всего почвенного азота;

- отношение углерода к азоту С:N в гумусовых веществах пахотной дерново-подзолистой почве в среднем равно 1:10;

- азот для плодородия имеет более важное значение, чем накопление органического углерода, т.к. углеродное питание растений происходит в основном за счет углекислоты воздуха, тогда как азотное питание происходит в основном за счет минерализации органического вещества самой почвы. К тому же аккумуляция углерода в форме гумусовых веществ находится в прямой зависимости от наличия органического азота;

- многочисленными исследованиями установлено, что урожай даже при полном обеспечении растений минеральным азотом в значительной мере (на 40-50%) формируется за счет почвенного азота, образовавшегося преимущественно из гумусовых веществ почвы.

При внесении, как невысоких доз минеральных удобрений, так и более высоких доз, когда количество применяемого азота равно или превосходит вынос его урожаем сельскохозяйственных культур, считается, что 50% вынесенного растениями азота имеет почвенное происхождение (50% азота берут из минеральных удобрений и 50% – из почвы).

Если применяются органические удобрения, то считается, что растения 50% азота берут из минеральных удобрений, 25% – из органических удобрений и 25% – из почвы.

При возделывании бобовых, зернобобовых или смешанных бобово-злаковых культур часть азота урожая усваивается из атмосферы за счет фиксации его симбиотическими микроорганизмами.

Принято, что обеспеченность потребности многолетних бобовых растений (клевер, люцерна и др.) в азоте за счет азота атмосферы составляет 70%, зернобобовых (горох, вика, кормовые бобы) – 50%, однолетних бобово-злаковых смесей – 35% от общего выноса.

Определение выноса почвенного азота бобовыми культурами проводится с учетом азотфикссирующей деятельности микроорганизмов.

В связи с тем, что размеры азотфиксации могут изменяться в зависимости от вида бобовой культуры, почвенных и погодных условий, вида удобрения, активности клубеньковых бактерий и других факторов, Е.П. Трепачевым (1979) предложен метод укорененного определения выноса азота из почвы бобовыми культурами с учетом коэффициентов азотфиксации по формуле:

$$N = N_{общ.} - (N_{общ.} \cdot K\phi), \quad (43)$$

где N – вынос азота из почвы бобовой культурой, кг/га;

$N_{общ.}$ – общий азот, который выносит с урожаем основной и побочной продукции бобовая культура, кг/га;

$K\phi$ – коэффициент азотфиксации (отношение количества фиксированного азота из атмосферы к общему азоту бобовых);

$(N_{общ.} \cdot K\phi)$ – количество азота, которое бобовые культуры фиксируют из воздуха, кг/га.

Коэффициенты азотфиксации бобовых культур представлены в таблице 9.2.2. Выбор коэффициентов зависит от величины урожая той или иной культуры: с повышением урожайности возрастает величина коэффициента.

Вынос растениями 50 кг почвенного азота (при 5% азота в гумусе) приравнивается к потере 1 т гумуса.

Минерализация гумуса зависит от культуры, гранулометрического состава почвы, степени рыхления почвы. В связи с этим вводятся поправочные коэффициенты.

Таблица 9.2.2 – Коэффициенты азотфиксации различных бобовых культур (Е.П. Трепачев, 1979)

Культура	Коэффициенты азотфиксации		
	минимум	максимум	среднее
Клевер 2-го года жизни (сено)	0,65	0,85	0,75
Люцерна 2-3-го года жизни (сено)	0,60	0,85	0,72
Эспарцет (сено)	0,60	0,75	0,67
Однолетние бобовые на сено и з. м.	0,50	0,70	0,60
Зернобобовые на зерно (кроме люпина)	0,40	0,65	0,55
Люпин и сераделла на корм и сено	0,70	0,90	0,80
Люпин на зерно	0,70	0,87	0,80
Бобово-злаковые смеси	0,30	0,40	0,35

Поправочные коэффициенты на минерализацию гумуса в зависимости от культуры составляют:

- для многолетних трав – 0,2;
- зернобобовых культур – 0,5;
- зерновых и других однолетних культур сплошного сева – 0,6;
- пропашных культур – 0,8;
- в среднем для всех культур на пашне – 0,6.

Поправочные коэффициенты на минерализацию гумуса в зависимости от гранулометрического состава почвы составляют:

- для суглинистых почв – 1,0;
- супесчаных – 1,4;
- песчаных – 1,8.

Если баланс гумуса определяется под культурой или в севообороте, что размещаются на почве одного гранулометрического состава, то поправочный коэффициент будет иметь одинаковое значение для культуры или каждой культуры в севообороте. Если культуры севооборота или хозяйства размещаются на почвах разного гранулометрического состава, то рассчитывается средневзвешенный поправочный коэффициент на гранулометрический состав почвы.

При возделывании небобовых культур потери гумуса за счет минерализации можно определить по формуле:

$$P = Y \cdot N_B \cdot K_m \cdot P_{km} \cdot 20 : 10, \quad (44)$$

где Р – потери гумуса, кг/га;

У – урожайность сельскохозяйственной культуры, ц/га;

Нв – вынос азота с 1 т основной и соответствующим количеством побочной продукции, кг;

Км – коэффициент минерализации гумуса с поправкой на культуру;

Пкм – поправочный коэффициент на минерализацию гумуса в зависимости от гранулометрического состава почвы;

20 – коэффициент пересчета азота в гумус (в составе гумуса содержится в среднем 5% азота);

10 – коэффициент пересчета урожайности в т/га.

При возделывании бобовых культур формула для расчета минерализации гумуса имеет следующий вид:

$$P = U \cdot Nv \cdot Km \cdot Kf \cdot Pkm \cdot 20 : 10, \quad (45)$$

где Кф – коэффициент на фиксацию атмосферного азота (многолетние бобовые травы – 0,3, зернобобовые и однолетние бобовые культуры – 0,5, однолетние бобово-злаковые смеси – 0,75).

Если расчет баланса гумуса проводится на эродированных почвах, то в расходную часть включаются и потери гумуса при эрозионном смыте пашни. Среднегодовые потери гумуса для сильносмытых почв составляют 0,3 т/га, среднесмытых – 0,15, слабосмытых – 0,03 т/га.

Накопление (новообразование) гумуса корневыми и пожнивными остатками растений (Пкп). В современном земледелии поступление в почву органического вещества корневых и пожнивных остатков полевых культур является существенно приходной статьей гумусового баланса. Количество пожнивно-корневых остатков в пахотном слое представлено в таблице 9.2.3.

Следует отметить, что масса растительных остатков изменяется непропорционально росту урожая основной продукции. Приведенные табличные данные показывают, что по мере повышения урожайности сельскохозяйственных культур количество корневых и пожнивных остатков заметно снижается на единицу урожая основной продукции, хотя их общий урожай будет возрастать.

Таблица 9.2.3 – Нормативы накопления пожнивных и корневых остатков в почвах и коэффициенты гумификации

Культура	Урожайность, ц/га	Коэффициент выхода корневых и пожнивных остатков	Коэффициент гумификации
1	2	3	4
Озимые зерновые (зерно)	< 15	1,8	0,18
	16-20	1,5	
	21-25	1,3	
	26-30	1,2	
	31-40	1,1	
	> 40	1,0	
Яровые зерновые (зерно)	< 15	1,3	0,18
	16-20	1,2	
	21-25	1,1	
	26-30	1,0	
	31-40	0,9	
	> 40	0,8	
Зернобобовые (зерно)	< 10	1,3	0,18
	11-15	1,2	
	16-20	1,1	
	21-25	1,0	
	26-35	0,9	
	> 35	0,8	
Гречиха (зерно)	< 10	1,4	0,18
	> 10	1,0	
Рапс (семена)	< 10	1,5	0,18
	11-15	1,3	
	16-20	1,2	
	21-25	1,1	
	> 25	1,0	
Лен-долгунец (волокно)	< 3	0,10	0,18
	3-6	0,09	
	> 6	0,08	
Сахарная свекла, кормовые корнеплоды (корни)	< 200	0,10	0,10
	201-350	0,09	
	> 350	0,08	

Продолжение таблицы 9.2.3

1	2	3	4
Картофель (клубни)	< 150	0,16	0,08
	151-250	0,15	
	> 250	0,14	
Кукуруза (зеленая масса)	< 200	0,09	0,13
	201-300	0,08	
	> 300	0,07	
Овощи	< 100	0,12	0,08
	101-200	0,11	
	> 200	0,10	
Люпин (зеленая масса)	< 250	0,16	0,15
	> 250	0,15	
Многолетние тра- вы (сено)	< 30	1,4	0,21
	31-40	1,2	
	41-50	1,1	
	51-70	0,9	
	> 70	0,7	
Однолетние бобо- во-злаковые тра- восмеси (зеленая масса)	< 200	0,16	0,14
	201-300	0,15	
	> 300	0,14	
Крестоцветные (зеленая масса)	< 200	0,21	0,13
	> 200	0,20	
Райграс однолет- ний (зеленая масса)	< 250	0,16	0,18
	> 250	0,15	
Озимые зерновые (зеленая масса)	< 120	0,17	0,13
	> 120	0,16	
Все культуры на пашне (кормовые едини- цы)	< 40	0,8	0,15
	41-60	0,7	
	> 60	0,6	

Не все количество поступающих в почву растительных остатков превращается в гумусовые вещества.

Предложены следующие коэффициенты гумификации (изогумусовые коэффициенты):

- для многолетних трав – 21%;
- для зерновых культур, гречихи, зернобобовых, рапса (семена), льна (волокно) и райграса однолетнего (зел. масса) – 18%;
- люпина (зел. масса) – 15%;
- однолетних бобово-злаковых травосмесей (зел. масса) – 14%;
- кукурузы (зел. масса), крестоцветных (зел. масса), озимые зерновые (зел. масса) – 13%;
- сахарной свеклы, кормовых корнеплодов – 10%;
- картофеля, овощей – 8%;
- соломы на удобрение – 25%.

Для того чтобы определить количество новообразованного гумуса из растительных остатков, необходимо учитывать урожайность культуры, количество пожнивно-корневых остатков в пахотном слое и изогумусовые коэффициенты – перемножить эти показатели.

Новообразование гумуса из органических удобрений (Поу). Из 1 т органических удобрений (соломистый навоз КРС) влажностью 75% в среднем в дерново-подзолистых суглинистых почвах образуется 50 кг гумуса, в супесчаных – 40 и в песчаных – 30 кг гумуса.

При внесении других видов органических удобрений стандартной влажности их рекомендуется переводить в условный навоз по следующим коэффициентам:

- все виды подстилочного навоза, торфонавозные и сборные компости – 1,0;
- полужидкий бесподстилочный – 0,5;
- жидкий навоз – 0,2;
- навозные стоки – 0,06;
- куриный помет – 1,7;
- подстилочный помет – 2,0;
- торфопометный компост – 1,3;
- сапропелевые удобрения органического типа – 0,5;
- сапропелевые удобрения смешанного типа – 0,3;

- солома зерновых, крупяных и крестоцветных культур – 3,5 (с учетом дополнительного внесения азота);
- солома зернобобовых культур и кукурузы – 3,8 (с учетом дополнительного внесения азота);
- ботва – 0,5.

Оставная форма зеленого удобрения с учетом запашки пожнивных и корневых остатков эквивалентна 4 т/га навоза, полная форма зеленого удобрения при урожайности сидератов 150-250 ц/га – 15 т/га, 250-350 ц/га – 20 т/га навоза.

Коэффициенты перевода в условный навоз учитывают содержание органического вещества в удобрении, количество и доступность основных элементов питания, соотношение между углеродом и азотом, что определяет процессы гумификации и питания растений, действие и последействие органических удобрений в севообороте.

Общее количество соломы или ботвы, используемых для заделки на удобрение, определяется по валовому сбору товарной продукции, умноженному на соответствующий коэффициент.

Соотношение основная продукция:побочная продукция зависит от видового и сортового состава культур, урожайности, почвенных и погодных особенностей, условий питания и др. и может изменяться в значительных пределах.

По результатам обобщения полевых опытов и анализа производственных результатов приняты следующие коэффициенты пересчета зерна и семян в солому, корне- и клубнеплодов – в ботву:

- озимые зерновые, зернобобовые культуры, кукуруза, просо – 1,2;
- яровые зерновые культуры и гречиха – 1,0;
- рапс и другие крестоцветные культуры – 3,0;
- сахарная свекла – 0,5;
- картофель – 0,2;
- кормовые корнеплоды – 0,25.

Общий приход (синтез) гумуса можно рассчитать по формуле:

$$\Pi = (У \cdot Кпк \cdot Кгпк \cdot Пкг \cdot 100) + (До \cdot Кун \cdot Кго) : 1000, \quad (46)$$

где Π – общий приход гумуса, кг/га;

У – урожайность сельскохозяйственных культур, ц/га;
Кпк – коэффициент выхода корневых и пожнивных остатков;
Кгпк – коэффициент гумификации корневых и пожнивных остатков;
Пкт – поправочный коэффициент на гумификацию в зависимости от гранулометрического состава почвы;
До – доза органических удобрений, т/га;
Кун – коэффициент перевода в условный навоз;
Кго – коэффициент, отражающий образование гумуса из 1 т условного навоза, кг;
100 – коэффициент перевода урожайности в кг/га.

Расчет баланса гумуса проводится в форме таблицы, в которой отражаются все приходные и расходные статьи баланса (табл. 9.2.4). В данной таблице представлены результаты ниже-рассмотренного примера расчета баланса.

Пример расчета баланса гумуса (фактически сложившегося) в пахотных почвах звено полевого севооборота: 1. Горох (зерно); 2. Озимая пшеница; 3. Сахарная свекла. Почва дерново-подзолистая связносупесчаная, подстилаемая мореной. Органические удобрения применяются под сахарную свеклу в норме 50 т/га.

Графа № 1 – «Культура».

В эту графу вписываются культуры севооборота, если расчет баланса гумуса проводится для севооборота, и все культуры, возделываемые в хозяйстве, если расчет баланса гумуса проводится для хозяйства в целом. Баланс гумуса может быть рассчитан и под отдельной культурой. Баланс гумуса часто рассчитывается в среднем за год на один гектар, но наиболее полно и объективно изменение содержания гумуса в почвах отражают балансовые расчеты за всю ротацию севооборота.

«Площадь, га».

В этой графе указывается площадь в гектарах, которую занимает каждая культура в севообороте или в хозяйстве. Если баланс гумуса рассчитывается в севообороте в среднем на 1 га и площади полей всех культур в этом севообороте равновеликие, то площади не учитываются.

Таблица 9.2.4 – Баланс гумуса в почвах севооборота

Культура	Уро- жай- ность, ц/га	Вынос азота с урожаем, кг/га		Минерализация гумуса, кг/га		Количество новообразован- ного гумуса, кг/га		Баланс гумуса, кг/га (±)
		всего	в т.ч.	без попра- вок	с поправкой на поч- венный воздух	из расти- тельный остатков	из орга- нических удобре- ний	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Горох (зерно)	30	176,7	97,2	79,5	1590	795	1113	486
Озимая пшеница	60	169,2	-	84,6	1692	1115	1561	1190
Сахарная свекла	550	220,0	-	55,0	1100	880	1232	500
						3906	3906	4176
								+290

Графа № 2 – «Урожайность основной продукции, ц/га».

Указывается фактическая урожайность по каждой культуре в ц/га.

Фактическая урожайность культур севооборота следующая: горох (зерно) – 30 ц/га; озимая пшеница – 60 ц/га; сахарная свекла – 550 ц/га.

Графа № 3 – «Вынос азота с урожаем, всего, кг/га».

Вынос азота урожаем сельскохозяйственных культур определяется по нормативам выноса азота с единицей основной и соответствующим количеством побочной продукции.

Для культур в примере он будет следующим:

горох (зерно) – $30 \cdot 5,89 = 176,7$ кг/га;

озимая пшеница – $60 \cdot 2,82 = 169,2$ кг/га;

сахарная свекла – $550 \cdot 0,4 = 220,0$ кг/га.

Графа № 4 – «Вынос с урожаем азота, фиксированного из воздуха, кг/га».

Фиксировать азот из воздуха могут только бобовые культуры. Определение выноса почвенного азота бобовыми культурами проводится с учетом азотфиксацией деятельности микроорганизмов.

Количество азота, фиксированного из воздуха бобовыми культурами, в примере будет следующим:

горох (зерно) – $176,7 \cdot 0,55 = 97,2$ кг/га.

Графа № 5 – «Вынос азота с урожаем из почвы, кг/га».

Считается, что 50% вынесенного растениями азота почвенного происхождения (50% азота берут из минеральных удобрений и 50% – из почвы).

Если применяются органические удобрения, то считается, что растения 50% азота берут из минеральных удобрений, 25% – из органических удобрений и 25% – из почвы.

При возделывании бобовых, зернобобовых или смешанных бобово-злаковых культур часть азота урожая усваивается из атмосферы за счет фиксации его симбиотическими микроорганизмами.

Для культур в примере вынос азота из почвы составит:

горох (зерно) – $176,7 - 97,2 = 79,5$ кг/га;

озимая пшеница – 50 % от 169,2 = 84,6 кг/га;

сахарная свекла – 25% от 220 = 55,0 кг/га.

Графа № 6 – «Минерализация гумуса без поправок, кг/га».

Как уже отмечалось, расчет минерализации гумуса проводится на основе выноса растениями почвенного азота. Вынос растениями 50 кг почвенного азота (при 5% азота в гумусе) приравнивается к потере 1 т гумуса.

Под культурами в примере минерализация гумуса будет иметь следующие значения:

горох (зерно) – $79,5 \cdot 1000 : 50 = 1590$ кг/га;

овес – $84,6 \cdot 1000 : 50 = 1692$ кг/га;

сахарная свекла – $55,0 \cdot 1000 : 50 = 1100$ кг/га.

Графа № 7 – «Минерализация гумуса с поправкой на культуру, т/га».

В примере минерализация гумуса с поправкой на культуру составит:

горох (зерно) – $1590 \cdot 0,5 = 795$ кг/га;

овес – $1692 \cdot 0,6 = 1115$ кг/га;

сахарная свекла – $1100 \cdot 0,8 = 880$ кг/га.

Графа № 8 – «Минерализация гумуса с поправкой на гранулометрический состав, кг/га».

Минерализация гумуса с поправкой на гранулометрический состав почвы в примере составит:

горох (зерно) – $795 \cdot 1,4 = 1113$ кг/га;

овес – $1115 \cdot 1,4 = 1561$ кг/га;

сахарная свекла – $880 \cdot 1,4 = 1232$ кг/га.

Графа № 9 – «Количество новообразованного гумуса из растительных остатков на 1 га».

Для того чтобы определить количество новообразованного гумуса из растительных остатков, необходимо учитывать урожайность культуры, количество пожнивно-корневых остатков в пахотном слое и изогумусовые коэффициенты:

горох (зерно) – $30 \cdot 0,9 \cdot 0,18 (18\%) = 4,86$ ц/га = 486 кг/га;

овес – $60 \cdot 1,1 \cdot 0,18 (18\%) = 11,9$ ц/га = 1190 кг/га;

сахарная свекла – $550 \cdot 0,09 \cdot 0,10 (10\%) = 5,0$ ц/га = 500 кг/га.

Графа № 10 – «Количество новообразованного гумуса из органических удобрений, кг».

Из 1 т органических удобрений (соломистый навоз КРС) влажностью 75% в среднем в дерново-подзолистых суглинистых почвах образуется 50 кг гумуса, в супесчаных – 40 и в песчаных – 30 кг гумуса.

1 т – 40 кг гумуса;

50 т – X кг гумуса;

50 т · 40 кг = 2000 кг гумуса.

Графа № 11 – «Количество новообразованного гумуса всего, кг».

В этой графе суммируется количество новообразованного гумуса, образовавшегося из растительных остатков и органических удобрений.

Графа № 12 – «Баланс гумуса, кг».

Баланс гумуса определяется как разница между всем количеством новообразованного гумуса и всем количеством минерализовавшегося гумуса. Баланс гумуса рассчитывается под каждой культурой и в целом для всех культур севооборота или хозяйства:

горох (зерно): $486 - 1113 = -627$ кг/га;

озимая пшеница: $71190 - 1561 = -371$ кг/га;

сахарная свекла: $2500 - 1232 = +1268$ кг/га;

звено севооборота: $4176 - 3906 = +270$ кг/га.

Баланс гумуса в приведенном примере положительный: +270 кг на одном гектаре в год.

Расчетное содержание гумуса в конце ротации севооборота можно рассчитать по формуле:

$$\Gamma_2 = B : (h \cdot \Pi) + \Gamma_1, \quad (47)$$

где Γ_2 – расчетное содержание гумуса в конце ротации севооборота, %;

B – баланс гумуса в почве за севооборот, кг/га;

h – глубина пахотного горизонта, см;

Mv – плотность почвы, г/см³;

Γ_1 – содержание гумуса в начале севооборота, %.

Если баланс гумуса получается отрицательный, то можно рассчитать количество органических удобрений, необходимое для поддержания бездефицитного баланса гумуса:

$$H = D_{\text{гум}} : K, \quad (48)$$

где H – требуемая насыщенность органическими удобрениями, т/га;

$D_{ГУМ}$ – дефицит гумуса по севообороту, т/га;

K – коэффициент гумификации органических удобрений (для навоза 0,06).

Следует отметить, что аналогичным образом производятся расчетные балансы по хозяйству, району, области и т.д.

Расчетный метод определения гумусового баланса позволяет не только контролировать содержание гумуса в почве, но и моделировать необходимые и возможные в данных условиях темпы обогащения почвы органическим веществом. Только сочетание двух методов – балансового расчета накопления органического вещества и прямого определения гумуса в почвах может дать полную картину изменения плодородия почвы.

Пути регулирования баланса гумуса в почве. Регулирование баланса гумуса в почве должно обеспечиваться двумя основными путями:

– увеличение поступления в почву свежего органического вещества (пожнивно-корневые остатки, органические удобрения);

– применение приемов, уменьшающих минерализацию органического вещества.

В целом за счет пожнивно-корневых остатков возделываемых культур на пахотных почвах Беларуси, восстанавливается около 50% потерь гумуса на суглинистых почвах и около 40% на супесчаных и песчаных почвах.

Агрономическое значение растительных остатков в регулировании баланса гумуса особенно велико. Во-первых, они удобряют почву ежегодно после уборки урожая, в то время как органические удобрения вносятся в почву периодически. Во-вторых, не требуется дополнительных затрат на их внесение. В-третьих, растительные остатки распределяются в почве наиболее равномерно. В растительных остатках содержатся все макро- и микроэлементы и энергия, необходимые растениям и почвенной биоте.

Наибольшее количество органического вещества в почве оставляют после себя многолетние травы. В зависимости от условий возделывания и уровня урожайности сухая масса пожнивно-корневых остатков трав составляет 4,4-7,7 т/га. По накоплению

растительных остатков относительно многолетних трав культуры располагаются в следующем убывающем ряду: кукуруза – 56% > озимые – 50% > яровые зерновые – 39% > зернобобовые – 28% > картофель – 20%.

Недостающее количество органического вещества для обеспечения бездефицитного баланса гумуса должно компенсировать применение органических удобрений – подстиlocный и бесподстиlocный навоз, компости на основе торфа, солому в комплексе с внесением азотных удобрений из расчета 10 кг на 1 тонну соломы или с жидким навозом в количестве не менее 20 т/га. При этом необходимо полностью перейти на внесение органических удобрений под яровые культуры только осенью.

В связи с тем, что под многолетними травами преобладают процессы синтеза гумуса, а под пропашными культурами – процессы минерализации, необходимо оптимизировать соотношение многолетних трав и пропашных культур до 1,5:1,0, которое, по данным РУП «Институт почвоведения и агрохимии», обеспечивает бездефицитный баланс гумуса.

В хозяйствах, где преобладают легкие почвы, а дозы навоза составляют менее 8 т/га пашни, необходимо использовать энергосберегающую структуру посевов из расчета не менее двух гектаров многолетних трав на каждый гектар пропашных культур.

Необходимо также иметь в структуре посевных площадей не менее 10% промежуточных культур, запашка растительных остатков которых позволит иметь до 1,5 млн. тонн органического вещества.

С учетом существующей структуры посевных площадей среднегодовая минимальная потребность в органических удобрениях для обеспечения бездефицитного баланса гумуса на ближайшие годы (2011-2015 гг.) составит 12,0 т/га, или 55,7 млн. т.

Агрохимической наукой установлено, что максимальное положительное влияние органических удобрений на накопление гумуса в почве проявляется при совместном их внесении с минеральными. Об этом наглядно свидетельствуют обобщенные данные 100 многолетних полевых опытов Геосети ВИУА (рис. 9.2).

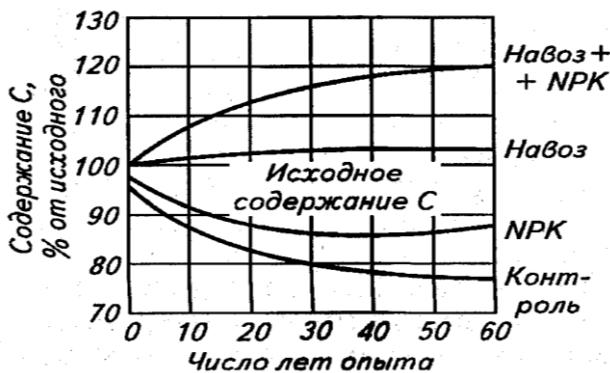


Рис. 9.2 – Динамика содержания гумуса в дерново-подзолистых почвах под влиянием систем удобрения в севооборотах в длительных полевых опытах (Шевцова, 1998).

Сочетание органических удобрений с минеральными увеличивало количество гумуса в почвах по сравнению с исходным содержанием в среднем на 20%. Применение только минеральной системы удобрения хотя и не обеспечивает поддержание исходного содержания гумуса в почве, однако, увеличивая количество корневых и пожнивных остатков, приводит к меньшему снижению содержания гумуса в почве, чем на варианте без внесения удобрений (контроль).

Известкование почв, оказывая положительное действие на жизнедеятельность микрофлоры почвы и растений, также способствует накоплению гумуса в почве. Процессы гумификации идут быстрее и активнее в менее кислой среде.

Одним из приемов снижения минерализации гумуса является применение минимальной, безотвальной и комбинированной обработок почвы под отдельные культуры, особенно на легких и эрозионноопасных почвах. Так, по данным А.М. Лыкова с соавторами (2004), среди изучаемых систем обработки почвы в зерновом севообороте наиболее эффективной оказалась минимальная обработка, применяемая под все зерновые культуры. В почве данного варианта наблюдалось наибольшее пополнение запасов органического вещества – 10,4% к исходному уровню. При

вспашке под яровые и минимальной обработке под озимые зерновые в том же севообороте накопление органического вещества составило всего 4,8%.

Обзорная публикация И.Н. Шаркова и А.А. Даниловой (2010) по влиянию агротехнических приемов на изменение содержания гумуса в пахотных почвах убедительно показывает, что применение удобрений, минимализация механической обработки почвы и снижение доли чистого пара в севообороте являются основными приемами оптимизации баланса гумуса в почве. При этом увеличение гумусированности почв под действием этих приемов, как правило, находится в интервале 0,17-0,35%.

Указанный комплекс мероприятий позволит выйти на стабильный бездефицитный или положительный баланс гумуса в почвах пахотных земель и обеспечить основу расширенного воспроизводства плодородия почв.

Глава 10. СИСТЕМА УДОБРЕНИЯ ОСНОВНЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

10.1. Озимые зерновые культуры

Особенности питания. Озимые зерновые (ржь, тритикале, пшеница) занимают около половины площадей, отводимых под зерновые культуры (48,6% в структуре пашни). Озимые хлеба по сравнению с яровыми зерновыми культурами имеют очень продолжительный период потребления элементов питания, начинающийся осенью и заканчивающийся на следующий год к фазе цветения. Благодаря хорошо развитой корневой системе они хорошо используют осеннюю и весеннюю влагу.

Озимая пшеница более требовательна к плодородию почв. Наиболее пригодными для ее возделывания являются автоморфные дерново-подзолистые суглинистые и супесчаные, подстилаемые моренными суглинками, почвы с $pH_{KCl} - 6,0-6,5$, с содержанием гумуса – 2% и выше, подвижного фосфора и калия – более 150 мг/кг. Она менее зимостойкая и засухоустойчивая, чем рожь. Озимая рожь может с успехом расти на малоплодородных легких супесчаных почвах, подстилаемых мореной или песком с глубины 0,5 м, с $pH_{KCl} - 5,5-6,0$, а также торфяных почвах ни-

зинного типа. Она лучше, чем другие зерновые культуры, усваивает питательные вещества из труднорастворимых соединений. Озимое тритикале по своим биологическим особенностям занимает промежуточное положение между озимой рожью и пшеницей.

Самыми ответственными периодами в питании озимых культур являются 2 периода:

- от всходов до ухода посевов в зиму;
- весной в начале возобновления вегетации.

В первый период озимые культуры предъявляют повышенные требования к фосфорно-калийному питанию, которое способствует мощному развитию корневой системы и кущению, накоплению сахаров, что важно для хорошей перезимовки. В этот период озимые должны быть умеренно обеспечены азотом, так как повышенное азотное питание понижает устойчивость растений к перезимовке. Успешной перезимовке способствует внесение органических удобрений.

При отрастании ранней весной озимые нуждаются в усиленном азотном питании, так как в это время запасы минерального азота еще невелики. Однако при избыточном азотном питании в этот период растения сильно кустятся, чрезмерно развивается вегетативная масса (в ущерб формированию репродуктивных органов). Такие растения больше предрасположены к полеганию и поражению болезнями.

Озимые хлеба максимальное количество питательных веществ потребляют в фазе выхода в трубку, а заканчивается их поступление в растения, как правило, к фазе цветения. За этот период растения усваивают 78-92% азота, 75-88% фосфора и 85-88% калия.

Одной тонной основной продукции озимых зерновых выносится в среднем 27 кг азота, 11 кг фосфора, 22 кг калия.

Особенности питания озимых зерновых являются основой их системы удобрения.

Система удобрения. Она для озимых зерновых, как правило, трехчленная, включающая основное, припосевное удобрение и подкормки. С точки зрения применяемых видов удобрений она может быть минеральной или органоминеральной. Последняя

предполагает внесение подстилочного навоза в дозе 30-50 т/га, бесподстилочного – 40-50 т/га. Органические удобрения вносятся под вспашку.

Дозы минеральных удобрений рассчитываются комплексным методом с использованием ЭВМ или определяются по рекомендациям научных учреждений. Средние расчетные дозы минеральных удобрений под озимые зерновые культуры на дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных на морене почвах приведены в таблице 10.1.1.

Для корректировки доз минеральных удобрений при возделывании сельскохозяйственных культур (в том числе озимых зерновых) на других почвах используют поправочные коэффициенты.

Таблица 10.1.1 –Дозы минеральных удобрений* под озимую рожь на дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных на морене почвах

Удобрения, кг/га д.в.	Содержание P ₂ O ₅ и K ₂ O мг/кг	Планируемая урожайность (зерно), ц/га			
		31-40	41-50	51-60	61-70
Азотные	–	80-100	100-120	120-130	130-140**
Фосфорные	Менее 100	70-90	x	x	x
	101-150	60-70	x	x	x
	151-200	40-60	60-70	x	x
	201-300	30-40	40-50	50-60	60-75
	301-400	15-20	20-25	25-30	30-35
Калийные	Менее 80	80-100	x	x	x
	81-140	60-80	x	x	x
	141-200	50-70	70-90	x	x
	201-300	40-50	50-70	70-90	90-110
	301-400	30-35	35-40	40-45	45-50

*На фоне внесения 30-40 т/га органических удобрений

** На фоне ретардантов

Формирование урожайности зерна на уровне 60-80 ц/га при низкой обеспеченности почвы фосфором и калием связано с необходимостью применения очень высоких доз удобрений, что значительно повышает себестоимость производства зерна. Это

связано с большим риском из-за возможного негативного влияния неблагоприятных погодных условий. Поэтому на низкоокультуренных почвах с невысокими запасами подвижных форм фосфора и калия высокая урожайность озимых зерновых культур не планируется, дозы минеральных фосфорных и калийных удобрений в соответствующей таблице не приводятся.

Фосфорные и калийные удобрения под озимые зерновые вносят до сева под основную обработку почвы.

Фосфор в почве малоподвижен, и в начальный период роста очень важно обеспечить растения водорастворимыми удобрениями в зоне развития корневой системы, поэтому обязательным приемом должно быть припосевное внесение фосфора в дозе 10-15 кг/га д.в. Внесение фосфора в рядки усиливает питание в начальный период, способствует лучшему укоренению озимых зерновых.

Подкормки фосфорными и калийными удобрениями нецелесообразны из-за низкой их эффективности. Возможно проведение подкормки озимых зерновых калием в дозе 40-60 кг/га на почвах легкого гранулометрического состава при мягкой дождливой зиме или недостаточном внесении калийных удобрений в основное внесение.

Лучшей формой минеральных удобрений под озимые зерновые культуры с осени является сложносмешанное комплексное удобрение марки NPK 5:16:35, выпускаемое Гомельским химическим заводом. При отсутствии комплексных удобрений в качестве фосфорных удобрений используют аммофос, аммонизированный суперфосфат, калийных – хлористый калий.

Формирование высоких урожаев зерна в большой степени определяется системой применения азотных удобрений.

Для получения урожайности озимых зерновых 40-50 ц/га азотные удобрения вносят в три-четыре срока: до посева (при необходимости), в начале возобновления весенней вегетации (ВВВ), в стадию выхода в трубку (стадия первого узла, 31 стадия), а на пшенице – и в начале стадии колошения (51-52 стадии). При формировании высокопродуктивных посевов (урожайность зерна 60 ц/га и выше) необходима большая доза азота. Поэтому в стадию флагового листа (37-39 стадии) на посевах озимых зерновых проводят еще одну подкормку (рисунок 10.1).

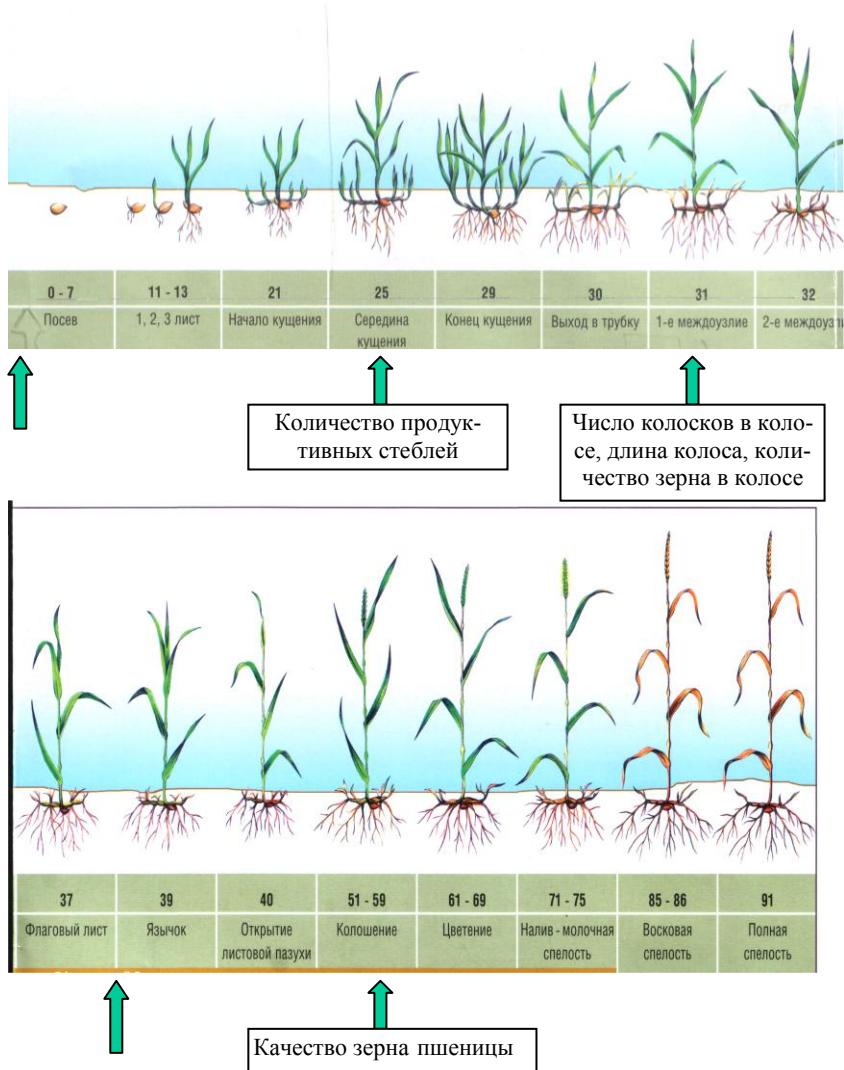


Рисунок 10.1 – Сроки внесения азотных удобрений под озимые зерновые

До посева азотные удобрения рекомендуется вносить в дозе 15-20 кг/га д.в. следующих случаях:

- при размещении озимых зерновых после небобовых предшественников;
- на почвах с низким содержанием гумуса (на суглинистых – менее 2%, супесчаных – менее 1,8%);
- если органические удобрения не вносились ни под предшественник, ни под саму культуру;

В остальных случаях азотные удобрения не применяются.

Первую подкормку азотными удобрениями весной проводят в начале возобновления активной вегетации растений, когда среднесуточная температура воздуха превысит +5°C и появятся молодые (белые) корешки. Цель первой ранневесенней подкормки азотом заключается в том, чтобы ускорить отрастание посевов, усилить мощность кущения растений. Провести ее надо в максимально сжатые сроки (не более чем за 10 дней), т.к. при поздних сроках подкормки на боковых побегах сформируется укороченный колос, который не даст полноценного зерна или не успеет созреть к началу уборки. Рекомендуемая доза азота для первой ранневесенней подкормки озимых зерновых – 60-70 кг/га, лучшей формой азотных удобрений является КАС (без разбавления), которая позволяет внести азот по поверхности поля с максимальной равномерностью. При этом при активной вегетации растений азот, внесенный в форме КАС, усваивается растениями быстрее (в течение 2-6 часов), чем при использовании твердых форм (2-5 суток).

Вторая подкормка проводится в стадию первого узла (над поверхностью почвы начинает прощупываться первый узел, 31 стадия). В эту стадию закладывается основной потенциал урожайности озимых зерновых культур (длина колоса, число зерен в колосе, масса зерна одного колоса). Рекомендуемая доза азота для второй подкормки 35-40 кг/га. При планировании средних уровней урожайности в эту фазу можно применять КАС в разведении 1:3. При планировании высокой урожайности необходимо иметь ввиду, что важным условием формирования урожая является как можно большая продолжительность работы листового аппарата растений. Чем больше продолжается фотосинтетическая деятельность листьев, тем выше будет окупаемость

удобрений и конечный урожай. Поэтому после начала трубкования следует избегать ожогов листового аппарата, осторожно относится к применению КАС и отдавать предпочтение твердым формам азотных удобрений – аммиачной селитре, мочевине.

Третья подкормка в стадию последнего (флагового) листа планируется для получения высоких урожаев (более 60 ц/га). Оптимальная доза азота в этот период составляет 20-25 кг/га. Формы удобрений: аммиачная селитра, мочевина, КАС (при использовании опрыскивателей с волочильными шлангами).

Четвертая подкормка проводится на озимой пшенице в начале колошения для улучшения качества зерна. Рекомендуемая доза азота 10-20 кг/га. В эту подкормку лучше всего использовать 8-15% раствор мочевины.

В раствор мочевины можно добавлять сульфат аммония (5-10 кг/га). Содержащаяся в нем сера способствует увеличению количества белка в зерне.

Получение высоких уровней урожайности озимых зерновых на фоне высоких доз азотных удобрений возможно при внесении ретардантов и должно сопровождаться активной химической защитой растений.

Из микроэлементов наибольшее значение для озимых зерновых культур имеют медь и марганец. Применение марганца оправдано, если значение обменной кислотности больше 6,0. Для средних уровней урожайности необходимо планировать проведение одной некорневой подкормки в стадию первого узла. Для высокопродуктивных посевов (50 ц/га и выше) рекомендуется двукратная некорневая подкормка – в начале активной вегетации весной или в стадию первого узла и в стадию флагового листа или в начале колошения. Наряду с простыми микроудобрениями (сульфатом меди и сульфатом марганца) эффективно использование жидких микроудобрений, содержащих микроэлементы в форме хелатных соединений. Высокоэффективно применение и жидких комплексных гуминовых удобрений с микроэлементами Си, Мп, жидких комплексных микроудобрений МикроСтим Си, содержащих микроэлементы в хелатной форме и регуляторы роста растений (гидрогумат, гидрогумин), которые разработаны в РУП «Институт почвоведения и агрохимии».

Технологические схемы применения минеральных удобрений под озимые зерновые представлены в таблицах 10.1.2-10.1.4.

Таблица 10.1.2 – Технологическая схема применения минеральных удобрений под озимую рожь (урожайность 60-70 ц/га)

Дозы удобрений	Формы удобрений	Сроки применения
$N_{15-20}P_{40-50}K_{120-140}$	аммофос, хлористый калий	до посева
N_{60-70}	КАС или мочевина	весной в начале вегетации
N_{30-40}	мочевина	в фазе начала выхода в трубку (стадия 31)
$Cu_{50}Mn_{50}$	сульфат меди и сульфат марганца или Адоб медь и Адоб марганец или МикроСтим- Медь	<u>некорневые подкормки:</u> в стадии первого узла в баковой смеси с ретардантом и фунгицидом и добавлением мочевины – 10-15 кг на 200 л рабочего раствора

Таблица 10.1.3 – Технологическая схема применения минеральных удобрений под озимую пшеницу (урожайность 70-100 ц/га)

Дозы удобрений	Формы удобрений	Сроки применения
1	2	3
Органические удобрения. 40-50 т/га	соломистый или торфяной навоз	осенью под вспашку
$N_{15-20}P_{60-90}K_{120-140}$	аммофос, хлористый калий	до посева
N_{60-70}	КАС или карбамид	весной в начале вегетации
N_{35-40}	карбамид	в фазе начала выхода в трубку
1,0-1,25 0,2 0,5	<u>регуляторы роста:</u> хлормекватхлорид 750, или модус, или серон	в стадии первого узла. расход рабочего раствора 200 л/га

Продолжение таблицы 10.1.3

1	2	3
$Cu_{50}Mn_{50}$	сульфат меди и сульфат марганца или Адоб медь и Адоб марганец или МикроСтим –Медь	<u>некорневые подкормки:</u> в стадии первого узла с добавлением мочевины – 10-15 кг на 200 л рабочего раствора <i>*возможно применение в баковой смеси с ретардантом и фунгицидом</i>
N_{40-50}	КАС (внесение опрыскивателем с волочильными шлангами) или мочевина	в фазе появления флагового листа
0,2 0,5	регуляторы роста: модус, или серон	появление – полное развитие флагового листа
N_{10}	водный раствор карбамида в концентрации 10%	колошение

Таблица 10.1.4 – Технологическая схема применения минеральных удобрений под озимое тритикале (урожайность 70-100 ц/га)

Дозы удобрений	Формы удобрений	Сроки применения
1	2	3
Органические удобрения. 40-50 т/га	соломистый или торфяной навоз	осенью под вспашку
$N_{15-20}P_{60-90}K_{120-140}$	аммофос, хлористый калий	до посева
N_{60-70}	КАС или карбамид	весной в начале вегетации
N_{35-40}	карбамид	в фазе начала выхода в трубку
1,0-1,25 0,2 0,5	<u>регуляторы роста:</u> хлормекватхлорид 750, или модус, или серон	в стадии первого узла. расход рабочего раствора 200 л/га

Продолжение таблицы 10.1.4

1	2	3
$\text{Cu}_{50}\text{Mn}_{50}$	сульфат меди и сульфат марганца или Адоб медь и Адоб марганец или МикроСтим –Медь	<u>некорневые подкормки:</u> в стадии первого узла с добавлением мочевины – 10-15 кг на 200 л рабочего раствора <i>*возможно применение в баковой смеси с ретардантом и фунгицидом</i>
N_{40-50}	КАС (внесение опрыскивателем с волочильными шлангами) или мочевина	в фазе появления флагового листа
0,2 0,5	регуляторы роста: модус, или серон	появление – полное развитие флагового листа

10.2. Яровые зерновые культуры

Особенности питания. У яровых зерновых культур (пшеница, ячмень, тритикале, овес) период вегетации короче, чем у озимых, а вынос элементов питания с урожаем у них одинаков. Следовательно, яровые зерновые потребляют элементы питания в более сжатые сроки, т.е. отличаются высокой интенсивностью поглощения элементов питания.

Яровые зерновые по-разному относятся к условиям произрастания. Более требовательны к уровню плодородия почвы ячмень и пшеница. Они лучше растут на плодородных почвах с рН, равной 6-7. Менее требовательной культурой к плодородию почвы и предшественнику является овес. Поэтому в севообороте его обычно размещают в последнем поле.

Наибольшую потребность в азоте яровые испытывают в период от начала кущения до выхода в трубку, за это время они поглощают около 40% от потребляемого за весь вегетационный период азота. Недостаток азота в этот период приводит к нарушению формирования генеративных органов и снижению урожайности.

Критическим периодом фосфорного питания яровых зерновых является начальный период роста. Обеспеченность фосфором яровых зерновых в этот период способствует росту корневой системы, формированию крупного колоса, раннему созреванию растений. Фосфорные удобрения дают меньшую прибавку урожая, чем азотные, но без них растения хуже развиваются.

Наибольшее количество калия яровые культуры потребляют в первые периоды роста. Более высокая эффективность калийных удобрений отмечается при низкой обеспеченности почв обменным калием.

Поглощение питательных элементов у яровых зерновых заканчивается в основном к периоду колошение-цветение.

На формирование 1 т зерна они потребляют 30,4 кг азота, 11,6 кг фосфора и 24,7 кг калия.

Система удобрения. Дозы минеральных удобрений при возделывании яровых зерновых культур рассчитываются для каждого конкретного поля с учетом типа почвы и ее гранулометрического состава, планируемой урожайности, обеспеченности почвы подвижными соединениями фосфора и калия, предшественника, последействия органических удобрений.

Рекомендуемые дозы азотных, фосфорных и калийных удобрений под яровые зерновые в зависимости от типа почвы, уровня планируемой урожайности и содержания в почве подвижных соединений фосфора и калия приведены в таблице 10.2.1.

Азотные удобрения при возделывании яровых зерновых на минеральных почвах вносят в три приема: N_{60-70} весной под предпосевную культивацию (основное внесение), N_{20-40} – в стадию 1 узла (подкормка) и N_{15-20} – в стадию колошения (некорневая подкормка яровой пшеницы). При планировании высоких урожаев яровой пшеницы (60 ц/га и более) необходимо внесение 20-25 кг/га азота в стадию флагового листа. Получение высоких урожаев яровых зерновых возможно при внесении ретардантов.

Если расчетные дозы азотных удобрений не превышают 60-70 кг/га, то их эффективнее вносить в один прием под предпосевную культивацию.

Таблица 10.2.1 – Рекомендуемые дозы минеральных удобрений под яровые зерновые на дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных на морене почвах

Удобрения, кг/га д.в.*	Содержание P_2O_5 и K_2O , мг/кг	Планируемая урожайность (зерно), ц/га				
		31-40	41-50	51-60	61-70	71-80
Азотные		60-70	70-80	80-90	90-100	100-120
Фосфорные	менее 100	65-80	x	x	x	x
	101-150	55-70	70-80	x	x	x
	151-200	40-55	55-70	70-80	80-90	x
	201-300	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80
	301-400	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40
Калийные	менее 80	80-100	x	x	x	x
	81-140	70-90	90-110	110-130	x	x
	141-200	50-70	70-90	90-110	120-140	x
	201-300	40-60	60-80	80-100	100-120	120-140
	301-400	30-35	35-40	40-45	45-50	50-60

* На фоне последействия 60 т/га органических удобрений; x – при данной обеспеченности почв фосфором и калием получение планируемой урожайности экономически нецелесообразно

Доза для подкормки может корректироваться в зависимости от содержания азота в растениях на основании данных растительной диагностики.

Система удобрения под яровые зерновые минеральная, 2-3 членная: основное, припосевное и при необходимости подкормка.

Из азотных удобрений до сева применяются любые формы удобрений, лучшей из которых является КАС, которая позволяет внести азот с максимальной равномерностью. В подкормку в стадию 1-го узла используют мочевину, медленнодействующую мочевину (с гуматами), КАС (при использовании опрыскивателей с волочильными шлангами) Поздняя азотная некорневая подкормка в начале колошения яровой пшеницы проводится 10% раствором карбамида. В раствор можно добавить сульфат аммония (5-10 кг/га в физическом весе). Сера, содержащаяся в этом удобрении, способствует увеличению белка.

Фосфорные и калийные удобрения следует вносить осенью с заделкой под зяблевую вспашку, культивацию или весной под предпосевную культивацию.

Из имеющегося ассортимента минеральных удобрений лучшими формами являются аммофос, аммонизированный суперфосфат, хлористый калий.

Для внесения под предпосевную культивацию рекомендуется сложносмешанное комплексное удобрение марки 16:12:20, выпускаемое на Гомельском химическом заводе (содержит 16% азота, 12% фосфора и 20% калия).

Для обеспечения яровых зерновых культур фосфором в критический период при наличии комбинированных сеялок вносят 10-20 кг/га фосфора в рядки при посеве. Лучшими формами удобрения являются суперфосфаты и аммофос.

Эффективным приемом при возделывании яровых зерновых культур является некорневая подкормка медью, а на почвах с pH более 6,0 – и марганцем. Оптимальные сроки проведения некорневой подкормки – стадия 1 и 2 узла, доза – 50 г/га меди и марганца. Их следует совмещать с химической прополкой посевов или некорневой подкормкой азотом. В качестве микроудобрений можно использовать минеральные соли микроэлементов и их хелатные соединения, выпускаемые различными производителями.

Технологические схемы применения удобрений под различный уровень урожайности яровых зерновых культур представлены в таблицах 10.2.2–10.2.7.

Таблица 10.2.2 – Технологическая схема применения минеральных удобрений под яровую пшеницу (урожайность 50-60 ц/га)

Дозы удобрений	Формы удобрений	Сроки применения
1	2	3
$N_{60}P_{60-90}K_{120-150}$	карбамид или КАС, аммофос или аммонизированный суперфосфат, хлористый калий	до посева
N_{30}	карбамид	подкормка в фазу первого узла

Продолжение таблицы 10.2.2

1	2	3
N_{30}	карбамид	подкормка в фазу последнего листа
$Cu_{50}Mn_{50}$	сульфат меди и сульфат марганца или Эле-Гум-медь и ЭлеГум-марганец, или Адоб медь и Адоб марганец	некорневая подкормка в фазу первого узла с добавлением карбамида (10 кг/га), или КАС (10 л/га), расход рабочего раствора – 200 л/га
Регулятор роста	Терпал Ц – 1,2-1,5 л/га	опрыскивание посевов в фазу появления флагового листа, расход рабочего раствора – 200 л/га

Таблица 10.2.3 – Технологическая схема применения удобрений под яровую пшеницу (урожайность 61-80 ц/га)

Дозы удобрений	Формы удобрений	Сроки применения
$N_{60-90}P_{90-120}K_{150-180}$	карбамид или КАС, аммофос или аммонизированный суперфосфат, хлористый калий	до посева
N_{30}	карбамид	подкормка в фазу первого узла
Фунгицид	Альто Супер, 0,6 л/га, или другие	в стадию флагового листа
N_{30}	карбамид	подкормка в фазу последнего листа
$Cu_{50}Mn_{50}$	сульфат меди и сульфат марганца, или Адоб медь и Адоб марганец	некорневая подкормка в фазу первого узла с добавлением карбамида (10 кг/га), или КАС (10 л/га), расход рабочего раствора – 200 л/га
Регулятор роста	Терпал Ц* – 1,0-1,5 л/га	Опрыскивание посевов в фазу появления флагового листа, расход рабочего раствора – 200 л/га

Таблица 10.2.4 – Технологическая схема применения минеральных удобрений под ячмень продовольственный (урожайность 50-60 ц/га)

Дозы удобрений	Формы удобрений	Сроки применения
$N_{60}P_{60-90}K_{120-150}$	карбамид или КАС, аммофос или аммонизированный суперфосфат, хлористый калий	до посева
N_{30}	карбамид	подкормка в фазу первого узла
N_{30}	карбамид	подкормка в фазу последнего листа
$Cu_{50}Mn_{50}$	сульфат меди и сульфат марганца или ЭлеГум-медь и ЭлеГум-марганец, или Адоб медь и Адоб марганец	некорневая подкормка в фазу первого узла с добавлением карбамида (10 кг/га), или КАС (10 л/га), расход рабочего раствора – 200 л/га
Регулятор роста	Терпал Ц – 1,2-1,5 л/га	опрыскивание посевов в фазу появления флагового листа, расход рабочего раствора – 200 л/га

Таблица 10.2.5 – Технологическая схема применения удобрений под ячмень продовольственный (урожайность 61-80 ц/га)

Дозы удобрений	Формы удобрений	Сроки применения
		1 2 3
$N_{60-90}P_{90-120}K_{150-180}$	карбамид или КАС, аммофос или аммонизированный суперфосфат, хлористый калий	до посева
N_{30}	карбамид	подкормка в фазу первого узла
Фунгицид	Альто Супер, 0,6 л/га, или другие	в стадию флагового листа
N_{30}	карбамид	подкормка в фазу последнего листа

Продолжение таблицы 10.2.5

1	2	3
$\text{Cu}_{50}\text{Mn}_{50}$	сульфат меди и сульфат марганца, или Адоб медь и Адоб марганец	некорневая подкормка в фазу первого узла с добавлением карбамида (10 кг/га), или КАС (10 л/га), расход рабочего раствора – 200 л/га
Регулятор роста	Терпал Ц* – 1,2-1,5 л/га	опрыскивание посевов в фазу появления флагового листа, расход рабочего раствора – 200 л/га

Таблица 10.2.6 – Технологическая схема применения минеральных удобрений под яровое тритикале (урожайность 50-60 ц/га)

Дозы удобрений	Формы удобрений	Сроки применения
$\text{N}_{60}\text{P}_{60-90}\text{K}_{120-150}$	карбамид или КАС, аммофос или аммонизированный суперфосфат, хлористый калий	до посева
N_{30}	карбамид	подкормка в фазу первого узла
N_{30}	карбамид	подкормка в фазу последнего листа
$\text{Cu}_{50}\text{Mn}_{50}$	сульфат меди и сульфат марганца или ЭлеГум-медь и ЭлеГум-марганец, или Адоб медь и Адоб марганец	некорневая подкормка в фазу первого узла с добавлением карбамида (10 кг/га), или КАС (10 л/га), расход рабочего раствора – 200 л/га
Регулятор роста	Терпал Ц – 1,2-1,5 л/га	опрыскивание посевов в фазу появления флагового листа, расход рабочего раствора – 200 л/га

Таблица 10.2.7 – Технологическая схема применения удобрений под яровое тритикале (урожайность 61-80 ц/га)

Дозы удобрений	Формы удобрений	Сроки применения
$N_{60-90}P_{90-120}K_{150-180}$	карбамид или КАС, аммофос или аммонийзированный суперфосфат, хлористый калий	до посева
N_{30}	карбамид	подкормка в фазу первого узла
Фунгицид	Альто Супер, 0,6 л/га, или другие	в стадию флагового листа
N_{30}	карбамид	подкормка в фазу последнего листа
$Cu_{50}Mn_{50}$	сульфат меди и сульфат марганца, или Адоб медь и Адоб марганец	некорневая подкормка в фазу первого узла с добавлением карбамида (10 кг/га), или КАС (10 л/га), расход рабочего раствора – 200 л/га
Регулятор роста	Терпал Ц* – 1,2-1,5 л/га	опрыскивание посевов в фазу появления флагового листа, расход рабочего раствора – 200 л/га

Особенности удобрения пивоваренного ячменя. Зерно пивоваренного ячменя должно содержать не более 12% белка. В связи с этим система удобрений пивоваренного ячменя несколько отличается от фуражного. Оптимальные дозы минеральных удобрений под ячмень пивоваренный приводятся в табл.10.2.8.

Дозы азотных удобрений до 60 кг/га и расчетные дозы фосфорных и калийных удобрений применяются в один прием до посева с заделкой под культивацию. При наличии специально оборудованных сеялок 10-15 кг/га д.в. фосфора целесообразно вносить в рядки при посеве. Лучшая форма удобрений – комплексное удобрение марки 9-18-24 с медью и марганцем или марки 10-18-22 с медью и марганцем.

На хорошо окультуренных почвах на посевах с потенциальной урожайностью 60-80 ц/га проводится одна подкормка азот-

ными удобрениями в дозе до 20 кг/га д.в. фазу начала трубкования (стадия 31).

Медные и марганцевые микроудобрения вносят в дозах по 50 г/га д.в. в фазу начала выхода в трубку (стадия 31).

Таблица 10.2.8 – Дозы минеральных удобрений* под пивоваренный ячмень дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных на морене почвах

Удобрения, кг/га д. в.	Содержание P ₂ O ₅ и K ₂ O, мг/кг	Планируемый урожай (зерно), ц/га			
		31-40	41-50	51-60**	61-80**
Азотные		50-60	50-60	50-60	70-80
Фосфорные	менее 100	65-80	x	x	x
	101-150	55-70	x	x	x
	151-200	40-55	55-70	x	x
	201-300	30-40	40-50	50-60	60-70
	301-400	2030	20-25	25-30	30-35
Калийные	менее 80	80-110	x	x	x
	81-140	70-90	x	x	x
	141-200	50-70	70-90	x	x
	201-300	40-60	60-80	80-100	100-120
	301-400	30-35	35-40	40-45	45-50

*на фоне последействия 50-60 т/га органических удобрений;

**на фоне ретардантов – модус в дозе 0,3 л/га в фазу начале выхода в трубку (образование второго междоузлия) и 0,3 л/га в период появления последнего листа).

10.3. Зернобобовые культуры

Особенности питания. Основной особенностью питания зернобобовых культур (горох, вика, пельюшка, люпин, кормовые бобы) является фиксация азота воздуха благодаря симбиозу с клубеньковыми бактериями, что снижает их потребность в азотных удобрениях. Коэффициент азотфиксации у этих культур составляет в среднем 60% от общего потребления азота на формирование урожая. Примерно 75% азота фиксированного бакте-

риями из воздуха используется растениями, а 25% остается в клубеньках и после минерализации поживно-корневых остатков зернобобовых культур способствует улучшению азотного питания последующих культур.

Важная особенность зернобобовых культур – их способность поглощать из почвы и удобрений труднорастворимые формы фосфора. В большей степени это проявляется у люпина и гороха.

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

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

Для возделывания гороха, вики, пельюшки и кормовых бобов наиболее пригодными являются легко- и среднесуглинистые почвы, а также супеси, подстилаемые связными породами. Оптимальные агрохимические показатели почвы: рН – 6,0-6,5, содержание гумуса – не ниже 1,8%, подвижного фосфора и обменного калия – не менее 150 мг/кг.

Люпин узколистный предпочитает песчаные, супесчаные и легкосуглинистые почвы. Оптимальная реакция среды рН – 5,0-5,6 (переносит рН от 4,5 до 7,5).

Зернобобовые культуры особенно люпин, являются типичными хлорофобами. Эти культуры более или менее равномерно потребляют питательные вещества почвы и удобрений. Горох и вика заканчивают потребление питательных веществ в конце цветения, люпин – при созревании бобов на главном стебле.

Указанные биологические особенности зернобобовых культур определяют потребность их в минеральных удобрениях.

В среднем на формирование 1 т зерна зернобобовые потребляют 61,7 кг азота, 17,6 кг фосфора, 37,2 кг калия.

Система удобрения зернобобовых культур минеральная, двучленная, включающая основное внесение и некорневую подкормку микроудобрениями.

Непосредственное внесение органических удобрений (30 т/га) рекомендуется только под кормовые бобы. Высокую по-

требность в азоте зернобобовые могут удовлетворять фиксацией клубеньковыми бактериями из воздуха и поглощением из почвы. Обычно они не нуждаются во внесении азотных удобрений.

Под вику, горох, пельюшку азотные удобрения в дозе 30–60 кг/га д.в. вносят под предпосевную культивацию на почвах с содержанием гумуса менее 1,8% и при неблагоприятных условиях для азотфиксации (дефицит влаги, низкая температура).

Внесение под люпин азотных удобрений нерационально. Как исключение на почвах с низким плодородием (гумуса менее 1,5%), в условиях прохладной затяжной весны, если в стадии 3-4 листьев нет биологически активных клубеньков (в разрезе они должны быть розового цвета) вносят 20-30 кг/га азота. Применение азота экономически выгодно заменить инокуляцией семян зернобобовых бактериальным удобрением Сапронит. Предпосевная обработка 1 т семян проводится рабочей смесью: 1 л Сапронита + 10 л воды (непосредственно перед посевом).

Дозы внесения фосфорных и калийных удобрений зависят от планируемой урожайности и содержания доступных форм этих веществ в почве (таблица 10.3.1).

Таблица 10.3.1 – Дозы минеральных удобрений под зернобобовые культуры на дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных на морене почвах

Удобрения, кг/га д.в.*	Содержа- ние P_2O_5 и K_2O , мг/кг	Планируемая урожайность (зерно), ц/га			
		15-20	21-25	26-35	36-40
Фосфорные	менее 100	50-70	70-90	x	x
	101-150	40-60	60-80	80-90	x
	151-200	30-45	45-60	60-75	70-90
	201-300	20-30	30-40	40-50	50-60
	301-400	-	10-15	10-15	15-20
Калийные	менее 80	80-100	100-120	x	x
	81-140	70-90	90-110	110-130	x
	141-200	60-70	70-90	90-110	110-130
	201-300	40-60	60-80	80-100	100-120
	301-400	-	20-30	30-40	40-50

Срок внесения фосфорных и калийных удобрений – осенью под зяблевую вспашку. На легких почвах, где это невозможно из-за опасности вымывания, хлористый калий необходимо вносить рано весной под первую культивацию.

По данным белорусских исследователей, при наличии в почве более 120 мг/кг P_2O_5 и 200 мг/кг K_2O фосфорно-калийные удобрения оказывают слабое влияние на повышение урожайности зерна люпина, поэтому их внесение под эту зернобобовую культуру оказывается малоэффективным.

Характерной особенностью люпина, особенно желтого, является устойчивость к повышенной кислотности почвенного раствора и негативное отношение к избытку кальция.

При этом из-за антагонизма между калием и кальцием значительно ухудшается калийный режим питания. Поэтому на известкованных участках дозы внесения калия необходимо увеличить на 20-30% по сравнению с расчетными на планируемый урожай, а инокуляцию проводить более активными штаммами клубеньковых бактерий. Чтобы избежать отрицательного действия известкования почвы на урожайность люпина, его в севообороте необходимо проводить за 3-4 года до того, как на данном поле будет возделываться люпин. При этом известковое удобрение должно обязательно в своем составе содержать магний, чтобы избежать магниевого голодания растений, которое имеет место при соотношении в почве $CaO : MgO > 4,0$.

На дерново-подзолистых почвах положительное влияние на урожайность зерна люпина оказывают такие микроэлементы, как бор и молибден, активизирующие процесс симбиотической фиксации азота. В фазу бутонизации рекомендуется некорневая подкормка микроэлементами: 500 г/га борной кислоты, 100 г/га молибдата аммония. Микроудобрения рекомендуется применять в составе баковой смеси с инсектицидами. Возможна обработка семян борной кислотой (300 г/т семян) и молибдатом аммония (250 г/т). Можно проводить некорневые подкормки хелатными формами микроудобрений: Эколист моно Бор 1-2 л/га, Басфоли-ар 6-12-6 (6-12 л/га).

10.4. Просо

Особенности питания. Благодаря биологическим особенностям просо лучше других зерновых культур использует почвенную влагу, меньше страдает от засухи и весьма отзывчиво на улучшение технологии возделывания, в том числе и на удобрения.

Наиболее пригодными для проса являются дерново-подзолистые суглинистые и супесчаные на связных породах почвы, а также торфяные почвы низинного типа. Рекомендуемые агрохимические показатели почвенного плодородия: pH_{KCl} – 6,0-7,5, содержание гумуса – не менее 1,6%, подвижных соединений фосфора и калия – не менее 150 мг/кг.

В первые фазы роста и развития просо растет очень медленно и мало использует элементов питания. У этой культуры короткий период потребления питательных веществ – от кущения до налива зерна просо в течение 45-55 дней использует 80-90% элементов питания. Максимум поступления азота и калия отмечается в фазе выметывания, фосфора – в фазе восковой спелости.

На формирование 1 т зерна и соответствующего количества соломы используется 30-32 кг азота, 13-15 кг фосфора, 32-34 кг калия, 10-13 кальция.

Система удобрения проса – минеральная, включающая основное, припосевное внесение и подкормку.

Просо исключительно хорошо использует последействие навоза, поэтому лучше органические удобрения вносить под предшествующую культуру в дозе не менее 40 т/га.

Полную дозу фосфорных и калийных удобрений вносят до посева (таблицы 10.4.1-10.4.2). Хорошие результаты обеспечивает 15-30 кг/га д.в. фосфора в рядки при посеве (просо одна из наиболее отзывчивых на этот агроприем культуры).

Азотные удобрения на минеральных почвах необходимо вносить под предпосевную культивацию в виде КАС, карбамида или сульфата аммония в дозе 60-80 кг/га д.в. в зависимости от типа почв и планируемой урожайности.

Таблица 10.4.1 – Средние дозы минеральных удобрений под просо на дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных почвах, подстилаемых мореной

Удобрения, кг/га д.в.*	Содержание Р ₂ O ₅ и K ₂ O, мг/кг	Планируемая урожайность (зерно), ц/га				
		< 30	31–40	41–50	51–60	61–70
Азотные		50–60	60–70	70–80	80–90	90–100
Фосфорные	Менее 100	50–65	65–80	x	x	x
	101–150	40–55	55–70	70–80	x	x
	151–200	30–40	40–55	55–70	70–80	80–90
	201–300	20–30	30–40	40–50	50–60	60–70
	301–400	–	15–20	20–25	25–30	30–35
Калийные	Менее 80	60–80	80–100	x	x	x
	81–140	50–70	70–90	90–110	110–130	x
	141–200	40–50	50–70	70–90	90–110	120–140
	201–300	30–40	40–60	60–80	80–100	100–120
	301–400	–	30–35	35–40	40–45	45–50

Таблица 10.4.2 – Средние дозы минеральных удобрений под просо на дерново-подзолистых песчаных и супесчаных на песках почвах

Удобрения, кг/га д.в.*	Содержание Р ₂ O ₅ и K ₂ O, мг/кг	Планируемая урожайность (зерно), ц/га				
		15–20	21–25	25–30	31–35	36–40
Азотные		40–45	45–55	55–65	65–75	75–85
Фосфорные	менее 100	40–45	45–50	x	x	x
	101–150	35–40	40–45	45–50	x	x
	151–200	25–30	30–35	35–40	40–45	45–50
	201–300	15–20	20–25	25–30	30–35	35–40
Калийные	менее 80	60–70	70–80	x	x	x
	81–140	40–50	50–60	60–70	x	x
	141–200	30–40	40–50	50–60	60–70	70–80
	201–300	20–30	30–40	40–50	50–60	60–70

По данным научных исследований, под просо целесообразно использовать комплексное NPK-удобрение 16:12:20 с регуля-

тором роста растений феномелан (375-500 кг АФК соответствует $N_{60-85}P_{45-65}K_{75-110}$) или карбамида с гидрограмматом, применение которых обеспечивает прибавку зерна от 1,6 до 3,8 ц/га по сравнению со смесью простых удобрений.

При посеве на зерно доза азота на минеральных почвах не должна превышать N_{90} , а на торфяно-болотных – N_{20-40} .

Подкормки проса азотом в стадию метелки рекомендуются только на посевах, предназначенных на зеленую массу, где общая его доза в среднем составляет не менее 120 кг/га д.в.

Высокоэффективным приемом возделывания культуры на зерно является внесение микроэлементов. В стадию кущения необходимо проводить некорневую подкормку медью и марганцем в дозе 25 г/га. Можно использовать как соли металлов (сульфат меди и сульфат марганца), так и микроэлементы в хелатной форме (Адоб Си, Адоб Mn, Эколист Моно Си, Эколист Моно Mn и др.).

Технологическая схема применения минеральных удобрений под просо представлена в таблице 10.4.3.

Таблица 10.4.3 - Технологическая схема применения минеральных удобрений под просо на планируемую урожайность зерна 40-50 ц/га

Дозы удобрений	Формы удобрений	Сроки применения
$N_{90}P_{40-50}K_{90-100}$	карбамид или КАС, аммофос или аммонизированный суперфосфат, хлористый калий	до посева
$Cu_{25}Mn_{25}$	сульфат меди и сульфат марганца или ЭлеГум-медь и ЭлеГум-марганец или Адоб медь и Адоб марганец	некорневая подкормка в фазу кущения, расход рабочего раствора – 200 л/га
Гербицид	1. Дезормон (0,5 л/га) + Лонтрел-300 (200 г/га) 2. Диален супер (0,6 л/га) + Лонтрел-300 (300 г/га)	1. В фазу 2-3-х листочков проса, расход рабочего раствора – 200 л/га 2. Через 2 недели после первой обработки

10.5. Гречиха

Особенности питания. Гречиха предпочитает хорошо аэрируемые, быстропрогреваемые, чистые от сорняков супесчаные, а также легко- и среднесуглинистые почвы, плохо растет на тяжелых, переувлажненных почвах и песках. Она требовательна не только к почве, но и к месту произрастания. В низких местах, где растения могут страдать от избытка влаги, повреждаться заморозками, туманами, зарастать сорняками, гречиху высевать нельзя. Малопригодны для нее и возвышенные места. Ее рекомендуется размещать на участках, защищенных от холодных ветров. Гречиха менее чем зерновые колосовые, чувствительна к кислотности почвы. Оптимальная величина pH лежит в пределах 5,2-6,0.

Несмотря на способность хорошо усваивать из почвы труднодоступные формы фосфора и калия, гречиха, имея слаборазвитую корневую систему, хорошо отзывается на удобрения.

По сравнению с зерновыми хлебами гречиха очень интенсивная культура. Эта крупяная культура потребляет азота в 1,5 раза (37,5 кг/т), фосфора – в 2 (19,8 кг/т), калия – в 2 (48,2 кг/т) больше, чем зерновые культуры.

У гречихи короткий период потребления питательных веществ, за 30-40 дней (до цветения) после посева гречиха использует более 60% азота и калия и до 50% фосфора от использованного количества. Это калиелюбивая культура. Фосфор используется в большей мере во второй половине вегетации. Как и другие культуры, в начале роста гречиха испытывает потребность в фосфоре. К азоту гречиха менее требовательна, чем к фосфору и калию. Избыток азота задерживает созревание и резко снижает плодообразование. Гречиха – ярко выраженный хлорофоб.

Система удобрения гречихи – минеральная, включающая основное внесение азотных, фосфорных и калийных удобрений, припосевное – фосфорных и в подкормку – микроудобрений (борных, марганцевых и цинковых). Оптимальные дозы минеральных удобрений под гречиху представлены в таблице 10.5.1.

Дозы азотных удобрений под средне- и позднеспелые сорта, возделываемые после зерновых предшественников, не должны превышать 70 кг/га, после пропашных – 30-45 кг/га.

Таблица 10.5.1 – Дозы минеральных удобрений под гречиху

Удобрения кг/га д.в.	Содержание P ₂ O ₅ и K ₂ O, мг/кг	Планируемая урожайность (зерно), ц/га			
		10,0–15,0	15,1–20,0	20,1–25,0	25,1–30,0
Азотные	–	35–45	45–55	55–60	65–70
Фосфорные	менее 100	40–60	60–80	x	x
	101–150	30–40	40–60	60–80	x
	151–200	25–35	35–50	50–70	70–90
	201–300	20–30	30–40	40–50	50–60
	301–400	–	15–20	20–25	25–30
Калийные	менее 80	60–80	80–100	x	x
	81–140	50–70	70–90	90–110	x
	141–200	40–60	60–80	80–90	90–100
	201–300	20–30	35–45	45–55	55–65
	301–400	–	20–25	25–30	30–40

Для скороспелых сортов дозы азота можно увеличить на 15–20 кг/га. Лучшим азотным удобрением является сульфат аммония, так как гречиха предъявляет повышенные требования к питанию серой. Азотные удобрения в основной прием вносятся под предпосевную обработку почвы.

Фосфорные удобрения рекомендуется вносить осенью под вспашку или весной под предпосевную культивацию. Эффективным приемом использования фосфорных удобрений является внесение их в рядки при посеве в дозе 15–20 кг/га д.в.

Так как гречиха относится к хлорофобным культурам, отрицательно реагирующими на хлор, при высоких дозах внесения хлорсодержащих комплексных удобрений у гречихи может наблюдаться пятнистость листьев и снижение урожайности зерна.

В республике под гречиху в основном вносятся хлорсодержащие калийные удобрения (хлористый калий, 40% калийная соль), так как выпуск бесхлорных калийных удобрений (сульфата калия) не производится.

Весенне внесение хлорсодержащих калийных удобрений является одним из основных факторов, лимитирующих получение высоких урожаев гречихи. Это обусловлено снижением некоторовыделения у гречихи, а в результате и ее опыления под дей-

ствием хлорсодержащих удобрений. Поэтому хлористый калий под гречиху на легкосуглинистых и связносупесчаных почвах, подстилаемых моренными суглинками, следует вносить с осени. За осенний и весенний период хлор из удобрений практически полностью вымывается.

На легких почвах хлористый калий не рекомендуется вносить с осени, так как потери калия из удобрений составляют 25–33 кг/га. Поэтому на песчаных и рыхлосупесчаных почвах хлористый калий под гречиху вносится весной под ранневесеннюю культивацию.

Для основного внесения можно использовать комплексные хлорсодержащие удобрения для гречихи:

– для почв со средним и повышенным содержанием подвижного фосфора и калия в почвах марки N : P : K = 16–12–20; 15–11–19; 14–10–17, содержит N – 14-16%, P₂O₅ – 10-12%, K₂O – 17-20%, MgO – до 4%, B – 0,17-0,18%, Zn – до 0,2%, Cu – до 0,2%, Fe – 0,02% и регуляторы роста растений (Феномелан, Эпин или Гидрогумат);

– для почв с низким содержанием подвижных соединений фосфора и калия в почвах марки N:P:K = 8–20–30, 9–18–28, 10–19–25.

Эти удобрения разработаны Институтом почвоведения и агрохимии и производятся на «Гомельском химическом заводе».

Кроме того, для внесения под предпосевную культивацию можно использовать бесхлорные комплексные удобрения:

– для почв с повышенным содержанием подвижных соединений фосфора и средним и повышенным содержанием калия в почвах, марки N:P:K = 13:7–9:15–17;

– для почв с низким содержанием подвижных соединений фосфора и средним и повышенным содержанием подвижного калия в почвах, марки N:P:K=8–19–16, 10–16–17.

Эти удобрения выпускает ООО «Гринтур». В составе всех перечисленных удобрений входят микроэлементы и регуляторы роста растений, указанные в марке N:P:K = 16–12–20.

Дозы комплексных удобрений под гречиху на дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных почвах представлены в таблице 10.5.2.

Таблица 10.5.2 – Дозы комплексных удобрений под гречиху, кг ф.в./га

Комплексные удобрения	Содержание P_2O_5 и K_2O , мг/кг почвы	Планируемый урожай (зерно), ц/га			
		Дозы удобрений, кг/га			
		35–45*	45–55*	55–60*	65–70*
$N_{16}P_{12}K_{20}$ с модифицирующими добавками	P_2O_5 от 150 до 250 K_2O от 141 до 300	220–280	280–345	345–375	410–440
$N_{15}P_{11}K_{19}$ с модифицирующими добавками	P_2O_5 от 150 до 250 K_2O от 141 до 300	230–300	300–370	370–400	430–470
$N_{14}P_{10}K_{17}$ с модифицирующими добавками	P_2O_5 от 150 до 250 K_2O от 141 до 300	250–320	320–395	395–430	460–500
$N_{13}P_{7.9}K_{15-17}$ с модифицирующими добавками	P_2O_5 от 150 до 250 K_2O от 141 до 300	270–350	350–420	420–460	500–540

* Доза действующего вещества азота в комплексном удобрении, по которой рассчитывается физический вес удобрения на 1 гектар.

На почвах I и II групп обеспеченности бором, марганцем и цинком гречиха нуждается в борных, марганцевых и цинковых удобрениях. Микроудобрения вносятся в некорневую подкормку до начала фазы бутонизации в дозе B – 50 г/га (250 г/га борной кислоты), Mn – 50 г/га (200 г сульфата марганца) и Zn – 50 г/га (200 г/га сульфата цинка). В качестве микроудобрений можно использовать хелатные формы Эколист, Адоб и др.

10.6. Лен-долгунец

В настоящее время лен занимает 1,6% в структуре пашни республики, что составляет 74 тыс.га. Лен-долгунец относится к культурам, требовательным уровню плодородия почв и услови-

ям минерального питания и особенно состоянию почвенной кислотности. Поэтому в технологии возделывания этой культуры важное значение имеют подбор почв и сбалансированное применение минеральных макро- и микроудобрений.

Почвенные и погодные условия Республики Беларусь позволяют получать урожайность льноволокна 10-12 ц/га и более хорошего качества. Для формирования высоких урожаев льна-долгунца требуются хорошо окультуренные почвы, обладающие достаточной влагоемкостью и водопроницаемостью.

Проведенные исследования и передовой опыт хозяйств показывают, что одним из основных факторов получения высоких урожаев льна является тщательный учет почвенных условий, за счет которого можно получать не менее 50% урожая. Основными критериями определения степени пригодности почв для возделывания льна являются гранулометрический состав почв, подстилающие породы, степень увлажнения, степень эродированности, кислотности почв, содержание фосфора, калия и гумуса. На основании выполненных в Институте почвоведения и агрохимии работ по выявлению пригодности почв под эту культуру все почвенные разновидности объединяется в 4 группы: наиболее пригодные, пригодные, малопригодные и непригодные.

В первую группу почв, наиболее пригодных для выращивания льна, включены дерново-подзолистые, дерново-подзолистые временно избыточно увлажненные средне- и легкосуглинистые, а также связносупесчаные почвы, подстилаемые суглинком.

В группу пригодных под лен почв вошли дерново-подзолистые автоморфные и дерново-подзолистые временно избыточно увлажненные связносупесчаные почвы, подстилаемые песками и рыхлосупесчаные, подстилаемые суглинком. В эту группу отнесены также осущененные глееватые суглинистые и супесчаные почвы, подстилаемые суглинком.

Группу малопригодных для выращивания льна почв составляют дерново-подзолистые и дерново-подзолистые временно избыточно увлажненные рыхлосупесчаные почвы, подстилаемые песками и связнопесчаные, подстилаемые суглинком, а также осущененные глееватые почвы того же гранулометрического состава. В эту группу входят также глинистые и тяжелосуглинистые почвы.

Группу непригодных для выращивания льна почв составляют дерново-подзолистые и дерново-подзолистые временно избыточно увлажненные почвы, сформировавшиеся на связных и рыхлых песках, а также осущененные глееватые песчаные. В эту группу отнесены также дерново-карбонатные, дерновые заболоченные и торфяно-болотные почвы.

Оптимальный показатель кислотности для возделывания льна составляет 5,6-5,8 единиц рН, допустимый интервал кислотности – от 5,1 до 6,2 единиц рН. Содержание подвижных фосфора и калия в почве должно быть не менее 150-180 мг/кг, гумуса – не менее 1,8-2,0%.

Общее количество наиболее пригодных и пригодных почв по республике составляет 1646 тыс. га, или 36,0%. Однако лен не может возделываться на всех пригодных почвах, необходимо соблюдать чередование культур в севооборотах, а также допустимые сроки возврата их на прежнее поле по фитосанитарным условиям. Лен может возделываться на одном и том же поле через 4-5 лет.

Всего с учетом перечисленных выше требований по республике имеется 329,2 тыс. га наиболее пригодных и пригодных для выращивания льна почв, что в настоящее время не лимитирует размещение посевов льна и не может быть ограничивающим урожайность фактором.

Однако поскольку в ряде районов под лен выделяются земли по остаточному принципу (как правило, это далеко не лучшие по гранулометрическому составу, кислотности, культуртехническому состоянию), то этот фактор существенно ограничивает возможности всех последующих технологических приемов. Количество пригодных для выращивания льна почв по административным районам приведено в таблице 10.6.1.

Особенности питания. В силу своих биологических особенностей: неглубокое расположение основной массы корневой системы, слабая ее усваивающая способность, а также короткий вегетационный период (70-80 дней) – лен представляет повышенные требования к плодородию почвы.

Одним из важнейших факторов, обеспечивающим высокую урожайность и качество волокна, является сбалансированное минеральное питание растений макро- и микроэлементами.

Таблица 10.6.1 – Пригодность почв Республики Беларусь для возделывания льна

Области	Площадь пригодных почв		Возможная посевная площадь	
	га	%	га	%
Брестская	66178	9,5	13236	1,8
Витебская	316894	45,6	63379	9,1
Гомельская	75103	11,2	15021	2,2
Гродненская	323559	47,8	64712	9,6
Минская	498236	44,8	99647	8,9
Могилевская	366101	52,5	73220	10,5
Республика Беларусь	1646007	36,0	329215	7,2

Вынос с 1 тонной волокна – азот – 60, фосфор – 24, калий – 65 кг д.в. Оптимальное соотношение между азотом, фосфором и калием – 1:2-3:4-7.

Азот. Лен не требует больших доз азота, поэтому очень чувствителен к неравномерности внесения азотных удобрений. Под него никогда не рекомендовалось вносить простые формы твердых азотных удобрений. Азот оказывает существенное влияние на урожайность и качество льноволокна. При его недостатке лен формирует короткое волокно и в конечном итоге дает низкий урожай. При его избытке – пучки волокон рыхлые, содержат большой процент древесины, качество волокна низкое, высока поражаемость болезнями и склонность к полеганию, задержка созревания семян и снижение их посевных качеств. До фазы бутонизации лен мало поглощает азота, максимум потребления (90% от его максимального содержания) потребляется в период цветения (рис.10.6). Самый критический период в питании азотом – от фазы «елочки» до бутонизации.

Фосфор. Критический период – от всходов до 5-6 пар листьев, недостаток фосфора ничем потом не исправить. Исключительно большое значение имеет удобрение фосфором до посева. Недостаток его резко снижает урожайность и соломки и семян.

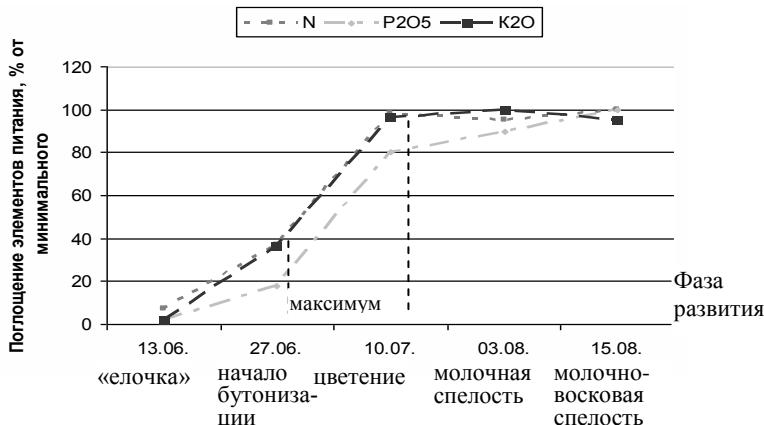


Рисунок 10.6 – Динамика поглощения питательных элементов льном-долгунцом (по данным А.А. Брагина)

Калий. В формировании высококачественного волокна основная роль принадлежит калию. Максимум поглощения в фазе бутонизации – цветения, когда за 15 дней поглощается 40% всего калия. В стеблях льна трехнедельного возраста – до 7,5% калия на сухое вещество. В волокне – 17% калия, в костре – 7%. Недостаток калия приводит к уменьшению числа элементарных волокон и резкому снижению урожайности. Калий увеличивает число и длину элементарных волокон, образует плотные лубяные пучки и в этом плане устраняет вредное действие азота, увеличивает количество воскообразных веществ в лубе, которые придают гибкость и крепость волокна и, следовательно, его номер. При этом снижается содержание лигнина, который, наоборот, ухудшает эти показатели.

Бор и цинк являются наиболее эффективными микроэлементами для льна-долгунца. Необходимость этих микроэлементов для льна обусловлена тем, что они активно участвуют в физиологических и биохимических процессах и значительно снижают поражение растений кальциевым хлорозом. Бор наиболее сильно затрагивает процессы обмена веществ в растениях льна, и его недостаток ведет к отмиранию точек роста и гибели растений сразу же после развертывания семядолей и наличии одной-двух пар листьев. Хорошая обеспеченность растений кальцием и

фосфорам усиливает проявление борной и цинковой недостаточности. Чтобы уменьшить неизбежное ухудшение качества волокна, необходимо предусмотреть некорневые подкормки посевов льна указанными микроэлементами.

Система удобрения льна-долгунца – трехчленная, включающая основное (допосевное) внесение удобрений припосевное (фосфор) и подкормку (микроэлементы).

Органические удобрения непосредственно под лен не вносят, а применяют под предшественники (за 3-4 года до посева льна), чтобы не допустить неравномерности его созревания.

Лен требует повышенных доз калийных удобрений, особенно важны высокие дозы калия на почвах с повышенной рН (около 6,0). На таких почвах кальций, содержащийся в почве, препятствует поступлению калия, вследствие чего развивается кальциевый хлороз. Как показывает анализ растений, пораженных кальциевым хлорозом, в них всегда очень низкое содержание калия. Поэтому на почвах с рН более 5,8 и при возделывании льна по пласту трав необходимо предусмотреть повышение дозы калия на 40-60%. При содержании в почве фосфора и калия на уровне 200 мг/кг оптимальной дозой минеральных удобрений для льна-долгунца является **N₂₀₋₃₀P₉₀K₁₂₀**.

Лучшая форма удобрений – комплексные марок **5-16-35** для почв с содержанием фосфора более 200 мг/кг, и марка **6-21-32** – для почв с содержанием фосфора менее 200 мг/кг. Эти удобрения выпускаются с микроэлементами – бором и цинком. Например, на почвах с оптимальным содержанием фосфора и калия в почве с внесением комплексного удобрения марки **6:21:32 в дозе 400-450 кг/га**, вносится следующее количество элементов минерального питания – **N₂₄₋₂₇P₈₄₋₉₅K₁₂₈₋₁₄₄B_{0,7-0,8}Zn_{1,1-1,2} кг**. Главное преимущество при внесении комплексных минеральных удобрений под лен-долгунец – это равномерное распределение по поверхности поля доз азота, фосфора, калия и микроэлементов, чтобы вырастить выровненный неполегающий стеблестой льна. Комплексные удобрения необходимо вносить под культивацию на глубину 10-12 см.

При отсутствии в хозяйствах комплексных форм удобрений можно применять простые формы – аммофос и хлористый калий. При внесении оптимальных доз фосфора с аммофосом бу-

дет внесено и необходимое количество азота – до 20 кг/га. При возделывании льна на легких по гранулометрическому составу почвах, а также при внесении фосфора в дозах менее 60 кг/га д.в. рекомендуется внесение КАС под культивацию в дозе не более 20 кг/га азота. Подкормка азотными удобрениями посевов льна в период вегетации не рекомендуется.

В зависимости от степени кислотности почв рекомендуются три варианта системы удобрения льна-долгунца, которые обеспечивают максимальное снижение поражаемости растений кальциевым хлорозом.

1. При показателе кислотности рН 5,5-5,6 рекомендуется применение минеральных удобрений в расчетных дозах до посева. Лучшая форма удобрений – комплексное удобрение марки 5-16-35 или 6-21-32, выпускаемые на Гомельском химическом заводе с добавками бора и цинка. Наличие микроэлементов в составе этих удобрений обеспечивает потребность в них на ранних стадиях развития растений, однако в фазе всходы-начало фазы «елочка» (до высоты растений 4-5 см) посевы льна необходимо подкормить бором и цинком в дозах $B_{100-200}Zn_{200-300}$ г/га в формах борной кислоты и сульфата цинка, или Адоб бор и хелатной формы Адоб цинк в баковой смеси с инсектицидом против льняной блошки. Максимальную дозу борных и цинковых удобрений рекомендуется вносить на почвах I и II групп обеспеченности бором и цинком, а также при засушливых условиях вегетационного периода.

Наличие в удобрениях микроэлементов снижает отрицательное действие кальция при возделывании льна на почвах с рН около 6,0 и повышает устойчивость растений к «кальциевому хлорозу». Поэтому применение борных и цинковых микроудобрений должно быть обязательным условием в технологии возделывания льна-долгунца.

2. При кислотности почв с рН 5,7-5,9 система применения удобрений отличается тем, что для снижения поступления в растения повышенных количеств кальция рекомендуется увеличить дозы калийных удобрений до 150-180 кг/га д.в. При этом в фазе всходы-начало фазы «елочка» (до высоты растений 4-5 см) обязательно проводится некорневая подкормка указанными выше микроудобрениями.

3. При возделывании льна на почвах с рН 6,0-6,2 дозы калийных удобрений необходимо увеличить до 180-210 кг/га д.в. и провести две некорневые подкормки микроудобрениями: 1-я – в фазе всходы-начало фазы «елочка» (до высоты растений 4-5 см) и 2-я – повторно через 7-10 дней после первой в формах и дозах, указанных в таблице 10.6.3.

Дозы фосфора и калия рассчитывают в зависимости от содержания их в почве и величины планируемой урожайности (табл. 10.6.2).

Таблица 10.6.2 – Дозы минеральных удобрений под лён на дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных на морене почвах

Удобрения, кг/га д.в.	Содержание P_2O_5 и K_2O , мг/кг	Планируемый урожай (волокно), ш/га				
		7-9	9-11	11-13	13-15	15-20
Азотные		25-30	30-35	30-35	30-35	30-35
Фосфорные	менее 100	-	-	-	-	-
	101-150	80-90	-	-	-	-
	151-200	70-80	80-90	-	-	-
	201-300	50-60	60-70	80-90	90-100	100-110
	301-400	15-20	15-20	20-30	40-50	50-60
Калийные	менее 80	-	-	-	-	-
	81-140	110-120	-	-	-	-
	141-200	90-110	110-130	-	-	-
	201-300	70-90	90-110	110-130	140-160	160-180
	301-400	30-40	40-50	40-50	60-70	70-80

Институтом почвоведения и агрохимии совместно с ОАО «Гомельский химический завод» разработаны марки комплексных азотно-фосфорно-калийных удобрений, содержащие необходимые макро- и микроэлементы (бор, цинк, железо, и, при необходимости регуляторы роста растений), в том числе: марка NPK - 6:21:32 с B, Zn, Fe предназначена для почв с низким содержанием фосфора; NPK - 5:16:35 с B, Zn, Fe – для почв со средним и повышенным содержанием фосфора и низким содержанием калия; NPK - 7:15:29 с B, Zn, Fe – для почв с высоким содержанием фосфора и калия. Удобрения рекомендуются для внесения в основную заправку почвы.

Таблица 10.6.3 – Дозы комплексных удобрений подлен-долгунец на дерново-подзолистых суплинитах и супесчаных на морене почвах

Комплексные удобрения	Содержание P ₂ O ₅ и K ₂ O мг/кг почвы	Планируемый урожай (волокно), ц/га		
		7-9	10-12	13-15 >16
N ₆ P ₁ K ₃₂ с 0,22% (B), 0,30% (Zn) и 0,2% (Fe)	P ₂ O ₅ 101-250 K ₂ O 200-400	250* N ₁₅ P ₃₃ K ₉₀ **	330 N ₂₀ P ₇₀ K ₁₀₇	400 N ₂₅ P ₈₈ K ₁₃₃
N ₅ P _{1,6} K ₃₅ с 0,17% (B), 0,26% (Zn) и 0,2% (Fe)	P ₂ O ₅ 250-400 K ₂ O 140-200	300* N ₁₅ P ₄₈ K ₁₀₅ **	400 N ₂₀ P ₆₄ K ₁₄₀	500 N ₂₅ P ₈₀ K ₁₇₅
				N ₃₀ P ₅₆ K ₂₁₀

* Физический вес удобрения на 1 га.

** Доза внесения на 1 га действующего вещества.

Дозы комплексных удобрений на дерново-подзолистых почвах под лен-долгунец рассчитываются по азоту в зависимости от уровня планируемой урожайности и содержания в почве подвижных соединений фосфора и калия. При отсутствии комплексных удобрений применяются аммофос или аммонизированный суперфосфат и хлористый калий. Простые формы фосфора и калия на связных почвах можно вносить с осени по зяблевой вспашке под культивацию, на легких почвах калийные удобрения из-за опасности вымывания – только весной. Комплексные удобрения вносят весной под предпосевную культивацию.

Технологическая схема применения минеральных удобрений при выращивании льна-долгунца представлена в таблице 10.6.4.

Таблица 10.6.4 – Технологическая схема применения минеральных удобрений при выращивании льна-долгунца (урожайность льноволокна 10-12 ц/га)

Дозы удобрений	Формы удобрений	Сроки применения	pH – 5,5-5,6		
			1	2	3
pH – 5,5-5,6					
N ₂₀₋₃₀ P ₆₀₋₉₀ K ₉₀₋₁₂₀	комплексное удобрение марки 5-16-35 или 6-21-32 или аммофос и хлористый калий				до посева
B ₃₀₋₇₅ Zn ₄₆₋₉₂	Адобр-Бор, Адобр-Цинк или МикроСтим-Бор, МикроСтим-Цинк, Бор				<u>некорневая подкормка:</u> В фазе всходы-начало фазы «елочка» (до высоты растений 4-5 см) в баковой смеси с инсектицидом против льняной блошки. Расход рабочего раствора 200 л/га
pH – 5,7-5,9					
N ₂₀₋₃₀ P ₆₀₋₉₀ K ₁₅₀₋₁₈₀	комплексное удобрение марки 5-16-35 или 6-21-32 или аммофос и хлористый калий				до посева

Продолжение таблицы 10.6.4

1	2	3
$B_{30-75}Zn_{46-92}$	Адоб-Бор, Адоб-Цинк или МикроСтим-Бор, МикроСтим-Цинк, Бор	<u>некорневая подкормка:</u> В фазе всходы-начало фазы «елочка» (до высоты расте- ний 4-5 см) в баковой смеси с инсектицидом против льняной блошки. Расход рабочего раствора 200 л/га
pH – 6,0-6,2		
$N_{20-30}P_{60-90}K_{180-210}$	комплексное удобрение марки 5-16-35 или 6-21- 32 или аммофос и хло- ристый калий	до посева
$B_{30-75}Zn_{46-92}$	Адоб-Бор, Адоб-Цинк или МикроСтим-Бор, МикроСтим-Цинк, Бор	<u>некорневые подкормки:</u> 1-я – в фазе всходы-начало фазы «елочка» (до высоты растений 4-5 см) в баковой смеси с инсектицидом про- тив льняной блошки. 2-я – через 7-10 дней после первой. Расход рабочего раствора 200 л/га

10.7. Сахарная свекла

Особенности питания. Сахарная свекла в республике возделывается на площади 90 тыс.га, что составляет 1,9% от пло-щади пашни. Рентабельность возделывания сахарной свеклы в последние годы составляет 9-16%.

Сахарная свекла обладает длительным вегетационным пе-риодом и способна накапливать большое количество питатель-ных веществ. Поэтому сахарная свекла предъявляет высокие требования к условиям произрастания. Наиболее пригодными для ее возделывания являются дерновые, дерново-карбонатные с мощным перегнойным горизонтом, дерново-подзолистые суглинистые, развивающиеся на легких и средних суглинках, дерно-во-подзолистые суглинистые и супесчаные, подстилаемые мо-ренными суглинками почвы.

Оптимальные агрохимические показатели: реакция почвенной среды близкая к нейтральной (рН в КСІ 6,0-6,8), содержание гумуса не менее 1,8%, подвижного фосфора и калия не менее 150 мг/кг почвы, бора не менее 0,7 мг/кг.

Свекла поглощает питательные вещества на протяжении всего вегетационного периода. В начальный период роста она поглощает относительно небольшое количество азота, фосфора и калия. Корневая система в это время еще слабо развита, однако молодые растения очень чувствительны к недостатку доступных питательных веществ в почве, особенно фосфора. В дальнейшем потребление элементов питания резко усиливается и достигает максимума во время интенсивного листообразования и в начале роста корнеплодов. К концу вегетации сахарной свеклы 43% азота, 18% фосфора и 38% калия теряется в результате отмирания, опадения листьев и оттока элементов питания в почву (рисунок 10.7).

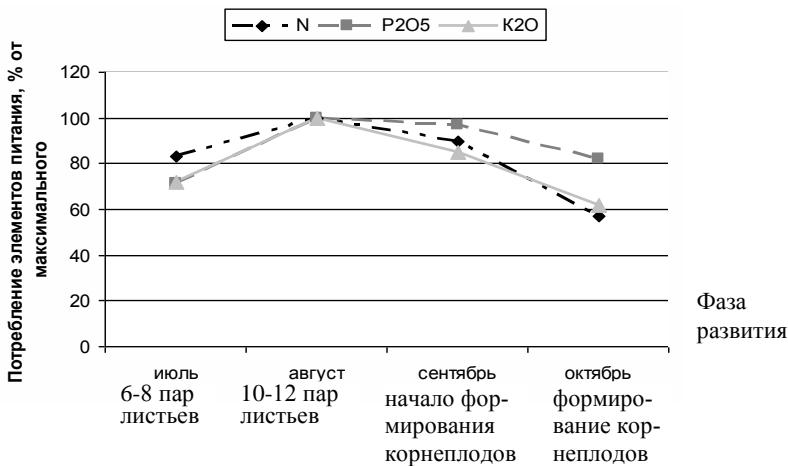


Рисунок 10.7 – Динамика потребления элементов питания сахарной свеклой, вариант – 80 т/га навоза + N₁₂₀P₉₀K₁₅₀ (по данным М.С. Брилева)

Сахарная свекла – калиелюбивое растение. При урожайности 60 т/га сахарная свекла выносит из почвы до 414 кг/га калия (таблица 10.7.1). Она хорошо переносит хлорсодержащее удоб-

рение и положительно отзывается на натрий, который способствует оттоку углеводов в корнеплоды.

Таблица 10.7.1 – Средний вынос питательных веществ сахарной свеклой (Д. Шпаар, 2004)

Уро- жай- ность, т/га	Макроэлементы							Микроэлементы			
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	CaO	S	Na	B	Mn	Cu	Zn
	кг/га							г/га			
40	163	69	276	58	60	24	55	116	120	95	93
50	204	87	345	72	75	30	69	145	149	120	117
60	244	102	414	86	90	36	83	174	180	144	140
70	285	120	483	101	105	42	97	203	209	163	163
1 т	4,0	1,6	6,5								

Эта культура потребляет также много микроэлементов. Но в первую очередь сахарная свекла нуждается в боре, особенно на произвесткованных почвах. Недостаток бора вызывает у сахарной свеклы гниль сердечка, а также снижение сахаристости и урожая корнеплодов.

Система удобрения под сахарную свеклу – органоминеральная включающая основное внесение органических и минеральных удобрений, припосевное – фосфорных или комплексных (NPK), а также подкормку азотными и микроудобрениями.

Сахарная свекла – культура, требовательная к почвенным условиям. Лучшими для ее возделывания являются дерново-карбонатные, дерново-подзолистые суглинистые и супесчаные почвы, подстилаемые моренными суглинками. Наиболее благоприятная реакция почвенного раствора для сахарной свеклы – pH 6,5-7,5.

В начале роста сахарная свекла поглощает относительно небольшое количество азота, фосфора и калия, однако в этот период она очень чувствительна к недостатку фосфора. Внесение 10-20 кг/га P₂O₅ в рядки при посеве создает благоприятный пищевой режим в первые 15-20 дней после всходов. В период интенсивного роста листьев свекла потребляет много азота и калия. Для формирования корнеплодов растениям требуется умеренное

азотное и усиленное фосфорное и калийное питание. Максимальное поступление элементов питания в растения свеклы отмечается в июле-августе.

Сахарная свекла отзывчива на органические удобрения. Она имеет продолжительный период вегетации и хорошо использует из них питательные вещества. Для свеклы лучше использовать подстилочный навоз или торфо-навозные компости весенне-летней заготовки после 4-5 месячного хранения в уплотненных буртах. Вносить их нужно с осени под зяблевую вспашку в дозах от 40 до 80 т/га.

Важным условием эффективного использования минеральных удобрений является дифференцированное их внесение с учетом планируемого урожая и уровня почвенного плодородия (табл. 10.7.2).

Таблица 10.7.2 – Дозы минеральных удобрений* под сахарную свеклу на дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных на морене почвах

Удобрения, кг/га д.в.	Содержание P ₂ O ₅ и K ₂ O, мг/кг	Планируемая урожайность, ц/га			
		400-450	451-500	501-550	551-600
Азотные		110-120	120-130	130-140	140-150
Фосфорные	менее 100	110-120	-	-	-
	101-150	100-110	110-120	-	-
	151-200	80-90	90-100	100-110	110-120
	201-300	50-55	55-60	60-70	70-80
	301-400	20-25	25-30	30-35	35-40
Калийные	менее 80	150-170	-	-	-
	81-140	130-150	150-170	-	-
	141-200	100-120	120-140	140-150	170-180
	201-300	90-100	100-110	110-120	140-150
	301-400	40-45	45-50	50-60	60-90

* на фоне внесения 60 т/га органических удобрений

Наиболее эффективные из минеральных удобрений – азотные. Каждый килограмм азота способствует увеличению урожая корнеплодов на 50-60 кг. Однако с целью улучшения качества корнеплодов максимальные дозы азотных удобрений не должны

превышать 130-150 кг/га. Избыточное азотное питание приводит к накоплению альфа-аминного азота в корнеплодах и снижению чистоты клеточного сока, что в результате уменьшает выход сахара. Повышенные дозы азотных удобрений рекомендуется вносить дробно – 100-110 кг/га д.в. в основное внесение и 35-40 кг/га д.в. в подкормку.

Фосфорные и калийные удобрения вносят под предпосевную культивацию, на связных почвах возможно осенне внесение фосфора и калия. В основное внесение применяют все имеющиеся в республике виды азотных и фосфорных удобрений. При этом использование аммиачной селитры характеризуется наименьшей экономической эффективностью. Подкормку азотом для предотвращения ожога листьев целесообразно проводить твердыми формами азотных удобрений.

Сахарная свекла относится к культурам, чувствительным к недостатку бора. При недостатке бора развивается гниль сердечка, снижается сахаристость, снижается урожай. Лучшим способом внесения микроудобрений является некорневая подкормка борными удобрениями. При этом во время вегетации сахарной свеклы проводятся две некорневые обработки микроэлементами: первая – в фазу смыкания листьев в рядке, вторая – через 1-1,5 месяца после первой. Максимальную дозу бора рекомендуется вносить на почвах I и II групп обеспеченности этим элементом и при засушливых условиях вегетационного периода.

Нецелесообразно применение борной кислоты в почву в дозе 2-3 кг/га в растворе с КАСом. Наличие бора в комплексном удобрении удовлетворяет потребность сахарной свеклы в боре в период всходов, а дальше проводятся некорневые подкормки бором в период вегетации. Кроме того с урожаем сахарной свеклы 500 ц/га выносится 400 г/га бора. Две некорневые подкормки бором в фазу 10-12 листьев и повторно через 30 дней полностью удовлетворяют потребность культуры в боре. (При внесении бора в почву он связывается с органическим веществом, и коэффициент использования его растениями измеряется в десятых и сотых долях процента).

Для некорневых подкормок лучше всего использовать микроудобрения, содержащие бор в органоминеральной форме. В настоящее время в республике производятся удобрения Микро-

Стим-бор, МикроСил-бор, в которых дополнительно содержатся регуляторы роста гидрогумат и Экосил, а также завозятся мицроудобрения из Республики Польша (Адоб-бор, ЭколоистМонобор, Солюбор). Отечественные удобрения по своей эффективности не уступают лучшим зарубежным аналогам.

Современные технологии возделывания сахарной свеклы предусматривают внесение комплексных удобрений при подготовке почвы к севу, что благоприятно сказывается на росте и развитии растений, урожайности и выходе сахара. При этом сокращаются затраты на внесение удобрений, обеспечивается более равномерное их распределение по площади поля в сравнении с внесением эквивалентных смесей простых (азотных, фосфорных и калийных) туков.

Институтом почвоведения и агрохимии совместно с ОАО «Гомельский химический завод» разработаны комплексные удобрения для сахарной свеклы, сбалансированные по элементному составу с учетом плодородия почв и биологических особенностей культуры.

Разработанные удобрения предназначены для почв различного уровня плодородия:

- марки NPK 16:12:20 и 13:10-12:19-21 с микроэлементами и модифицирующими добавками для почв с низким и средним содержанием фосфора и калия;
- марки NPK 14-17:8-10:18-22 для почв с повышенным и высоким содержанием фосфора в почве.

Наиболее востребована в настоящее время марка комплексных удобрений $N_{13}P_{12}K_{19}$ с B, S и Na, в которой в сбалансированном соотношении находятся все необходимые растениям элементы минерального питания. При применении комплексных удобрений достигается существенная экономия затрат (на 65%) на внесение минеральных удобрений и, кроме того, не нужно дополнительно вносить сульфат аммония и 2-3 кг/га борной кислоты в растворе с азотным удобрением КАС. При внесении 1000 кг/га в физическом весе комплексных удобрений в расчете на 1 гектар вносится оптимальная доза азота, фосфора и калия. Установлено, что увеличение доз фосфора выше 120 и калия больше 190 кг/га д.в. на фоне 60-80 т/га органических удобрений нецелесообразно по экономическим причинам, т.к. окупаемость

их резко снижается. По агрохимическим критериям повышенные дозы фосфора и калия не окажут негативного воздействия на растения, фосфор и частично калий останутся в почве. Поэтому в ресурсосберегающей системе применения удобрений оптимальность доз определяется по агрохимическому и экономическому эффектам.

При отсутствии комплексных удобрений под сахарную свеклу нужно использовать карбамид или КАС, аммофос или аммонизированный суперфосфат, хлористый калий. Комплексные удобрения, согласно разработанным техническим условиям, могут выпускаться с любым набором микроэлементов, регуляторов роста растений (гидрогумат, мальтамин, феномелан, эпин) и связующих (для получения удобрений пролонгированного срока действия). Дозы комплексных азотно-фосфорно-калийных удобрений под сахарную свеклу рассчитываются по азоту, возможно и по фосфору (в комплексном удобрении), в зависимости от планируемого урожая и содержания подвижных форм фосфора и калия в почве (таблица 10.7.3).

Таблица 10.7.3 – Дозы комплексных удобрений под сахарную свеклу на дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных, подстилаемых моренными суглинками почвах

Комплексные удобрения	Содержание P_2O_5 и K_2O мг/кг	Планируемая урожайность, ц/га		
		401-450	451-500	501-600
		Дозы удобрений, кг/га		
		110-120*	120-130	130-150
$N_{16}P_{12}K_{20}$ с В и Mn	$P_2O_5 < 200$ $K_2O < 200$	690-750**	750-810	810-940
$N_{13}P_{12}K_{19}$ с В, S и Na	$P_2O < 200$ $K_2O < 200$	850-920	920-1000	1000-1150
$N_{14}P_8K_{18}$ с В и Mn	$P_2O_5 201-400$ $K_2O 201-400$	790-860	860-930	930-1070
$N_{17}P_9K_{22}$ с В и Mn	$P_2O_5 201-400$ $K_2O 201-400$	650-700	700-770	770-880

* Доза действующего вещества азота в комплексном удобрении, по которой рассчитывается физический вес удобрения на 1 гектар.

** Физический вес удобрения на 1 га.

Комплексные азотно-фосфорно-калийные удобрения вносятся под планируемый урожай в полной дозе **ранней весной** при закрытии влаги с заделкой культиватором. При таком способе внесения удобрения распределяются в основном в слое почвы 0-12 см, в том числе в слое 7-12 см – около 24%. Разовая доза комплексных удобрений под сахарную свеклу не должна превышать при органоминеральной системе удобрения (с внесением 60-70 т/га органических удобрений) по азоту не более 140 кг/га, на минеральной системе удобрения (не рекомендуется, но имеет место в отдельных хозяйствах) – не более 150 кг/га д.в.

В период вегетации сахарной свеклы проводятся некорневые подкормки микроудобрениями в фазе 10-12 листьев и через 1-1,5 месяца после первой подкормки – бором – 200-300 г/га и марганцем – 50-75 г/га.

Подкормки рекомендуется проводить на почвах I и II групп обеспеченности микроэлементами, особенно эффективны подкормки микроэлементами при засушливых условиях вегетационного периода.

Технологическая схема применения удобрений при возделывании сахарной свеклы приведена в таблице 10.7.4.

Таблица 10.7.4 – Технологическая схема применения удобрений при возделывании сахарной свеклы (урожайность 500-600 ц/га)

Дозы удобрений	Формы удобрений	Сроки применения
Навоз 60-70 т/га	-	осенью под вспашку
$N_{100-110}P_{60-90}K_{150-180}$	комплексное удобрение марки NPK 13-12-19 ($B_{0,15\%}$ $Na_{5,0\%}$) или КАС (карбамид), аммофос, хлористый калий	до посева
N_{35-40}	карбамид	в фазе 2-4 листьев
$B_{0,2-0,3}Mn_{0,05-0,075}$	жидкие микроудобрения с содержанием бора в органоминеральной и марганца в хелатной форме	некорневые подкормки: I-я – в фазе 10-12 листьев с добавлением карбамида 10 кг на 200 л рабочего раствора; II-я – через 1-1,5 месяца после первой

10.8. Кормовые корнеплоды

Особенности питания. Кормовые корнеплоды являются ценным сочным кормом для животных. К ним относятся свекла кормовая, морковь кормовая, брюква и турнепс. Кормовые корнеплоды дают высокие урожаи на плодородных суглинистых и супесчаных почвах. Наиболее требовательны к окультуренности почвы кормовая свекла и морковь, менее – брюква и турнепс. Кормовая свекла и морковь дают хорошие урожаи на произведенных почвах (6,2-7,2), брюква и турнепс легко переносят слабокислые почвы и могут произрастать при pH 5,5-6,0.

Кормовые корнеплоды обладают слаборазвитой корневой системой, в то же время при высокой урожайности (700-800 ц/га) они потребляют большое количество питательных веществ. Так, кормовая свекла с урожаем корнеплодов 800 ц/га выносит из почвы 280 кг азота, 80-90 – фосфора и 600-620 кг калия. В настоящее время в республике из кормовых корнеплодов возделывается кормовая свекла.

Система удобрения. Система удобрения под кормовую свеклу – органоминеральная. Органические удобрения под нее вносятся в дозе 80-90 т/га. Лучшим сроком внесения органических удобрений является осенне внесение под вспашку.

Минеральные удобрения вносятся в дозах, рассчитанных в зависимости от содержания элементов питания в почвах и уровня планируемой урожайности (таблица 10.8.1).

Фосфорные и калийные удобрения можно вносить как осенью под вспашку, так и весной под предпосевную культивацию. На песчаных и рыхлосупесчаных почвах калийные удобрения вносятся под предпосевную культивацию

Азотные удобрения под кормовую свеклу в дозах более 120 кг/га д.в. применяются в два приема: 100-120 кг/га – под предпосевную культивацию и 40-60 кг/га в подкормку в фазу 2-4 настоящих листьев, но не позднее 8 листьев. Максимальная доза азотных удобрений не должна превышать 180 кг/га д.в., т.к. более высокие дозы приводят к избыточному накоплению нитратов (выше ПДК – 800 мг/кг сырой массы) в корнеплодах.

Таблица 10.8.1 – Дозы минеральных удобрений* под кормовую свеклу на дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных на морене почвах

Удобрения кг/га д.в.	Содержание P_2O_5 и K_2O , мг/кг	Планируемая урожайность (клубни), ц/га			
		200–300	301–500	501–700	701–900
Азотные	-	40–60	60–100	100–140	140–180
Фосфорные	менее 100	50–70	70–110	x	x
	101–150	30–50	50–80	x	x
	151–200	20–40	40–70	70–100	x
	201–300	10–30	30–50	50–70	70–80
	301–400	–	10–20	20–30	30–40
Калийные	менее 80	60–100	100–180	x	x
	81–140	40–80	80–150	x	x
	141–200	30–60	60–100	110–160	x
	201–300	20–40	40–60	60–80	80–110
	301–400	–	20–30	30–40	40–60

*На фоне внесения 80–90 т/га органических удобрений.

На посевах кормовой свеклы при низком и среднем содержании бора и марганца в почве проводятся некорневые подкормки борными и марганцевыми удобрениями в фазу 10-12 листьев (смыкание ботвы в междурядьях) в дозах B – 100-300 г/га, Mn – 50 г/га (таблица 10.8.2).

Таблица 10.8.2 – Дозы и сроки применения некорневых подкормок микроудобрениями посевов кормовой свеклы

Рекомендуемые дозы, г/га	Микроудобрения	Доза, кг/га, л/га	Сроки применения и баковые смеси
$B_{100-300}Mn_{50}$	борная кислота сульфат марганца или Адоб бор Адоб марганец или Эколист бор Эколист марганец	0,6-1,7 0,2 0,7-2,0 0,3 0,7-2,0 0,3	В фазе 10-12 листьев. Рекомендуется добавлять мочевину (до 10 кг на 200 л рабочего раствора)

Максимальную дозу бора (300 г/га) необходимо вносить на почвах I группы обеспеченности бором и при засушливых условиях вегетационного периода.

10.9. Кукуруза

В настоящее время в республике кукуруза возделывается на площади 700 тыс.га (15,6% от площади пашни), из которых 100 тыс.га занято кукурузой на зерно. Урожайность зеленой массы кукурузы за последние годы составляет 210 ц/га, зерна – около 42 ц/га. На 1 кг минеральных удобрений в среднем по республике получают 86 кг зеленой массы, а на 1 т органических удобрений – 193 кг.

Особенности питания. Кукуруза обладает огромным потенциалом для создания высоких урожаев зеленой массы и зерна. Она полнее, чем другие зерновые культуры, использует питательные вещества почвы и удобрений, так как имеет более продолжительный вегетационный период. Вместе с тем вынос элементов питания на 1 т зерна у кукурузы близок к другим зерновым культурам (30,2 кг N, 13,3 кг P₂O₅, 27,6 кг K₂O).

Кукуруза – теплолюбивая культура, что в основном определяет требования к условиям произрастания. При недостатке тепла весной она очень медленно развивается в первый месяц после появления всходов. Пониженные температуры в этот период способствуют проявлению относительного голодаания растений, так как кукуруза активно потребляет питательные вещества при температуре почвы на глубине 10 см более 10°C. В это время она весьма требовательна к наличию в почве легкодоступных питательных веществ.

Кукуруза лучше произрастает на окультуренных дерново-подзолистых супесчаных, легко- и среднесуглинистых почвах, подходят для нее и песчаные почвы. Она не переносит кислых почв. Реакция почвенной среды для нее находится в пределах рН_{KCl} 6,0-7,5. Почву под посев кукурузы желательно произвестковать под предшествующую культуру.

Питательные вещества кукуруза потребляет на протяжении всего периода вегетации, вплоть до наступления восковой спелости зерна. Однако наиболее интенсивное их поглощение на-

блюдается в период быстрого роста за сравнительно короткий промежуток времени – выметывание метелок – цветения (таблица 10.9.1). К фазе цветения кукуруза усваивает до 60% азота, фосфора и до 80% калия от общего выноса урожаем.

Таблица 10.9.1 – Потребление основных элементов питания кукурузой, % от максимального (Э.А. Муравин, В.И. Титова, 2009)

Фаза развития	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
4-5 листьев	0,3	0,2	0,2
9-10 листьев	4,2	2,5	4,4
Выметывание метелки	44	33	69
Цветение	61	61	79
Молочная спелость	89	88	95
Восковая спелость	100	94	100
Полная спелость	93	100	82

Азот особенно необходим кукурузе при появлении 6-7 листа, когда закладываются метелки и початки.

Фосфор требуется кукурузе после появления всходов для лучшего развития корней, а также в фазы цветения и образования зерна. Недостаток фосфора в почве задерживает рост и развитие цветков и зерен в початке.

Калий необходим на протяжении всей вегетации кукурузы, недостаток его в почве способствует полеганию этой культуры, особенно в увлажненные годы.

Кукуруза потребляет много серы, кальция и магния. Магний и цинк повышает урожай зерна и устойчивость кукурузы к холоду. Недостаток серы сдерживает образование белка, а меди и бора – сахаров, витамина С. При оптимальном борном питании увеличивается озерненность початка.

Кукуруза плохо усваивает питательные вещества из трудно-растворимых соединений, выдерживает повышенную концентрацию солей в почве, а также высокие дозы минеральных удобрений в прикорневой зоне.

Система удобрения. При возделывании кукурузы в севообороте лучшей системой удобрения является органоминераль-

ная, включающая основное внесение минеральных и органических удобрений, припосевное – фосфора и подкормку азотом и микроэлементами.

Доза подстилочного навоза под кукурузу составляет 60-80 т/га. Лучшим сроком применения является внесение его осенью под вспашку. Под кукурузу можно вносить жидкий бесподстилочный навоз в дозах, соответствующих содержанию в нем азота до 200 кг/га.

Оптимальные дозы минеральных удобрений определяются в зависимости от содержания фосфора и калия в почве и уровня планируемой урожайности (таблица 10.9.2). Дозы минеральных удобрений можно рассчитать комплексным методом.

Таблица 10.9.2 – Дозы минеральных удобрений* под кукурузу на силос на дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных на морене почвах

Удобрения кг/га	Содержание P_2O_5 и K_2O , мг/кг	Планируемая урожайность, ц/га				
		350–400	401–450	451–500	501–550	551–600
Азотные	-	90–100	100–110	110–120	120–130	130–150
Фосфорные	менее 100	90–100	x	x	x	x
	101–150	70–80	80–90	x	x	x
	151–200	55–60	60–70	70–80	80–90	90–100
	201–300	35–40	40–45	45–50	50–60	60–70
	301–400	20–25	25–30	30–35	35–40	40–45
Калийные	менее 80	120–140	x	x	x	x
	81–140	100–110	110–120	x	x	x
	141–200	90–100	100–110	110–120	120–130	130–140
	201–300	70–80	80–90	90–100	100–110	110–120
	301–400	35–40	40–45	45–50	50–55	55–60

*На фоне внесения 80 т/га органических удобрений.

Фосфорные и калийные удобрения на глинистых и суглинистых почвах можно вносить осенью под вспашку, на супесчаных – весной под предпосевную культивацию. Обязательным условием (при наличии в хозяйстве соответствующей техники) должно быть внесение фосфора в рядки при посеве.

Расчетную дозу азота до 120 кг/га вносят в один прием под предпосевную культивацию. При использовании более высоких доз азота необходимо часть азота (30 кг/га) внести в подкормку в фазу 4-6 листьев. Для подкормки лучше использовать мочевину или КАС. Подкормку кукурузы КАС необходимо проводить опрыскивателями, оснащенными волочильными шлангами, чтобы избежать ожогов растений.

Система удобрения кукурузы в севообороте несколько отличается от системы удобрения ее при повторном посеве. Так, при повторном посеве органические удобрения вносятся через год, а минеральные – ежегодно (табл. 10.9.3).

Таблица 10.9.3 – Технологическая схема применения удобрений при возделывании кукурузы (урожайность зерна 100-110 ц/га)

Дозы удобрений	Формы удобрений	Сроки применения
Севооборот		
Навоз 60-70 т/га	-	осенью под вспашку
$N_{90}P_{60-80}K_{120-150}$	КАС или мочевина, аммофос, хлористый калий	до посева
N_{30}	мочевина	в фазу 4-6 листьев
Zn_{150}	Адоб –цинк, или сульфат цинка	<u>некорневые подкормки:</u> в фазу 6–8 листьев. в баковой смеси с мочевиной – 10 кг на 200 л рабочего раствора
Монокультура		
1-й год	-	осенью под вспашку
Навоз 80-100 т/га		
$N_{70-80}P_{60}K_{120}$	КАС или мочевина, аммофос, хлористый калий	до посева
N_{30}	мочевина	в фазу 4-6 листьев
2-й год	-	до посева
$N_{90}P_{80}K_{150}$		
N_{30}	мочевина	в фазу 4-6 листьев
Zn_{150}	Адоб-цинк, или сульфат цинка	<u>некорневые подкормки:</u> в фазу 6–8 листьев. в баковой смеси с мочевиной – 10 кг на 200 л рабочего раствора

В первый год возделывания кукурузы рекомендуется внесение 80-100 т/га органических удобрений и $N_{100-110}PK$, во второй год лишь внесение $N_{120-150}PK$. Дозы фосфора и калия рассчитываются с учетом планируемой урожайности и содержания P_2O_5 и K_2O в почве.

На посевах кукурузы при низком и среднем содержании цинка и меди в почве рекомендуется проводить некорневые подкормки цинковыми удобрениями в фазу 6-8 листьев.

Следует отметить, что системы удобрения кукурузы на зерно и на силос существенно не отличаются. Однако непременным условием системы удобрения кукурузы на зерно является обязательное применение фосфорных удобрений в оптимальных дозах.

10.10. Картофель

В настоящее время картофель в республике возделывается на площади около 42 тыс.га. Окупаемость 1 кг минеральных удобрений (NPK) при возделывании картофеля составляет 27 кг клубней, 1 т органических – 105 кг клубней.

Особенности питания. Картофель весьма требователен к почвенным условиям, что определяется его физиологическими особенностями: слаборазвитой корневой системой, ее высокой потребностью в кислороде в период интенсивного клубнеобразования. Лучшими для возделывания картофеля являются структурные плодородные дерново-подзолистые легкосуглинистые и супесчаные почвы, подстилаемые мореной. Оптимальный уровень объемной массы почвы для произрастания картофеля на легкосуглинистых почвах – 1,0-1,2 г/см³, на супесчаных – 1,3-1,4 г/см³.

В связи с тем, что в настоящее время кислотность пахотных почв почти оптимизирована (средневзвешенная величина pH_{KCl} – 5,99), картофель необходимо возделывать в специализированных севооборотах. Если таких севооборотов нет, то при подборе полей для возделывания картофеля необходимо учитывать сроки проведения известкования. Поскольку максимальный сдвиг pH почвы происходит на 2-3 год после внесения извести, то для снижения поражения клубней паршой картофель лучше разме-

щать после 3 летнего взаимодействия извести с почвой или проводить известкование непосредственно под картофель.

Картофель хорошо переносит повышенную кислотность почвы. Оптимальной pH почвенного раствора для него является 5,3-5,8.

Картофель поглощает питательные вещества в течение всего вегетационного периода, причем более быстрыми темпами их потребляют ранние сорта (табл. 10.10.1).

Таблица 10.10.1 – Потребление питательных веществ разными сортами картофеля, % от общего (по данным Т.Н. Кулаковской, 1990 г.)

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

Наибольшее количество питательных веществ поглощается картофелем во время бутонизации и цветения, т.е. в период наибольших приростов надземной массы и клубнеобразования. Это происходит в течение одного месяца (июль – в наших условиях). Вследствие реутилизации питательных веществ к моменту уборки в клубнях содержится около 80% азота, 90% фосфора и практически весь калий (96%) от усвоенного.

Система удобрения. Наиболее эффективной системой удобрения под картофель является органоминеральная. Доза органических удобрений в среднем составляет 50-60 т/га. Лучшими формами органических удобрений под картофель являются соломистый навоз и торфоналивные компосты. Органические удобрения вносятся осенью под зяблевую вспашку. Весеннее внесение органических удобрений приводит к задержке сроков

полевых работ и значительному переуплотнению почвы и, вследствие этого, к существенному недобору урожая.

Лишь на песчаных и супесчаных почвах, подстилаемых песками, органические удобрения лучше применять весной, что исключает вымывание азота и калия из почвы.

При использовании бесподстиloчного навоза дозы внесения необходимо рассчитывать с учетом содержания в нем азота. Доза азота, вносимого с бесподстиloчным навозом, не должна превышать 50-80% от общей потребности картофеля в азоте.

В зависимости от уровня планируемой урожайности, содержания подвижных форм элементов питания под картофель рекомендуются следующие дозы минеральных удобрений (таблица 10.10.2). Более точно дозы удобрений можно рассчитать комплексным методом.

Таблица 10.10.2 – Дозы минеральных удобрений* под картофель на дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных на морене почвах

Удобрения кг/га д.в.	Содержание P_2O_5 и K_2O , мг/кг	Планируемая урожайность (клубни), ц/га			
		200–250	251–300	301–350	351–400
Азотные	-	60–70	70–85	85–100	100–120
Фосфорные	менее 100	70–80	x	x	x
	101-150	50–60	60–70	x	x
	151-200	40–50	50–60	60–70	70–80
	201-300	25–30	30–40	40–50	50–60
	301-400	15–20	20–25	25–30	30–40
Калийные	менее 80	80–100	x	x	x
	81-140	60–80	80–100	x	x
	141-200	50–60	60–80	80–100	100–120
	201-300	40–50	50–60	60–80	80–100
	301-400	30–35	35–40	40–50	50–60

*- на фоне внесения 50-60 т/га органических удобрений.

x – не планируется получение указанной урожайности.

Фосфорные удобрения под картофель можно вносить как осенью под зяблевую вспашку, так и весной под культивацию или перед нарезкой гребней.

Обязательным приемом (при наличии соответствующей техники) должно быть внесение 20 кг фосфора или комплексного удобрения в дозе $N_{10-20}P_{10-20}K_{10-20}$ (1-2 ц/га нитрофоски) в рядки при посадке картофеля.

Хлорсодержащие калийные удобрения на почвах связного гранулометрического состава необходимо вносить осенью под зяблевую вспашку, т.к. картофель является хлорофобной культурой.

Расчетные дозы азотных удобрений под картофель вносятся весной в один прием под культивацию или перед нарезкой гребней. Лучшей формой азотных удобрений является сульфат аммония. На песчаных и супесчаных почвах, подстилаемых песками, часть удобрений (20-30 кг/га азота) в форме мочевины или КАС применяется в подкормку под междурядную обработку почвы при высоте куста 15-20 см. Подкормку картофеля КАС необходимо проводить опрыскивателями, оснащенными воло-чильными шлангами, чтобы избежать ожогов растений.

Максимально допустимой дозой азота под картофель является 120 кг/га. Внесение такой дозы азота обеспечивает уровень содержания нитратов в клубнях ниже ПДК (150 мг/кг сырой массы). Кроме того, при избытке азота отмечается сильный рост ботвы, задерживается созревание клубней, ухудшаются вкусовые качества клубней (не развариваются, темнеют при варке), в них снижается содержание крахмала, клубни плохо хранятся.

Из микроэлементов картофель больше всего нуждается в боре, меди и марганце. Микроудобрения вносятся на почвах I и II группы обеспеченности почвы микроэлементами в некорневую подкормку в начале бутонизации картофеля в дозах: В – 70 г/га, Cu – 50 г/га, Mn – 50 г/га. В качестве микроудобрений можно использовать минеральные формы удобрений: борную кислоту (0,4 кг/га), сульфат меди (0,2 кг/га), сульфат марганца (0,2 кг/га), а также хелатные и органоминеральные удобрения Адоб бор – 0,5 л/га, Адоб медь – 0,8 л/га и Адоб марганец – 0,3 л/га или Эколист бор – 0,5 л/га, Эколист медь – 0,6 л/га и Эколист марганец – 0,3 л/га. Расход рабочего раствора – 200 л/га. Следует отметить, что при использовании микроудобрений необходимо в рабочий раствор добавить 10 кг мочевины (для лучшего усвоения микроэлементов). Некорневые подкормки картофеля микро-

удобрениями могут совмещаться с применением инсектицидов против колорадского жука.

10.11. Озимый и яровой рапс

Яровой и озимый рапс в республике возделывается на площади 300 тыс.га, что составляет 6,3% в структуре посевых площадей. Окупаемость 1 кг минеральных удобрений при возделывании рапса составляет 3,2 кг маслосемян.

Особенности питания. Как озимый, так и яровой рапс предъявляют повышенные требования к плодородию почв, особенно к азотному режиму. Лучшими почвами для возделывания рапса являются дерново-подзолистые суглинистые и супесчаные на морене.

Оптимальные агрохимические показатели почвы: рН_{KCl} – 6,0-6,5, содержание гумуса – не менее 1,8%, подвижных форм P₂O₅ и K₂O – не менее 150 мг/кг.

Для успешной перезимовки посевы озимого рапса следует размещать преимущественно на северных, восточных и северо-восточных склонах, т.е. там, где ниже среднесуточный перепад температур.

Рапс – культура, потребляющая значительное количество азота. С 1 т семян и соответствующим количеством соломы озимый рапс в среднем выносит 54-62 кг азота, 24-34 – фосфора и 35-40 кг калия, яровой – 55-58 кг азота, 20-24 кг фосфора и 46-53 кг калия, т.е. озимый рапс потребляет немного больше азота и калия, чем яровой.

Озимый рапс от ярового отличается более растянутым периодом поглощения элементов питания и более высокой интенсивностью потребления элементов питания на ранних стадиях развития (фаза листообразования) (рисунок 10.11). В дальнейшем динамика поглощения питательных веществ рапсом яровым и озимым имеет одинаковый характер: потребление элементов продолжается до созревания семян, максимальный период поглощения азота, фосфора и калия наблюдается в период стеблевание-бутонизация. К фазе бутонизации рапс озимый и яровой потребляют 65-76% основных элементов питания.

Рапс характеризуется повышенным требованием к обеспеченности почв микроэлементами, особенно бором, марганцем и цинком, потребность в которых возрастает на произвесткованных почвах. Доступность микроэлементов для рапса снижается в сухие годы, а также при холодной погоде, избыточном фосфорном и азотном питании.

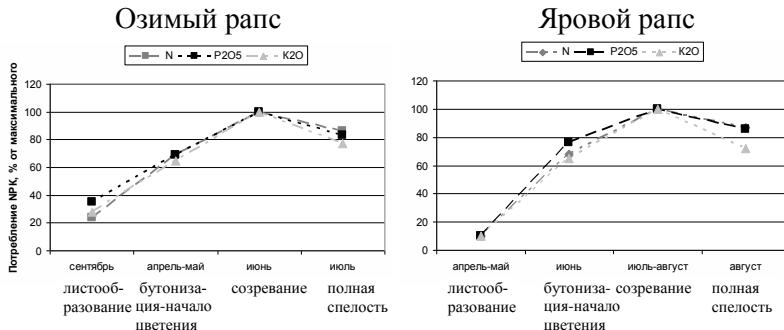


Рисунок 10.11 – Динамика потребления основных элементов питания озимым и яровым рапсом вариант $N_{150}P_{90}K_{120}$, (по данным С.И. Юргеля)

Система удобрения озимого рапса минеральная, двухчленная: основное удобрение и подкормка.

Органические удобрения в виде навоза или компоста (20-30 т/га) на песчаных и бедных гумусом почвах рекомендуется вносить под предшественник. Рапс хорошо использует их последействие. Дозы минеральных удобрений для озимого рапса с учетом уровня планируемой урожайности и содержания элементов питания представлены в таблице 10.11.1.

Полную дозу фосфорных и калийных удобрений лучше вносить после уборки предшественника под основную обработку почвы с соблюдением приемов, направленных против переуплотнения почвы. Кроме того, для снижения потерь калия от вымывания на почвах с легким гранулометрическим составом целесообразно вносить 60-70% расчетной дозы калия осенью, а остальную часть – рано весной, причем оптимальной формой калийных удобрений для данной подкормки является сульфат калия.

Таблица 10.11.1 – Дозы минеральных удобрений под озимый рапс на дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных на морене почвах

Удобрения кг/га д.в.	Содержание Р ₂ О ₅ и К ₂ О, мг/кг	Планируемая урожайность (семена), ц/га			
		20,1-25,0	25,1-30,0	30,1-35,0	35,1-40,0
Азотные	-	80–100	100–120	120–140	140–160
Фосфорные	менее 100	75–90	x	x	x
	101-150	65–80	80–95	x	x
	151-200	50–65	65–80	80–95	95–110
	201-300	40–50	50–60	60–70	70–80
	301-400	20–25	25–30	30–35	35–40
Калийные	201-300	50–60	60–70	70–80	80–90
	301-400	20–30	30–40	40–45	45–50

Азотные удобрения, как правило, применяются после перезимовки озимого рапса в два приема. Только в исключительных случаях азот (не более 30 кг/га) вносят осенью (плохой предшественник, в качестве органического удобрения использовалась солома, низкое плодородие почвы). Чтобы внесение под посев культуры азота, фосфора и калия было сбалансированным, лучше всего применять комплексные удобрения. На почвах:

– с низкой и средней степенью обеспеченности подвижными формами фосфора и калия N:P:K 5-6:18-20:30-35, 5:16:35 + S + гидрогумат, 5:16:35 + S + феномелан, 5:16:35 + S + эпин,

– с повышенным и высоким содержанием фосфора и калия – N:PK – 7-8:16-18:25-31, 7:16-18:25-31 + S + B, 7:16-18:25-31 + S + B + Mn, 7:16-18:25-31 + S + B + Mn + эпин.

Подобные комплексные азотно-фосфорно-калийные удобрения разработаны РУП «Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларусь» совместно с ОАО «Гомельский химический завод».

Азотные удобрения следует вносить в подкормки. *Первую* в дозе N₁₁₀₋₁₂₀ – во время возобновления весенней вегетации (ВВВ). Лучшими формами азотных удобрений являются аммиачная селитра, КАС, карбамид. В годы с ранней весной в первую подкормку следует вносить 40-60 кг/га азота, а остальную дозу

внести в фазе бутонизации. В этом случае возврат весенних заморозков не окажет губительного действия на растения рапса. Также следует учесть, что в первую очередь следует подкармливать ослабленные посевы и посевы, расположенные на легких почвах.

Вторую подкормку (N_{40-60}) проводят в фазе стеблевания (примерно через 2-2,5 недели после первой) аммиачной селитрой, КАС, сульфатом аммония. В случае использования сульфата аммония необходимо обратить особое внимание на содержание серы в почве. Так, данное удобрение целесообразно использовать на почвах с низким содержанием обменной серы (менее 6,0 мг/кг почвы). На почвах с более высоким ее содержанием внесение сульфата аммония может приводить к повышению содержания глюкозинолатов в маслосеменах.

При внесении КАС доза азота не должна превышать 30 кг/га. КАС необходимо разбавить водой в соотношении 1:3. При этом в раствор можно ввести микроэлементы и инсектициды. Подкормку проводить в утреннее или вечернее время.

При недостаточном внесении азота в первые две подкормки можно провести и *третью* – спустя 1-1,5 недели в фазе бутонизации *до начала цветения*. В этом случае используют 5-10%-ый раствор карбамида, КАС или ЖКУ, содержащее N, Mn, S, B, Mo. При слабом развитии растений или при густоте стояния растений менее 40 шт./ m^2 дозу азота следует повысить на 20-40 кг/га.

При возделывании озимого рапса на маслосемена обязательным условием является проведение некорневых подкормок бором, марганцем, молибденом и магнием. Так, в осенний период (в фазе 3-5 листьев) целесообразно проведение первой некорневой подкормки бором в дозе 30-50 г/га, вторая некорневая подкормка проводится в весенний период (в фазе бутонизации) – бор 50-70 г/га, марганец – 50-100 г/га, молибден – 30-40 г/га, магний – 50-100 г/га.

В качестве микроудобрений можно использовать минеральные соли и их хелатные соединения, производимые различными производителями (АДОБ Mn, АДОБ В, МикроСтим бор, МикроСил бор и др.). Технологическая схема применения макро- и микроудобрений в технологии возделывания озимого рапса приведена в таблице 10.11.2.

Таблица 10.11.2 – Технологическая схема применения удобрений при возделывании озимого рапса (урожайность 40-50 ц/га)

Дозы удобрений, кг/га д.в.	Формы удобрений	Сроки применения
$N_{20-25}P_{80-100}K_{120-150}$	аммофос, хлористый калий	до посева
$N_{100-120}$	КАС или сульфат аммония	весной в начале вегетации
N_{50-60}	мочевина	через 2-2,5 недели после первой
$B_{0,20}Mn_{0,05}$	борная кислота (Солюбор ДФ) и сульфат марганца или Адоб Бор и Адоб Марганец или МикроСтим-Бор или МикроСил-Бор	<u>некорневые подкормки</u> Осень: В фазу 4-6 листьев. Весна: 1-я – в фазу стеблевания 2-я – перед цветением в баковой смеси с инсектицидом и добавлением мочевины – 12 кг на 200 л рабочего раствора.

Система удобрения ярового рапса минеральная, двуучленная: основное внесение удобрений и подкормка.

Органические удобрения целесообразно вносить под предшественник рапса. Фосфорные и калийные удобрения на связных почвах вносят осенью при основной обработке, на легких почвах в предпосевную культивацию. В качестве фосфорных удобрений можно использовать комплексные удобрения: аммофос, аммонизированный суперфосфат, из калийных – хлористый калий.

Дозы фосфорных и калийных удобрений представлены в таблицах 10.11.3 и 10.11.4.

С экологической точки зрения, учитывая высокую подвижность азотных удобрений, их внесение следует проводить весной, под предпосевную обработку почвы.

Таблица 10.11.3 – Дозы фосфорных удобрений под яровой рапс на дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных почвах на моренных суглинках, кг/га д.в.

Предшественник	Содержание в почве подвижной формы Р ₂ O ₅ , мг/кг				
	менее 100	101-150	151-200	201-300	301-400
Картофель, кукуруза (50 т/га навоза)	65-80	5565	45-55	30-35	15
Озимые зерновые (20 т/га навоза)	70-85	60-70	50-60	35-40	20
Зерновые, зернобобовые, мн. и одн. травы	75-90	65-75	55-65	40-45	25

Таблица 10.11.4 – Дозы калийных удобрений под яровой рапс на дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных почвах на моренных суглинках, кг/га д.в.

Предшественник	Содержание в почве подвижной формы К ₂ O, мг/кг				
	менее 80	81-140	141-200	201-300	301-400
Картофель, кукуруза (50 т/га навоза)	95-110	85-105	75-85	45-55	0-25
Озимые зерновые (20 т/га навоза)	110-125	100-120	90-100	60-70	35
Зерновые, зернобобовые, мн. и одн. травы	120-135	110-130	100-110	70-80	45

Азот под рапс яровой при расчетной дозе более 90 кг/га следует вносить дробно: до посева в виде КАС, мочевины или аммиачной селитры (50% расчетной дозы) и подкормки. Первая подкормка – фаза 4-6 листьев (30% расчетной дозы) в виде сульфата аммония, мочевины или аммиачной селитры. Вторая подкормка – фаза бутонизации (20% расчетной дозы) в виде КАС одновременно с внесением микроэлементов и инсектицидной обработкой от рапсового цветоеда с нормой расхода баковой смеси 300 л/га.

Исследования, проведенные кафедрой агрохимии, почвоведения и сельскохозяйственной экологии УО «ГГАУ», показали,

что с агрономической, энергетической и экономической точек зрения внесение азотных удобрений в дозах более 150 кг/га д.в. неэффективно, так как абсолютные величины прироста урожая при этом снижаются. Также установлено, что эффект от применения серосодержащих удобрений ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) проявлялся лишь на почвах с обеспеченностью элементом ниже средней (менее 6,0 мг/кг почвы), а его одностороннее применение приводит к повышенному содержанию глюкозинолатов в маслосеменах.

При известковании кислых почв происходит уменьшение подвижности многих микроэлементов. В наибольшей степени это относится к бору и марганцу, что требует обязательного дополнительного их внесения на почвах с pH близкой к нейтральной или после известкования. Снижение доступности микроэлементов может проявляться так же на почвах легкого гранулометрического состава, особенно в засушливые годы. В связи с этим на дерново-подзолистых почвах рекомендуется использовать в виде некорневой подкормки, начиная с фазы 6-8 листьев и заканчивая фазой бутонизации: бор 50-70 г/га, марганец – 50-100 г/га, молибден – 30-40 г/га, магний – 50-100 г/га в виде солей металлов или с использованием микроудобрений, содержащих металлы в хелатной форме.

Однако наиболее оптимальным сроком внесения микроудобрений является фаза бутонизации, которая длится, в зависимости от погодных условий, около месяца. Использование микроудобрений следует совмещать с применением инсектицидов против рапсового цветоеда и скрытнохоботника.

10.12. Однолетние травы

Однолетние травы в республике ежегодно высеваются на площади более 300 тыс.га. Они используются для получения зеленого корма, сеноса, сенажа или семян. В группу однолетних трав входят бобовые (сераделла, горох, вика, люпин), капустные (рапс яровой, рапс озимый, горчица, редька масличная, сурепица озимая), злаковые (райграс однолетний). Все указанные культуры высеваются в чистых (кроме вики и гороха) и смешанных посевах (таблица 10.12.1). Однолетние травы в севообороте мо-

гут использоваться как основная или как промежуточная культура.

Для однолетних трав наиболее пригодны суглинистые, супесчаные и песчаные, подстилаемые мореной, а также торфяные почвы.

Таблица 10.12.1 – Однолетние травы

Злаковые	Бобовые	Капустные	Смешанные посевы
Райграс однолетний	Сераделла, люпин, горох, вика	Рапс яровой, рапс озимый, сурепица озимая, редька масличная	Люпин + овес, горох + овес, вика + овес, вика + рапс яровой, редька масличная + овес, рапс озимый + райграс однолетний + сераделла, люпин + горох +райграс однолетний, горох + овес + райграс однолетний

Средний вынос элементов питания с 1 т зеленой массы однолетних трав представлен в таблице 10.12.2. Бобовые травы отличаются максимальным выносом азота, капустные и злаковые – максимальным выносом калия.

Таблица 10.12.2 – Средний вынос элементов питания однолетними травами

Вид однолетних трав	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	кг/т зеленой массы		
Бобовые	4,8	1,3	3,9
Бобово-злаковые	4,5	1,3	4,3
Капустные	4,4	0,9	5,0
Райграс однолетний	3,9	1,7	9,2

Дозы минеральных удобрений зависят от возделываемой культуры, планируемой урожайности, типа почв и их оккультуренности (табл. 10.12.3).

Таблица 10.12.3 – Дозы минеральных удобрений под однолетние травы

Группа однолетних трав	Доза NPK, кг/га
Дерново-подзолистые почвы	
Капустные злаковые	$N_{90-110}P_{40-50}K_{80-120}$
Злаковые (райграс однолетний)	$N_{100-110}P_{40-50}K_{80-120}$
Бобово-злаковые	$N_{60-80}P_{30-40}K_{60-80}$
Бобовые	$P_{40-50}K_{80-100}$
Торфяные почвы	
Капустные, злаковые, бобово-злаковые	$N_{20-40}P_{30-40}K_{70-100}$

Оптимальная доза азота азотных удобрений под бобово-злаковые смеси составляет 60-80 кг/га. Увеличение дозы азота не приводит к росту продуктивности и ухудшает качество коры. Поскольку бобово-злаковые травы травосмеси являются хорошим предшественником под озимые зерновые культуры, то под них рекомендуется внесение органических удобрений в дозах 30-40 т/га.

При возделывании райграса однолетнего в чистом виде оптимальная доза азотных удобрений составляет 100-110 кг/га д.в. Для капустных культур рекомендуется внесение 90-100 кг/га азота. Под однолетние бобовые травы азотные удобрения не вносятся.

На торфяных почвах под все однолетние травы рекомендуется применять $N_{20-40}P_{30-40}K_{70-100}$. На деградированных торфяниках доза минерального азота увеличивается до 40-60 кг/га.

Азотные, фосфорные и калийные удобрения вносят в основной прием под предпосевную культивацию. Под райграс однолетний азотные удобрения вносят в поверхностную подкормку.

10.13. Многолетние травы

В Республике Беларусь возделывают многолетние бобовые травы (клевер, люцерна, галега восточная, донник, лядвенец), многолетние злаковые травы (тимофеевка луговая, ежа сборная, овсяница, лисохвост луговой, мятыник, кострец безостый, райграс

пастбищный, полевица, двукисточник) и многолетние бобово-злаковые травы.

В полевых и кормовых севооборотах многолетние травы возделываются в чистом виде либо в смеси бобовых со злаковыми. Многолетние травы эффективнее возделывать в чистом виде, что позволяет более рационально использовать минеральные удобрения на злаковых травах и потенциал симбиотической азотфиксации бобовых трав. На постоянных участках может возделываться люцерна в течение 5-6 лет и галега (до 10 лет).

Бобовые многолетние травы отличаются способностью использовать азот из воздуха в симбиозе с клубеньковыми бактериями. Коэффициент азотфиксации у этих культур составляет 60-70%. В связи с этим бобовые многолетние травы не нуждаются в азоте. Они требуют окультуренных почв с оптимальным запасом питательных веществ и хорошими водно-физическими свойствами почв. Условием получения высокой урожайности клевера является pH_{KCl} почвенной среды – 6,0-7,0, люцерны – 6,5-7,0.

Многолетние бобовые травы отличаются большим выносом калия. На формирование 1 т сена они расходуют 23,4 кг азота, 5,1 кг фосфора, 27,2 кг калия. Наиболее интенсивно усвоение элементов питания у многолетних бобовых трав происходит в фазы бутонизации и цветения. В первые годы жизни бобовым травам необходим фосфор в легкодоступной форме.

Они требовательны к микроэлементам: бору, молибдену и меди.

Перспективными высокопродуктивными многолетними бобовыми культурами для кормопроизводства республики являются лядвенец рогатый, галега восточная, донник белый. Лядвенец рогатый не требователен к плодородию почвы, устойчив к повышенной кислотности почв, оптимальное pH_{KCl} – 4,5-7,5. Галега восточная отличается высоким (до 10 лет) продуктивным долголетием. Она хорошо растет на всех на всех почвах (кроме заболоченных и песчаных, развивающихся на песках), требует известкования при pH_{KCl} менее 5,5. Донник белый – двулетнее, засухоустойчивое растение. Он произрастает на всех типах почв (кроме тяжелых переувлажненных и кислых почвах $pH_{KCl} < 5,8$).

Многолетние злаковые травы менее требовательны к почвенным условиям. Они лучше переносят повышенную кислот-

ность, все же на известкованных почвах они дают большую урожайность.

Удобрение клевера лугового. Известкование почвы под клевер проводят полной дозой и по возможности за год или за 2 года до его посева.

Клевер, как правило, высевают под покров ячменя, однолетних трав, озимой ржи. Клевер луговой положительно реагирует на применение органических удобрений под предшественник. При внесении под покровную зерновую культуру 30-40 т/га на воза клевер быстрее растет в начальный период, повышается надежность его сохранения под покровом и в период зимовки.

Под покровную культуру рекомендуется вносить не более 60 кг азота. При больших дозах азота наблюдается угнетение клевера зерновыми покровными культурами, что отрицательно отражается на сохранности всходов и последующей продуктивности всходов.

Главным критерием определения доз фосфорных и калийных удобрений клевера являются данные по содержанию подвижных форм фосфора и калия в почве и планируемой урожайности клевера (таблица 10.13.1). Фосфорные удобрения можно вносить в запас или весной после перезимовки (1 год пользования) в начале возобновления весенней вегетации. Для калия предпочтительнее также весенние подкормки.

Если дозы калия выше 90 кг/га, то их лучше применять дробно под укосы, что обеспечит эффективное использование растениями и снизит потери калия из почвы. В случае когда растения клевера лугового вышли из-под покрова ослабленные, в первый год его жизни необходима подкормка фосфором и калием. Фосфорные и калийные удобрения способствуют накоплению сахаров в корневых клетках растений клевера и тем самым уменьшают выпадение клевера во время зимовки. Оптимальной дозой удобрения в зависимости от уровня плодородия почвы в подкормку клевера осенью, после уборки покровной культуры, является $P_{30-60}K_{50-90}$.

На почвах 1 и 2 групп обеспеченности бором и молибденом клевер нуждается в борных и молибденовых удобрениях, которые можно внести в некорневую подкормку в фазу бутонизации клевера в дозе 50 г/га бора и 25-50 г/га молибдена.

Таблица 10.13.1 – Дозы минеральных удобрений под многолетние травы на дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных на морене почвах

Удобрение, кг/га	Содержание P_2O_5 и K_2O , мг/кг почвы	Бобовые травы* (зеленая масса)	Злаковые травы** (сено)			Бобово-злаковые травы (сено)		
			Планируемая урожайность, ц/га					
Азотные	-	-	-	80-100	110-130	130-150	50-60	60-70
менее 100	70-100	х	х	70-100	х	х	70-100	х
Фосфорные	101-150	60-80	х	х	60-80	х	60-80	х
201-300	50-70	70-90	х	50-70	70-90	х	50-70	70-90
301-400	40-50	50-60	60-70	40-50	50-60	60-70	40-50	50-60
менее 80	-	0-30	30-40	-	20-30	30-40	-	20-30
Калийные	81-140	110-140	х	х	110-140	х	110-140	х
201-300	100-120	120-140	х	100-120	120-140	х	100-120	120-140
301-400	70-100	100-120	120-140	70-100	100-120	120-140	70-100	100-120

* Клевер, люцерна, галега восточная (козлятник), донник, лядвенец рогатый.

** Тимофеевка луговая, ежа сборная, овсяница, лисохвост луговой, матлик, кострец безостый, райрас пастбищный, полевица, двуухисточник.

Предпочтительнее с точки зрения энергосбережения предпосевная обработка семян молибдатом аммония в дозе 20 г д.в./ц семян и борной кислотой в дозе 30-50 г д.в./ц семян.

Важным компонентом современной технологии возделывания бобовых многолетних трав является инокуляция семян перед посевом и применением регуляторов роста растений. Для увеличения азотфиксации семена бобовых трав обрабатывают сапронитом в дозе 1 л/т семян. Регуляторы роста рекомендуется применять в фазе начала стеблевания клевера из расчета 350 г/га квартазина или 50 мл/га эпина. Прибавка урожая зеленой массы клевера от регуляторов роста составляет 2,5-6,3 т/га, от сапронита – 5,6-7,2 т/га.

Удобрение люцерны. Люцерна более, чем клевер, требовательна и отзывчива как на общее плодородие почв, так и на обеспеченность их фосфором и калием. Содержание подвижного фосфора и калия должно быть не менее 150 мг/кг почвы. Эта культура высевается под покров и беспокровно. При беспокровном посеве органические удобрения вносятся непосредственно под люцерну, при использовании покровного посева их применяют в дозах 30-40 т/га под зерновые покровные культуры.

При возделывании люцерны без покрова фосфорные и калийные удобрения вносят в основной прием до посева и в подкормку. Припосевное внесение фосфора в дозе 15 кг/га повышает урожайность и устойчивость люцерны к неблагоприятным условиям. При ежегодном использовании люцерны фосфорные и калийные удобрения вносятся весной в начале возобновления вегетации.

Применение микроудобрений, сапронита и регуляторов роста растений под люцерну проводится также, как и на клевере.

Удобрение галеги восточной, лядвенца рогатого, донника белого аналогично системе удобрения клевера лугового и люцерны. Под эти культуры не применяют азотные удобрения. Как исключение под галегу восточную в первый год жизни (при беспокровном возделывании допускается внесение азота в подкормку в дозе 30-60 кг/га, если под предшественник или непосредственно под саму культуру не применялись органические удобрения. Дозы фосфорных и калийных удобрений под эти культуры представлены в таблице 10.13.1.

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

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

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

Удобрение злаковых трав. Органические удобрения под злаковые травы вносятся также, как и под бобовые. Многолетние злаковые травы требуют внесение полного минерального удобрения. Фосфорные и калийные удобрения вносят в подкормку весной в начале возобновления вегетации растений, азотные – дробно под укосы. Под первый укос многолетних злаковых трав (весной в начале возобновления вегетации) применяют 2/3 от общей дозы азота 1/3 дозы – под второй. Доза под второй укос составляет 30-40 кг/га.

Формы калийных и фосфорных удобрений могут быть любые. В качестве азотных лучше использовать КАС. Во избежание ожогов растений под второй укос КАС вносят сразу после скашивания первого.

Микроудобрения – сульфат меди, сульфат цинка можно внести при обработке семян в дозах 200-250 г/ц семян.

При возделывании многолетних трав на семенные цели (первый укос убирается на зеленую массу, второй – на семена) обязательно вносить органические удобрения (под покровную культуру или предшественник), проводить известкование и применять микроэлементы. Дозы микроудобрений для некорневой подкормки семенных посевов многолетних трав представлены в таблице 10.13.2.

Таблица 10.13.2 – Дозы и сроки применения некорневых подкормок микроудобрениями многолетних трав

Рекомендуемые дозы, г/га	Микроудобрения	Доза, г/га	Сроки применения
Семенники многолетних бобовых трав			
B ₅₀ Mo ₂₅₋₅₀	борная кислота	300	бутонизация
	молибдат аммония	50-100	
Семенники многолетних злаковых трав			
Cu ₅₀₋₁₀₀ Mn ₅₀	сульфат меди	200-400	начало выхода в трубку
	сульфат марганца	220	

На основании рекомендуемых систем удобрения отдельных сельскохозяйственных культур в хозяйствах составляется план применения удобрений в севооборотах, который предусматривает распределение расчетных доз элементов питания под планируемую урожайность возделываемых культур по приемам и срокам внесения удобрений. Пример плана применения удобрений под основные сельскохозяйственные культуры представлен в таблице 10.13.3.

11. УДОБРЕНИЕ СЕНОКОСОВ И ПАСТБИЩ

В решении кормовой проблемы важную роль играют травяные корма, которые занимают около 65% в структуре всех кормов. Это наиболее питательные и сбалансированные источники удовлетворения потребностей животных в питательных веществах, витаминах и минералах.

Источником травяных кормов являются сенокосы и пастбища. В структуре сельскохозяйственных угодий РБ они занимают 38,5%, или 3060 тыс. га (данные на 01.01.2008 г.). Из них 1660 тыс. га приходится на сенокосы и 1400 тыс. га на пастбища. При этом 810 тыс. га (26%) сенокосов и пастбищ находятся на торфяно-болотных почвах.

На этих угодьях культивируется около 18 видов многолетних трав, в том числе 6 бобовых и 12 злаковых.

Таблица 10.13.3 - План применения удобрений под сельскохозяйственные культуры на дерново-подзолистой почве (при повышенной обеспеченности почвы P_2O_5 и средней K_2O)

Культу- ра	Плани- руемая урожай- ность, т/га	Основное (долгосрочное)				Прило- севное K_2O , кг/га	Приемы внесения				
		N	P_2O_5	K_2O			Подкормка N (кг/га), мкгроэлементами (г/га)				
							1	2	3	4	
Зерновые и зернобобовые											
Озимые зерно- зевые	60-70	30-40	20-30*	50-80	100-120	10-15	N_{60-70} (БББ)	$N_{30-40}Cu_2Mn_2$ (трубование, 31 ст.)	$N_{20-30}Cu_2Mn_2$ (флаг-лист, 39 ст.)	$N_{20-30}Cu_2Mn_2$ (флаг-лист, 39 ст.)	
Яровые зерно- зевые	60-70	-	60-70	50-80	100-120	10-15	$N_{50}Cu_2Mn_2$ (ку- щение, 29 ст.)	$N_{20-30}Cu_2Mn_2$ (флаг-лист, 39 ст.)	$N_{15-20}Cu_2Mn_2$ (флаг-лист, 39 ст.)	$N_{15-20}Cu_2Mn_2$ (кущение, 29 ст.)	
Зерно- бобо- вые*	30-60	-	30-60	60-70	80-100	-	$B_{30}Mn_{10}$ (бутони- зация)	-	-	-	
Пряос (зерно)	40-50	-	70-80	55-70	70-90	15-20	Cu_2Mn_{12} (куще- ние)	-	-	-	
Грецкча	20-25	-	50-70	50-70	80-90	15-20	$B_{30}Mn_{10}Zn_{10}$	-	-	-	

Продолжение таблицы 10.13.3

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Технические										
Лен	10-12	-	15-40	60-70	90-110	15-20	$B_{100-300}Zn_{100-300}$ (нач. «зелочков»)	$Mn_{30}Cu_{30}$ («челочка»)	-	-
Озимый рапс	30-35	-	20-30*	60-80	100-120	-	$N_{30-100}B_{30}$ (BBB)	N_{40-50} (стеблевание)	$N_{30-50}B_{30-100}Mn_{30-100}$ (бутонизацию)	$N_{30-50}B_{30-100}Mn_{30-100}$ (бутонизацию)
Яровой рапс	30-35	-	80-90	50-70	100-120	-	N_{30} (4-6 л.)	N_{30} (4-6 л.)	-	-
Продолжение										
Сахар- ная свекла	500-550	40-60	100	90-110	180-250	15-20 или NPK	N_{30-50} (2-4 л.)	$B_{100-300}Mn_{30}$ (10-12 л.)	$B_{100-300}Mn_{30}$ (через 1-1,5 мес- ца)	
Кормо- корне- шпобы	550-600	60-80	100	70-80	160-180	5-20 или NPK	N_{40-60} (2-4 л.)	$B_{100-300}Mn_{30}$ (10-12 л.)	-	-
Кукуру- зя	70-80 (зерно) 400-500 (з.м.)	60-80	100	60-80	120-140	10-15	N_{30-50} (4-6 л.)	$Zn_{75-150}Mn_{30}Cu_{30}$ (6- 8 л.)	-	-
Карто- фель	360-400	40-80	100-120	50-70	100-140	15-20 или NPK	N_{30} (легкие поч- вы) (куст. 15-20 см)	$B_{30}Mn_{30}$ (бутониза- ция)	-	-
Просо	40-50 (зерно) 450-500 (з.м.)	60-90	45-65	70-90	-	N_{30} (на з.м.) $Mn_{2}Cu_{32}$ (на зер- но) (кущение)	-	-	-	-

Продолжение таблицы 10.13.3

Куль- ту- ра	План- руемая урожай- ность, т/га	Приемы внесения							
		основное (долгосрочное)			припосе- сное				
		органи- ческие, т/га	N P ₂ O ₅ K ₂ O кг/га	K ₂ O P ₂ O ₅ кг/га	подкормка N (кг/га), микрозлементами (г/га)	1	2	3	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Зерко- вые, капуст- ные	200-250	50 (ж.п.)*	80-110	40-50	80-120	-	-	-	-
Бобово- злако- вые	200-250		50-70	30-40	60-80	-	-	-	-
Бобовые	200-250	-	30-40	60-80	-	-	-	-	-

Примечание. * - Внесение удобрений при необходимости.

Фактическая урожайность кормовых угодий в последнее время невысокая и составляет 17-19 ц к. ед./га на сенокосах и 14-16 ц к. ед./га на пастбищах вместо возможных 70-80 ц к. ед./га. Одним из факторов низкой продуктивности лугопастбищных угодий является недостаточное применение минеральных удобрений: 48 кг/га азота, 2 кг/га фосфора, 29 кг/га калия.

Кроме того, что сенокосы и пастбища являются источником корма для животных, необходимо отметить, что это еще и источник наиболее дешевых кормов и важный фактор сохранения плодородия почв. Производство травяных кормов наименее затратное по сравнению с другими сельскохозяйственными культурами. Себестоимость кормовой единицы многолетних трав ниже в 2-2,5 раза, чем кормовой единицы однолетних трав и кукурузы.

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

Сенокосы и пастбища хорошо размещать на дерново-глеевых, дерново-подзолистых легко- и среднесуглинистых, супесчаных, подстилаемых песками, а также на торфяно-болотных почвах. Главным условием является хорошая влагообеспеченность почв.

Однако под сенокосы и пастбища обычно отводят менее пригодные почвы в хозяйстве. Почвы кормовых угодий значительно хуже обеспечены элементами питания и имеют более кислую реакцию среды, чем пашня. Средневзвешенное содержание P_2O_5 в дерново-подзолистых почвах сенокосов составляет 110 мг/кг (среднее), K_2O – 126 мг/кг (низкое), в то время как на пахотных почвах – 179 и 193 мг/кг соответственно (данные на 2008 г.).

Бобовые многолетние травы более требовательны к плодородию почвы, чем злаковые, и хорошо растут на почвах с реакцией среды близкой к нейтральной. Злаковые многолетние травы дают высокие урожаи и на менее плодородных почвах со слабокислой реакцией среды.

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

Наиболее интенсивно элементы питания бобовые многолетние травы поглощают в фазы бутонизации и цветения. У злаковых трав к этому периоду (к фазам колошения-цветения) практически заканчивается поглощение элементов питания: верховые злаки (тимофеевка, ежа сборная, лисохвост) накапливают почти весь азот и калий и 80-90% фосфора, а низовые злаки – примерно 70% азота, 60% фосфора и 70% калия. Условия питания оказывают значительное влияние на видовой состав травостоя. Внесенные азотные удобрения прежде всего способствуют росту злаковых трав, которые по мере роста начинают активно использовать фосфор и калий из почвы, перехватывая его у бобовых. Следовательно, внесение азотных удобрений способствует увеличению доли злаковых в травостое за счет бобовых компонентов, а фосфорные и калийные удобрения, наоборот, увеличивают долю бобовых в травостое. Таким образом, урожайность и ботанический состав травостоя можно регулировать путем внесения удобрений, о чем убедительно свидетельствуют данные таблицы 11.1.

Таблица 11.1 – Влияние удобрений на урожайность сена бобово-злакового травостоя и долю ее компонентов в урожае (В.Н. Ефимов и др., 2002 г.)

Удобрение	Урожайность сена бобово-злакового травостоя, ц/га	Урожайность сена в травостое, ц/га		Доля в урожае, %	
		злаковых	бобовых	злаковых	бобовых
Без удобрений	27	10	17	63	37
PK	54	25	29	46	54
NPK	57	39	18	68	32

Режим использования луга может быть сенокосным или пастбищным. При использовании луга под пастбища вынос питательных веществ на единицу урожая выше, чем при использовании луга под сенокосы. Это объясняется тем, что стравливание на пастбище (выпас КРС) происходит чаще (до 5 стравливаний) в более ранние фазы развития многолетних трав, чем укосов (до 3) на сенокосе, когда они содержат больше питательных веществ на единицу сухого вещества.

Луговые травы потребляют и выносят большое количество элементов питания, прежде всего, азота и калия. На формирование 1 ц сена требуется 1,6-2,0 кг азота, 0,5-0,6 кг P_2O_5 и 2,2-2,4 кг K_2O .

При пастбищном содержании животных недостаток магния в траве вызывает заболевание их гипомагниевой тетанией. Этого не наблюдается, если соотношение $K:(Ca+Mg)$ не превышает 2,2. Содержание магния в сухом веществе трав должно быть не менее 0,2%. Недостаток его устраняют внесением доломитовой муки.

Многолетние травы характеризуются повышенным выносом калия, но избыточное количество калия ($> 3\%$ в сухом веществе) в пастбищном травостое приводит к нарушению оптимального соотношения $K:Na$ – 5-8:1. При нарушении этого соотношения пастбищный корм плохо поедается животными и их продуктивность снижается.

Коэффициенты использования питательных элементов из минеральных удобрений на сенокосах и пастбищах зависят от доз удобрений, соотношения вносимых питательных элементов, почвенных условий, состава травостоя, числа укосов или стравливаний, условий увлажнения и в среднем составляют: азота – 65%, фосфора – 20% и калия – 60%, в условиях орошения: азота – 80%, фосфора – 30% и калия – 70%.

Система удобрения сенокосов и пастбищ зависит от следующих факторов: типа луга, почвенных условий, ботанического состава травостоя, режима использования луга.

Наибольший эффект обеспечивает применение полного (NPK) минерального удобрения. На улучшенных сенокосах и пастбищах минеральные удобрения дают большую отдачу, чем на естественных сенокосах и пастбищах. На пастбищах эффек-

тивность минеральных удобрений выше, чем на сенокосах. Если на сенокосах в расчете на 1 кг азота можно получить 10-12 кг к.ед., то на пастбищах – 20-24 кг к.ед.

Самое высокое действие на урожай трав оказывают азотные удобрения. Почти все почвы кормовых угодий бедны подвижными формами азота независимо от количества содержащегося в них гумуса. Объясняется это тем, что лугопастбищные почвы обладают пониженной микробиологической активностью вследствие плотной дернины.

На эффективность азотных удобрений заметно влияют водный режим почвы и ботанический состав травостоя. Наибольшую отдачу азотные удобрения дают на лугах со злаковым и злаково-бобовым травостоем. Если травостой включает более 30% бобовых трав, то эффективность азотных удобрений ниже. Для травосмесей с бобовыми эффективнее фосфорные и калийные удобрения, особенно на торфяно-болотных почвах.

Эффективность удобрений и прежде всего азотных в значительной мере зависят от сроков их внесения. Наибольший результат подкормка удобрениями дает в период накопления суммы положительных температур около 150°С (среднесуточная температура воздуха от +5°С до +10°С).

На почвах со средней и повышенной обеспеченностью фосфором и калием (3 и 4 группы) фосфорные и калийные удобрения вносят в дозах, компенсирующих планируемый вынос с урожаем. При низкой обеспеченности дозу увеличивают на 20-30%, а при высокой – снижают на 20-30%.

В системе удобрения лугопастбищных угодий выделяют удобрение при коренном улучшении и перезалужении, а также ежегодное их удобрение.

Удобрение при коренном улучшении и перезалужении сенокосов и пастбищ. Коренное улучшение и перезалужение сенокосов и пастбищ предполагает выполнение культуртехнических мероприятий (удаление кустарника, камней, срезание кочек и др.), а также внесение известковых, органических и минеральных удобрений и улучшение травостоя.

Вначале удаляют кустарники, кочки, камни. Такое агрохимическое мероприятие может иметь место после осушения болота, когда его вводят в сельскохозяйственное производство или

когда сенокосы и пастбища длительное время не подвергаются перезалужению. Периодичность обновления травостоев улучшенных сенокосов и пастбищ составляет один раз в 10-12 лет.

Внесение органических удобрений рекомендуется проводить под вспашку при содержании гумуса менее 2,0-2,5%. При коренном улучшении сенокосов и пастбищ вносят 50-60 т/га, при перезалужении – 30 т/га. По рекомендациям РУП «Институт почвоведения и агрохимии» на суглинистых почвах следует вносить 40-50 т/га, на супесчаных – 50-60 т/га подстилочного навоза или компостов. Кроме подстилочного навоза, различных видов компостов в качестве органических удобрений можно применять бесподстилочный навоз. Доза бесподстилочного навоза – 70-80 м³/га.

В связи с невысоким содержанием в почвах сенокосов и пастбищ подвижных форм фосфора и калия перед вспашкой следует внести в среднем 60 кг/га фосфора и 100 кг/га калия. Фосфорные удобрения также рекомендуется применять в запас на все годы их пользования. Вопрос о применении азотных удобрений при коренном улучшении является наиболее сложным. При освоении низинных лугов на дерново-глеевых и осущенных торфяных почвах азотные удобрения не применяются, так как в этих почвах азотные удобрения не применяются, так как в этих почвах достаточно минерального азота для питания возделываемых трав.

Азотные удобрения в основной прием можно применять на бедных дерново-подзолистых или дерново-подзолистых заболоченных почвах, а также на почвах, где в результате проведения культуртехнических работ нарушен перегнойный горизонт. В этих случаях для формирования хорошего травостоя необходимо внести 30-45 кг/га азота.

Известкование сенокосов и пастбищ следует проводить, если значение обменной кислотности (pH_{KCl}) на минеральных почвах составляет менее 5,5, а на торфяно-болотных – менее 5,0. Оптимальная реакция среды для минеральных почв сенокосов и пастбищ составляет 5,8-6,2 ед. pH .

Поскольку для сенокосов и пастбищ характерен продолжительный сенокосный или пастбищный период без повторной обработки почвы, то при очередном залужении известкование кис-

лых почв должно быть обязательным приемом. Известковые удобрения следует вносить после разделки пласта многолетних трав и вспашки под дискование или культивацию. Поверхностное известкование сенокосов и пастбищ является малоэффективным и его проводить нецелесообразно. Формы известковых удобрений могут быть любые: доломитовая мука, мел, дефекат, карбонатные сапропели.

Под предпосевную обработку вносят полное минеральное удобрение, которое обеспечивает питание покровной культуры и многолетних трав в первый год жизни. Дозы удобрений определяют из расчета получения планируемой урожайности покровной культуры. При этом доза азота должна быть не более 60 кг/га с целью исключения ее полегания и угнетения или гибели всходов многолетних трав.

Первые два года, чтобы сформировалась прочная дернина, устойчивая к вытаптыванию животными, участок используют как сенокос, затем его можно эксплуатировать как пастбище.

Ежегодное удобрение сенокосов и пастбищ. На сформировавшихся лугах и пастбищах удобрения применяются в подкормки.

Дозы минеральных удобрений для ежегодного внесения на сенокосах и пастбищах представлены в таблицах 11.2-11.4.

Дозы минеральных удобрений определяются планируемой урожайностью лугопастбищных угодий, типом почв, содержанием в них P_2O_5 и K_2O типом травостоя. Необходимость внесения и доза азота зависит от доли бобового компонента в травостое. Азотные удобрения не применяются, если доля их в травосмеси больше 30% (это наблюдается в первые 3 года). При снижении долевого участия бобовых в травосмеси возникает необходимость во внесении азотных удобрений, чем меньше его в травосмеси, тем большую дозу азота следует вносить. Максимальное количество азотных удобрений применяется под злаковые травосмеси.

На сенокосах азотные удобрения вносят в подкормки (поверхностно вразброс) дробно, под каждый укос. При этом для поддержания доли бобового компонента в бобово-злаковой травосмеси на торфяно-болотной почве подкормку бобово-злаковой травосмеси начинают со второго года пользования.

Таблица 11.2 – Дозы минеральных удобрений для сенокосов на дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных на морене почвах

Удобрения, кг д.в./га	Содержание P_2O_5 и K_2O , мг/кг	Планируемая урожайность (сено), ц/га				
		20-40	41-60	61-80	81-100	101-120
Азотные	-	40-70	70-100	100-130	130-160	160-180
Фосфорные	< 100	30-50	50-70	70-90	x	x
	101-150	25-45	45-65	65-85	x	x
	151-200	20-35	35-50	50-65	65-80	x
	201-300	15-25	25-35	35-45	45-55	55-70
	301-400	-	-	20-25	25-30	30-40
Калийные	< 80	70-100	100-130	130-160	x	x
	81-140	60-90	90-120	120-150	x	x
	141-200	50-75	75-100	100-125	125-150	x
	201-300	30-50	50-70	70-90	90-115	115-140
	301-400	-	20-30	30-40	40-50	50-60

Таблица 11.3 – Дозы минеральных удобрений для пастбищ на дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных на морене почвах

Удобрения кг/га д.в.	Содержание P_2O_5 и K_2O , мг/кг	Планируемая урожайность (зеленая масса), ц/га				
		100-200	201-300	301-400	401-500	501-600
Азотные	-	50-75	75-100	100-125	125-150	150-180
Фосфорные	менее 100	30-50	50-70	70-90	x	x
	101-150	25-45	45-65	65-85	x	x
	151-200	20-35	35-50	50-65	65-80	x
	201-300	15-25	25-35	35-45	45-55	55-70
	301-400	-	-	20-25	25-30	30-40
Калийные	менее 80	70-100	100-130	130-160	x	x
	81-140	60-90	90-120	120-150	x	x
	141-200	50-75	75-100	100-125	125-150	x
	201-300	30-50	50-70	70-90	90-115	115-140
	301-400	-	20-30	30-40	40-50	50-60

Таблица 11.4 – Дозы минеральных удобрений для сенокосов и пастбищ на торфяно-болотных почвах, кг д.в./га

Планируемая урожайность, ц сухого вещества /га	Вид удобрений		
	азотные	фосфорные	калийные
30	-	30	60
40	-	30	80
50	30	35	100
60	50	40	120
70	70	50	140
80	100	60	160
90	120	70	180

Максимальная разовая доза азота не должна превышать 90 кг/га, поскольку при более высоких дозах наблюдается увеличение накопления нитратов в получаемой продукции, а также выщелачивание азота из почвы.

Если фосфорные удобрения не внесены в запас на все годы пользования сенокоса, то их следует вносить в подкормку в один прием осенью или весной. Калийные удобрения применяются в подкормку в один прием осенью или весной (в зависимости от типа почвы, ее водного режима), если доза калия не превышает 90 кг/га, и дробно под укосы, если она выше 90 кг/га, что исключает накопление калия в травостоях в избыточных количествах и уменьшает миграцию его в почве.

По мнению многих исследователей, только высокие уровни азотного питания и рациональное распределение общей дозы азота под урожай различных укосов гарантируют эффективность многоукосного использования травостоев. При планировании двух укосов $\frac{2}{3}$ общей дозы азота вносят под первый укос и $\frac{1}{3}$ – под второй. При трехукосном использовании сенокосов 60% общей дозы азота вносят под первый укос, 20% – под второй и 20% – под третий. Максимальные сборы кормов обеспечиваются при трехукосном использовании трав. Аналогично распределяется и высокая доза калийных удобрений.

Для удобрения сенокосов широко используются осветленные стоки свинокомплексов. По данным БГСХА, оптимальный расход стоков за полив составляет 250-300м³ на 1 га. За сезон применяется три удобрительных полива – под каждый укос. Можно применять для удобрения сенокосов и жидкий навоз – 50-60 т/га. Жидкие органические удобрения на сенокосах лучше применять поздно осенью под первый укос, а затем после 1 и 2 укосов. Если жидкие органические удобрения вносить рано весной, то можно нарушить дернину тяжелой техникой.

На пастбищах минеральные удобрения вносят осенью или весной после каждого стравливания. Фосфорные удобрения можно вносить полной дозой сразу в один прием осенью или весной в зависимости от свойств удобрений и наличия удобрений в хозяйстве. Азотные и калийные удобрения вносят дробно. Азотные – рано весной и после каждого стравливания. Калийные – весной и после второго стравливания. Максимальная разовая доза азота и калия – 60 кг/га. При более высоких дозах в корме могут накапливаться нитраты и калий.

Жидкий гомогенезированный (перемешанный) навоз животноводческих комплексов на пастбищах можно вносить только осенью и не более 50 т/га, иначе снизится поедаемость травы скотом.

На орошаемых пастбищах дозы минеральных удобрений увеличиваются: за вегетационный период вносят 300-350 кг/га NPK в соотношении 3:1:2 (N₁₅₀P₅₀K₁₀₀ или N₁₈₀P₆₀K₁₂₀). Весной вносят по 50-60 кг/га азота, фосфора и калия. После первого стравливания – 50-60 кг/га азота, после второго – по 50-60 кг/га азота и калия.

При ежегодном удобрении сенокосов и пастбищ важно учитывать формы применяемых удобрений. Из азотных удобрений применяют КАС, аммиачную селитру, мочевину. Предпочтение следует отдавать КАС и аммиачной селитре, т.к. из мочевины при внесении без заделки в почву улетучивается азот. КАС вносят сразу же после укосов и стравливаний без разбавления водой. В качестве фосфорных удобрений применяют аммонизированный суперфосфат, аммофос. Из калийных удобрений предпочтитают хлористый калий.

Применение микроудобрений. Многолетние бобовые и злаковые травы, возделываемые на сенокосах и пастбищах, нуждаются во внесении цинковых и медных удобрений. Это обусловлено как биологическими особенностями питания этих культур, так и невысокой обеспеченностью (1 и 2 группы) почв лугопастбищных угодий. Медные удобрения наиболее эффективны на торфяно-болотных и дерново-глеевых почвах. Потребность в меди возрастает в условиях применения высоких доз азотных удобрений.

Экономически целесообразным и экологически безопасным приемом является применение микроудобрений в виде некорневых подкормок. Медные, цинковые удобрения вносятся в дозе 100 г д.в./га в начале фазы выхода в трубку (злаковые) и в фазе стеблевания (бобовые). При рН_{KCl} более 6,0 целесообразно применение марганцевых удобрений в дозе 50 г д.в./га.

Для некорневой подкормки многолетних трав можно использовать любые формы микроудобрений: минеральные соли (сульфат меди, сульфат цинка) и хелатные формы (Эколист моно Cu, Эколист моно Zn).

12. СИСТЕМА ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ НА ТОРФЯНЫХ ПОЧВАХ

Основные свойства торфяно-болотных почв и их изменение при осушении и сельскохозяйственном использовании. В Республике Беларусь более 7 млн. га заболоченных земель, из них 3 млн.га составляют торфяно-болотные почвы. Масштабная мелиорация заболоченных земель в республике была начата в 1966 году. К 1990 году было осушено 3,3 млн.га заболоченных земель, в том числе 1,3 млн.га торфяно-болотных почв, из которых около 1 млн.га было отведено под сельскохозяйственные угодья. К настоящему времени осушенные торфяные почвы занимают 900 тыс.га, на остальной части торфяных почв произошло разрушение (минерализация) органического вещества при сельскохозяйственном их использовании. Эти почвы перешли в группу антропогенно преобразованных – дегроторфяных почв.

Торфяно-болотные почвы обладают высоким потенциальным плодородием: содержание органического вещества составляет 80-90%, а азота – до 5%. Использование плодородия торфяно-болотных почв сдерживалось неблагоприятными их свойствами:

- избыточным увлажнением;
- высокой кислотностью;
- недоступностью элементов питания для растений;
- несбалансированностью основных элементов питания.

Поэтому для реализации потенциального плодородия торфяно-болотных почв необходимо было отрегулировать водный и сбалансировать питательный режим.

Осушение земель регулирует изменение уровня грунтовых вод и останавливает болотный процесс. Для большинства сельскохозяйственных культур грунтовые воды должны залегать на уровне: 60-70 см – весной, 100-110 см – летом. При таких значениях уровня грунтовых вод на торфяных почвах проявляется наиболее высокая окупаемость минеральных удобрений.

Во вновь осваиваемых торфяно-болотных почвах на единицу азота приходится в 5-10 раз меньше фосфора и в 30-40 раз калия, чем на минеральных почвах (табл. 12.1).

Таблица 12.1 – Агрохимическая характеристика почв

Почвы	Содержание, %			Средние запасы, т/га			Среднее соотношение N: P ₂ O ₅ : K ₂ O
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
Торфяно-болотные	3,00-5,00	0,15-0,50	0,03-0,20	22,0	1,5	0,6	1:0,07:0,03
Дерново-подзолистые	0,05-0,25	0,06-0,16	1,00-2,50	6,0	4,8	60,0	1:0,8:10

Кислотность почвы. Торфяно-болотные почвы имеют кислую реакцию ($\text{pH}_{\text{KCl}} = 4-5$). В начале освоения торфяно-болотных почв в результате минерализации органических соединений

происходит высвобождение в почвенный раствор кальция и магния, которые нейтрализуют его. В дальнейшем происходит подкисление почвы в результате прекращения этого процесса, а также повышенного выноса кальция и магния растениями. В настоящее время основным фактором, регулирующим кислотность почвы, является известкование.

Азотный режим. Торфяно-болотные почвы богаты азотом, содержание которого в зависимости от генезиса и свойств почв колеблется от 3 до 5%. В слое 0-30 см накапливается до 24 т/га общего азота, но основная его часть (до 99%) находится в составе органических соединений и недоступна растениям.

В разложении органического вещества осушенных торфяных почв можно выделить 3 периода. В первые (2-3) года освоения осушенных торфяных почв разложение органического вещества в них происходит очень медленно в связи с малой численностью микроорганизмов и низкой их активностью. В этот период рекомендуют возделывать предварительные культуры, такие как вико-овсяная смесь, картофель и др. и вносить полное минеральное удобрение (рис. 12).

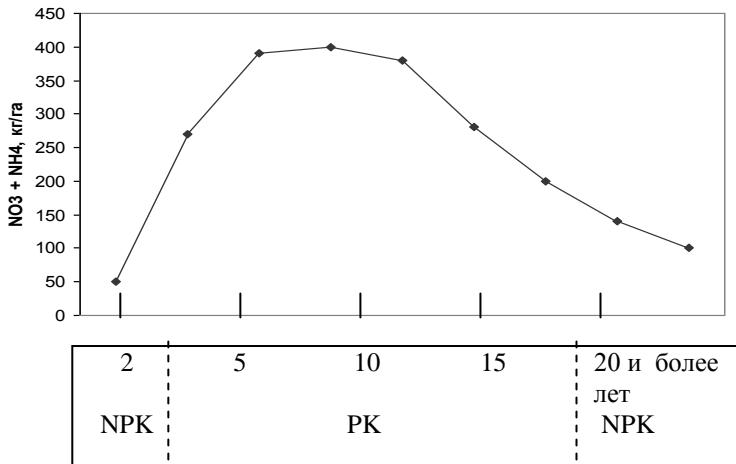


Рисунок 12 – Изменение запасов минерального азота в осушенной торфяной почве при сельскохозяйственном использовании и внесения удобрений

В последующие 15-20 лет использования в осушенных торфяных почвах создаются благоприятные условия влажности и аэрации, активизируются процессы разложения органического вещества и, как следствие этого, происходит накопление минерального азота (NO_3 и NH_4) в количествах, превышающих потребность сельскохозяйственных культур. Запасы их в почве достигают 300-400 кг/га. При этом преобладающей формой азота являются нитраты. Для оптимизации минерального питания возделываемых культур в этот период необходимо внесение фосфорно-калийных удобрений. В дальнейшем по мере срабатывания (минерализации) торфяного слоя происходит снижение содержания подвижных форм азота в почве. Культуры, возделываемые на старопахотных торфяных почвах, уже нуждаются в дополнительном внесении азотных удобрений.

Фосфатный режим. Валовое содержание фосфора колеблется в пределах 0,15-0,50%. 60% валового фосфора содержится в составе органических соединений. Торфяно-болотные почвы обладают высокой поглотительной способностью по отношению к фосфору. Они могут поглощать фосфор в 10-30 раз больше, чем дерново-подзолистые почвы. Такая поглотительная способность объясняется высоким содержанием органического вещества в торфяно-болотных почвах. Потери фосфора путем вымывания с почвенно-грунтовыми водами составляют не более 3% внесенных удобрений. Поэтому, если в период освоения систематически вносить достаточное количество фосфорных удобрений, происходит накопление этого элемента.

Калийный режим. Торфяно-болотные почвы по своей природе очень бедны калием. Валовое содержание калия колеблется от 0,1 до 0,3%. Если на торфяно-болотных почвах не применять калийные удобрения, то через некоторое время наступает полное их истощение.

В торфяно-болотных почвах калий находится в водорастворимой, обменной и необменной формах. Больше всего калия находится в обменной форме. Калий не содержится в органическом веществе, поэтому из торфяных почв он может легко вымываться.

Миграция калия по почвенному профилю в значительной мере зависит от водного режима торфяных почв. Глубокое осу-

шение и резкие колебания уровней грунтовых вод способствуют значительному выщелачиванию калия не только из пахотного горизонта, но и за пределы метрового слоя. Потери калия ежегодно могут достигать 25%, а иногда и 40-50%. Размеры непропорционального расхода возрастают с ростом доз калийных удобрений. Для снижения потерь калия рекомендуют проводить известкование, т.к. этот прием заметно повышает обменное поглощение калия почвой. В настоящее время основным фактором, повышающим содержание калия в торфяных почвах, является применение удобрений.

С течением времени и увеличением степени минерализации торфа соотношение: азот:фосфор:калий в торфяных почвах сужается, т.е. в почве снижается содержание азота и увеличивается содержание калия. Режим элементов питания в них существенно определяется характером использования, в частности специализацией и структурой культур в севообороте, условиями водного режима и применением удобрений.

Особенности применения удобрений на осушенных торфяных почвах. Интенсивное сельскохозяйственное использование осушенных торфяных почв требует тщательной разработки и строгого соблюдения систем удобрения. Использование торфяных почв под сельскохозяйственные культуры без применения удобрений не окупает затрат на их применение.

Рациональная система удобрения торфяных почв должна учитывать особенности водного режима этих почв, степень разложения органического вещества, особенности питания в процессе сельскохозяйственного использования и обеспечивать оптимальное питание растений, уменьшение потерь азота и органического вещества из почвы.

На основании многочисленных опытов установлена целесообразность дифференциации доз минеральных удобрений под сельскохозяйственные культуры в зависимости от уровня планируемого урожая и обеспеченности элементами питания с учетом биологических особенностей растений (таблица 12.2).

Азотные удобрения. Как было отмечено выше, к настоящему времени в результате минерализации (разрушения) органического вещества в условиях интенсивного сельскохозяйственного использования торфяных почв содержание минерального

Таблица 12.2 – Оптимальные дозы удобрений (кг/га) под основные сельскохозяйственные культуры на торфяных почвах

Культура	План. урожай, т/га	Азотные удобрения, кг/га Д.В.	Фосфорные удобрения (кг/га Д.В.)			Калийные удобрения (кг/га Д.В.)		
			Содержание Р ₂ O ₃ в почве, мг/кг			Содержание К ₂ О в почве, мг/кг		
			<200	201-400	401-600	601-800	801-1000	<200
Озимые зерновые (зерно)	3,0-4,0	20-25	80-95	65-80	35-50	20-25	90-110	65-85
	4,1-5,0	25-30	95-100	80-95	50-60	25-30	110-130	85-105
	5,1-6,0	30-40	-	x	80-90	60-70	30-40	x
Яровые зерновые (зерно)	3,0-4,0	20-25	65-85	50-60	40-55	20-25	90-110	75-95
	4,1-5,0	25-30	85-105	60-80	55-70	40-50	110-130	95-110
	5,1-6,0	30-40	-	x	70-80	50-60	30-40	x
Зернобобовые (зерно)	1,5-2,5	-	55-85	45-75	35-55	25-40	15-20	90-110
	2,6-3,5	-	85-115	75-105	55-75	40-55	20-30	110-135
	3,6-4,5	-	-	x	75-100	55-70	30-40	x
Кукуруза (зм)	15,0-20,0	20-25	65-75	45-55	40-50	30-35	20-25	75-95
	20,1-25,0	25-30	75-90	55-70	50-60	35-45	25-30	95-115
	25,1-30,0	30-35	-	x	70-85	60-70	45-55	x
Картофель (клубни)	30,1-35,0	35-40	-	x	x	70-80	55-65	35-40
	35,1-40,0	40-45	-	x	x	80-95	65-75	40-45
	40,0-45,0	-	-	-	-	-	-	-
Кормовая свекла (корн.)	20,0-30,0	20-30	55-80	35-60	25-50	20-30	15-20	70-120
	30,1-50,0	30-40	-	x	60-90	50-75	30-45	20-25
	50,1-70,0	40-50	-	x	75-100	45-65	25-35	x
70,1-90,0	50-70	x	-	x	-	65-85	35-45	x
	70,1-90,0	50-70	x	x	-	-	-	x
	70,1-90,0	50-70	x	x	-	-	-	x

Продолжение таблицы 12.2

Культура	План. урожай, т/га	Азотные удобрения, кг/га д.в.	Фосфорные удобрения (кг/га д.в.)						Калийные удобрения (кг/га д.в.)					
			Содержание Р ₂ O ₃ в почве, мг/кг			<200			Содержание K ₂ O в почве, мг/кг			<200		
			<200	201-400	401-600	601-800	801-1000	>1000	100-130	110-140	100-130	130-155	90-110	110-130
Однолетние злаково-запасные травы (з.м.)	15,0-20,0	30-35	50-65	35-45	30-40	25-30	15-20	100-130	90-110	75-100	55-70	55-70	30-35	30-35
	20,1-30,0	35-40	x	45-60	40-55	30-40	20-30	x	110-140	100-130	70-90	x	70-90	35-45
	30,1-40,0	40-45	x	x	55-70	40-50	30-35	x	x	x	130-155	90-110	45-60	45-60
	40,1-50,0	45-60	x	x	x	50-60	35-40	x	x	x	x	x	110-130	60-70
Однолетние бобово-злаково-запасные травы (з.м.)	15,0-20,0	15-20	50-65	35-45	30-40	25-30	15-20	90-120	80-100	65-90	50-65	50-65	25-30	25-30
	20,1-30,0	20-25	x	45-60	40-55	30-40	20-30	x	100-130	90-120	65-85	x	65-85	30-40
	30,1-40,0	25-30	x	x	55-70	40-50	30-35	x	x	120-150	85-105	x	85-105	40-50
	40,1-50,0	30-35	x	x	x	50-60	35-40	x	x	x	x	x	105-120	50-60
Однолетние капустные (з.м.)	15,0-20,0	25-30	50-65	35-45	30-40	25-30	15-20	90-120	80-100	65-90	50-65	50-65	25-30	25-30
	20,1-30,0	30-35	x	45-60	40-55	30-40	20-30	x	100-130	90-120	65-85	x	65-85	30-40
	30,1-40,0	35-40	x	x	55-70	40-50	30-35	x	x	120-150	85-105	x	85-105	40-50
	40,1-50,0	40-45	x	x	x	50-60	35-40	x	x	x	x	x	105-120	50-60
Многолетние злаково-запасные травы (сено)	3,0-4,0	30-40	55-70	50-65	40-50	25-35	10-15	110-130	100-120	90-110	55-75	55-75	30-40	30-40
	4,1-6,0	40-50	70-90	65-85	50-70	35-50	15-25	130-165	120-150	110-135	75-100	75-100	40-55	40-55
	6,1-8,0	50-60	x	x	70-85	50-60	25-30	x	x	135-160	100-125	100-125	55-70	55-70
	8,1-10,0	60-70	x	x	85-100	60-70	30-35	x	x	160-180	125-150	125-150	70-80	70-80
Многолетние бобово-злаково-запасные травы (сено)	3,0-4,0	20-25	55-70	50-65	40-50	25-35	10-15	110-130	100-120	90-110	55-75	55-75	30-40	30-40
	4,1-6,0	25-30	70-90	65-85	50-70	35-50	15-25	130-165	120-150	110-135	75-100	75-100	40-55	40-55
	6,1-8,0	30-35	x	x	70-85	50-60	25-30	x	x	135-160	100-125	100-125	55-70	55-70
	8,1-10,0	35-40	x	x	85-100	60-70	30-35	x	x	160-180	125-150	125-150	70-80	70-80

азота снизилось и уже не обеспечивает потребность возделываемых культур в азотном питании. Поэтому при выращивании сельскохозяйственных культур на старопахотных торфяных почвах они нуждаются в дополнительном внесении азотных удобрений, однако, в меньших дозах, чем на дерново-подзолистых почвах.

Большая часть торфяных почв, используемых в сельскохозяйственном производстве, занята под многолетние травы в системе полевых севооборотов и лугопастбищными угодьями. При благоприятном водном режиме главным условием, определяющим их продуктивность, является применение удобрений. Азотные удобрения применяются под многолетние злаковые травы в зависимости от планируемой урожайности в дозах 30-70 кг/га д.в. (таблицы 12.2 и 12.3).

Таблица 12.3 – Дозы азотных удобрений под сельскохозяйственные культуры на осушенных торфяных почвах

Культура	Доза азота, кг/га	Срок внесения
Озимые зерновые	30-60	весной в начале возобновления вегетации
Яровые зерновые	30-60	весной под предпосевную культивацию
Однолетние травы: злаковые, капустные	30-50	весной под предпосевную культивацию
бобово-злаковые	20-35	весной под предпосевную культивацию
Пропашные (картофель, кормовая свекла, кукуруза)	30-70	весной под предпосевную культивацию
Многолетние травы: злаковые	30-70	в подкормку под укосы
бобово-злаковые	20-40 или не вносятся	в подкормку под укосы

Азотные удобрения вносятся в подкормки дробно под укосы. Для проведения поверхностных подкормок наиболее эффективно использование КАС, сульфата аммония, аммиачной се-

литры. Эффективность карбамида ниже из-за высоких газообразных потерь азота, особенно при повышении температуры воздуха. Первая ранневесенняя подкормка многолетних трав КАС может проводиться без разбавления, при проведении последующих подкормок КАС необходимо разбавить водой в соотношении 1:3.

При возделывании бобово-злаковых травостоев на торфяных почвах, в составе которых присутствует клевер гибридный или клевер луговой, подкормки азотными удобрениями проводить не рекомендуется. При их доли в травосмеси менее 30% доза азота составляет 20-40 кг/га. Бобово-злаковые травосмеси подкармливают азотом со второго года пользования.

По данным научных исследований, под зерновые культуры азот вносится в дозах 30-60 кг/га. Применение азотных удобрений под яровые зерновые культуры осуществляется в один прием весной под предпосевную обработку почвы.

Внесение азотных удобрений под озимые зерновые культуры перед севом исключается, так как они в этот период требуют умеренного азотного питания. Азотные удобрения под озимые зерновые вносятся в подкормку весной в начале возобновления активной вегетации и прекращения внутриводного стока при слабом развитии растений в дозах 30-60 кг/га.

В хозяйствах с высоким удельным весом осушенных торфяных почв на этих землях возделывается картофель, корнеплоды, кукуруза, под которые рекомендуется внесение в основной прием 30-70 кг/га азота.

Следует отметить, что необходимость во внесении более высоких доз азотных удобрений под все возделываемые на торфяных почвах культуры возникает на торфянисто- и торфяно-глеевых почвах, на почвах с минерализованным торфяным слоем (дегроторфяных).

При разработке системы удобрения для сельскохозяйственных культур, возделываемых на осушенных торфяных почвах, где наблюдается сработка торфяного слоя, высокая степень минерализации с понижением содержания органического вещества до 20% и ниже, следует придерживаться принципов разработки системы удобрения для аналогичных культур, принятых на минеральных почвах.

Фосфорные удобрения. Дозы фосфорных удобрений рассчитываются на планируемый урожай с учетом содержания подвижного фосфора в почве. В основу расчета доз фосфорных удобрений положен принцип, согласно которому при содержании в почве P_2O_5 до 500 мг/кг почвы удобрения вносятся в расчете на вынос фосфора с урожаем и дополнительно на небольшое увеличение содержания в почве; при содержании 500-800 мг/кг – на уровне выноса с урожаем; при 800-1200 мг/кг – фосфор вносится в рядки; при избыточном содержании P_2O_5 – более 1200 мг/кг – удобрения не вносятся (таблица 12.4).

Таблица 12.4 – Принцип расчета доз фосфорных и калийных удобрений в зависимости от содержания P_2O_5 и K_2O в осущеной торфяной почве

Фосфорные удобрения		Калийные удобрения	
содержание P_2O_5 в почве, мг/кг	доза P_2O_5 , г/га	содержание K_2O в почве, мг/кг	доза K_2O , г/га
до 500	более 100% выноса с урожаем	до 600	более 100% выноса с урожаем
500-800	100% вынос с урожаем	600-1000	100% вынос с урожаем
800-1200	менее 100% выноса с урожаем (в рядки)	1000-1300	менее 100% выноса с урожаем
более 1200	не вносятся	более 1300	не вносятся

Фосфорные удобрения под культуры, возделываемые на торфяных почвах вносятся, как и на дерново-подзолистых почвах: в основной прием поздно осенью или рано весной под глубокую обработку почвы.

При использовании в качестве фосфорных удобрений аммофоса, аммонизированного суперфосфата их лучше вносить весной, что уменьшает потери азота из комплексных удобрений. При внесении фосфорных удобрений под многолетние травы не исключается внесение фосфора в запас на 2-3 года, в последующие годы – в поверхностную подкормку в один прием рано вес-

ной или поздней осенью. В связи с тем, что фосфор мало подвижен и при поверхностной подкормке аккумулируется в верхнем 5-ти сантиметровом слое, после 2-3 лет использование травостоев следует проводить корректировку доз фосфорных удобрений, основываясь на содержании его в почве.

Калийные удобрения. Торфяные почвы бедны калием и в первую очередь нуждаются в калийных удобрениях. По мере окультуривания торфяных почв содержание обменного калия в них увеличивается. Поэтому применение калийных удобрений должно проводиться с учетом содержания обменного калия в почве. Принцип расчета доз калийных удобрений аналогичен расчету фосфорных удобрений (таблица 12.4). Ввиду того, что калийные удобрения легко вымываются из торфяных почв (особенно с плохо отрегулированным водным режимом), вносить их необходимо весной.

Высокий уровень внесения (до 150 кг/га) калийных удобрений под многолетние травы предполагает использование их дробно под укосы. При дробном внесении калийных удобрений, снижаются потери калия от вымывания, увеличивается использование их растениями при отсутствии накопления калия в количествах, превышающих ПДК (3% в сухом веществе). Дозы калийных удобрений для первого укоса вносятся весной в начале активной вегетации многолетних трав при прекращении внутриветвленного стока влаги. Остальное количество калия применяют под второй и третий укосы. Доза под третий укос должна быть на 20% ниже, чем под предыдущие.

Микроудобрения. На торфяных почвах растения чаще всего ощущают недостаток меди. В медных удобрениях нуждается большинство культур, возделываемых на торфяных почвах: многолетние травы, озимые и яровые зерновые.

При использовании микроудобрений необходимо учитывать обеспеченность почв микроэлементами, урожайность и отношение сельскохозяйственных культур к отдельным микроэлементам. Микроудобрения необходимо вносить на торфяных почвах первой и второй групп обеспеченности микроэлементами, на почвах третьей группы обеспеченности использование микроудобрений исключается.

Микроэлементы вносятся в некорневую подкормку в рекомендуемых дозах и рекомендуемые фазы развития сельскохозяйственных культур, так же, как и на дерново-подзолистых почвах.

Применение удобрений на выработанных торфяниках. В Беларуси площадь выработанных торфяников (торфяников после торфоразработок) составляет около 300 тыс. га, значительная часть их может быть рекультивирована и использована под многолетние травы. Восстановленные торфяники позволяют получать продуктивность лугопастбищных угодий на уровне 50-60 ц к.ед./га.

Восстановление хозяйственной ценности выработанных торфяников наряду с технической рекультивацией включает и биологическое окультуривание.

Главная задача биологической рекультивации состоит в первичном окультуривании остаточного слоя торфа, создании условий для постепенного включения почв в состав продуктивных сельскохозяйственных угодий. Продолжительность биологической рекультивации торфяников давней выработки с хорошо разложившимся торфом составляет 2-3 года.

При освоении выработанных торфяников с малой мощностью остаточного слоя торфа (20-30 см) осуществляется система специальных мероприятий, способствующих созданию более мощного пахотного горизонта. С этой целью проводится рыхление подстилающих слоев с постепенным их припахиванием и обязательным внесением известковых удобрений.

Общей особенностью обработки всех выработанных торфяников является их интенсивное рыхление, что связано с наличием плотного контактного горизонта и содержанием большого количества закисных соединений железа, марганца, алюминия, перевод которых в окисные возможен лишь при улучшении аэрации почвы.

Для ускорения окультуривания остаточного слоя торфа необходимо высевать предварительные культуры (бобово-овсяные смеси, люпин, овес, картофель, кормовые корнеплоды, кукурузу на силос). Бобово-овсяные смеси характеризуются интенсивным нарастанием зеленой массы, относительно невысокой требовательностью к обеспеченности элементами минерального пита-

ния и степени окультуривания почвы, а также, что очень важно, накоплением биологического азота в почве. Из яровых зерновых культур при окультуривании выработанных торфяников можно использовать овес, т.к. эта культура характеризуется невысокой требовательностью к плодородию почвы и устойчивостью к неблагоприятному водно-воздушному режиму.

Хорошими культурами при освоении торфяников являются также пропашные культуры: картофель, кормовые корнеплоды, кукуруза на зеленую массу. Частые междурядные обработки и внесение высоких доз органических и минеральных удобрений под них способствуют более активному окультуриванию выработанных торфяников и дают прочную основу для получения высоких и устойчивых урожаев последующих культур – многолетних трав.

Система удобрений предварительных культур должна обеспечивать одновременно получение высоких урожаев этих культур и способствовать окультуриванию остаточного слоя торфа. Органические удобрения вносятся с целью восстановления биологической активности выработанных торфяников. Рекомендуемые дозы органических и минеральных удобрений под предварительные культуры представлены в таблице 12.5.

Таблица 12.5 – Рекомендуемые дозы органических и минеральных удобрений под сельскохозяйственные культуры, возделываемые на выработанных торфяниках

Культура	Навоз, т/га		Минеральные, кг д.в./га		
	подстилочный	жидкий	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Картофель	50-70	80-120	80-90	120-140	220-240
Кукуруза (з/м)	50-70	100-140	90-120	120-140	220-240
Кормовые корнеплоды	70-80	120-140	90-120	120-140	220-240
Овес	20-40	40-60	70-80	100-110	120-140
Бобово-овсяные смеси	20-40	45-65	50-60	90-100	120-140
Люпин	20-40	45-65	30-40	90-110	120-140
Многолетние травы	30-40	40-80	-	-	-

После прохождения стадии возделывания предварительных культур проводят залужение выработанных торфяников. На участках с благоприятным водным режимом для многолетних трав сенокосного использования рекомендуются дозы минеральных удобрений, которые содержатся в таблице 12.6. Приемы, сроки, способы внесения минеральных удобрений аналогичны применяемым под многолетние травы, возделываемые на пахотных торфяных почвах.

Таблица 12.6 – Средние дозы минеральных удобрений под планируемую урожайность культурных лугов и пастбищ на выработанных торфяниках, кг/га д.в.

Планируемый урожай, ц/га сена	Азотные удобрения		Фосфорные удобрения		Калийные удобрения	
			обеспеченность почв P_2O_5		обеспеченность почв K_2O	
	злаковые травы	бобово-злаковые	низкая	средняя	низкая	средняя
До 40	40-60	20-30	70-80	45-60	90-100	70-80
41-50	50-70	20-30	80-90	60-70	100-120	80-90
51-60	60-80	30-40	90-100	70-80	120-140	90-100
61-70	80-100	40-50	100-110	80-90	140-160	100-120
Более 70	100-120	50-60	110-120	90-100	160-180	120-140

Другим перспективным путём рекультивации выработанных торфяников, по мнению Н.Н. Бамбалова (1990), является использование их для получения торфа в результате возобновления на них болотного процесса. В условиях умеренного климата болотные фитоценозы дают в год до 10-14 т/га прироста биомассы.

В странах Западной Европы работы по повторному заболачиванию проводятся с 60-х годов прошлого века. Суть этого процесса состоит в том, что выработанные торфяники заполняются водой, водоемы в начале используются как рыбохозяйственные пруды, которые без надлежащего ухода постепенно заболачиваются. В последние годы в отдельных хозяйствах республики практикуется такое использование выработанных торфяников.

13. ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ НА ЗАГРЯЗНЕННЫХ РАДИОНУКЛИДАМИ ПОЧВАХ

Радиационному загрязнению с плотностью выше $37 \text{ кБк}/\text{м}^2$ ($1 \text{ Кн}/\text{км}^2$) после аварии на Чернобыльской АЭС подверглось более 1,8 млн. га сельскохозяйственных земель Беларуси. Определяющими радиационную обстановку в республике являются радиоактивные изотопы цезий-137 с периодом полураспада 30 лет и стронций-90 с периодом полураспада 29,12 лет.

В нашей республике для измерения плотности радиоактивного загрязнения почв и сельскохозяйственной продукции используется 2 единицы измерения: Кюри (Кн) и Беккерель (Бк), $1 \text{ Кн} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк}$.

В связи с превышением предельных дозовых нагрузок на население и трудностью получения сельскохозяйственной продукции с допустимым уровнем загрязнения радионуклидами выведены из оборота преимущественно земли с плотностью загрязнения цезием-137 выше $40 \text{ Кн}/\text{км}^2$, стронцием-90 – выше $3 \text{ Кн}/\text{км}^2$ (табл. 13.1).

Таблица 13.1 – Уровни загрязнения почв радионуклидами

Уровни загрязнения почв радионуклидами	Содержание радионуклидов, $\text{Кн}/\text{км}^2$	
	цезия (Cs-137)	стронция (Sr-90)
Чистые	менее 1	менее 0,15
1	1-5	0,15-0,3
2	5-15	0,3-1,0
3	15-40	1,0-3,0
Выведены из сельскохозяйственного производства	более 40	более 3,0

В настоящее время сельское хозяйство ведется на 1,019 млн. га земель (2009 г.), загрязненных радионуклидами цезия-137 с плотностью от 1 до $40 \text{ Кн}/\text{км}^2$, в том числе 594 тыс.га – пахотные земли и 425 тыс. га – луговые земли.

Основные массивы загрязненных цезием-137 сельскохозяйственных земель сосредоточены в Гомельской (47%) и Могилевской (23,8%) областях. В Брестской, Минской и Гродненской

областях их доля от общей площади используемых земель составляет соответственно 6,5, 3,6 и 2,6%.

Кроме того, на площади 340 тыс.га почвы одновременно загрязнены радионуклидами стронция-90 с плотностью более 0,15 Кн/км².

Поведение радионуклидов в почвах. За послеаварийный период радиационная обстановка на сельскохозяйственных землях значительно улучшилась. Концентрация долгоживущих радионуклидов ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr в почве уменьшилась почти на одну треть только по причине естественного распада. Наблюдается постепенное уменьшение загрязненных земель.

В настоящее время преобладающая часть радионуклидов, выпавших на почву, находится в верхних ее слоях. Миграция цезия-137 и стронция-90 вглубь происходит очень медленно. Средняя скорость такой миграции составляет 0,3-0,5 см/год, поэтому угрозы водоносным горизонтам практически нет. При этом скорость миграции стронция-90 несколько выше, чем цезия-137. Темпы миграции увеличиваются с возрастанием степени увлажнения почв.

Как свидетельствуют данные пунктов наблюдений в Гомельской и Могилевской областях, за прошедшие 25 лет содержание радионуклидов в почве снизилось соответственно в 10,3-13,0 и 5,4-5,8 раз. На необрабатываемых землях основное количество ¹³⁷Cs (70-85% от валового содержания), а также ⁹⁰Sr (58-61%), сконцентрированного в верхней части (0-5 см) корнеобитаемого слоя. С усилением гидроморфности почв интенсивность вертикальной миграции радионуклидов повышается. Для дерново-подзолистой глееватой супесчаной почвы период полувыведения радионуклидов из слоя 0,5 см сокращается: ¹³⁷Cs до 13,8 лет, а ⁹⁰Sr до 10,5 лет.

В пахотной дерново-подзолистой супесчаной почве около 90% валового запаса ¹³⁷Cs и 75% ⁹⁰Sr находится в пахотном горизонте 0-25 см. Таким образом, спустя 25 лет после аварии на Чернобыльской АЭС основная доля радионуклидов расположена в корнеобитаемом слое и интенсивно включается в биологический круговорот.

Уменьшение содержания стронция-90 и цезия-137 в корнеобитаемом слое почвы происходит как за счет их вертикальной

миграции, так и естественного распада. Горизонтальная миграция происходит с ветром, со стоками поверхностных вод, паводковыми и дождовыми потоками, при пожарах. Определенную роль в горизонтальном перемещении нуклидов играет хозяйственная деятельность человека. Все эти факторы приводят к постепенному очищению одних участков почвы и загрязнению других.

Миграция вследствие водной эрозии для некоторых элементов рельефа приводит к изменению содержания радионуклидов в пахотном горизонте почв. Особенно это сказывается на посевах в средней и нижней частях склонов. В зернотравяных севооборотах плотность загрязнения почв в зоне смыва увеличивается на 20-25%, под пропашными культурами – до 75%.

В качестве защитной меры рекомендовано использование системы почвозащитных севооборотов и специальной обработки почв с периодическим глубоким (до 40 см) безотвальным рыхлением плужной подошвы. Это позволяет уменьшить вторичное загрязнение земель радионуклидами.

Поступление радионуклидов в растения. На поступление радионуклидов в растения существенное влияние оказывает не только валовое содержание, но и формы их соединений в почве. Различают четыре такие формы: воднорастворимая, обменная (вытяжка ацетата аммония), подвижная (вытяжка HCl), неподвижная (связанная или фиксированная в кристаллической решетке глинистых минералов). Если радионуклиды находятся в одной из первых трех указанных форм, то возможен их переход в растение.

Относительное количество радионуклидов в доступных для растений формах изменяется в течение времени, оно определяется типом почвы и различно для радионуклидов цезия и стронция.

В настоящее время в почвах основная доля цезия-137 находится в связной форме, в том числе внедренной в кристаллическую решетку глинистых минералов. Доля доступных для растений форм цезия-137 не превышает 5% в дерново-подзолистых суглинистых почвах и 10-20% – в супесчаных и торфяных почвах.

Напротив, доля доступных растениям форм стронция-90 (преимущественно обменной формы) возрастала и теперь достигает 50-70% от общего количества его в почве. В связи с этим стронция поступает в растения больше, примерно в 10 раз, чем цезия.

На основании обобщения результатов научных исследований разработаны коэффициенты перехода радионуклидов из почвы в растения (содержание стронция-90, цезия-137 в растениях при плотности загрязнения 1 Кн/км²), которые используются для прогнозирования загрязнения сельскохозяйственной продукции. Эти коэффициенты зависят не только от плотности загрязнения, но и от типа почв, степени их увлажнения, гранулометрического состава и агрохимических свойств (рН, содержания гумуса, Р₂О₅ и К₂О) и биологических особенностей возделываемых культур и нуждаются в периодическом уточнении.

Широкомасштабные агрохимические исследования, проведенные сотрудниками РУП «Институт почвоведения и агрохимии» в первые годы радиационного загрязнения, позволили установить размеры снижения поступления радионуклидов в растения в зависимости от агрохимических показателей (табл. 13.2).

Так, поступление радионуклидов в растения из почвы с увеличением содержания гумуса от 1,0-1,5 до 2,1-3,0% снижается в 1,5-2 раза. На кислых почвах радионуклиды поступают в растения в значительно больших количествах, чем на слабокислых, нейтральных или слабощелочных. Содержание радионуклидов в растениях может меняться в 2 раза в зависимости от уровня кислотности. При этом чем выше обеспеченность почв подвижным калием, тем меньше в растениях накапливается цезия и стронция.

Минимальный переход цезия и стронция в растения наблюдается при достижении оптимальных параметров агрохимических свойств почв.

Поступление радионуклидов в растения существенно зависит от гранулометрического состава почв. На песчаных почвах переход радионуклидов в растения примерно вдвое выше, чем на суглинках.

Таблица 13.2 – Влияние плодородия дерново-подзолистых супесчаных почв на поступление радионуклидов в многолетние злаковые травы, Ки/кг сухой массы (данные Института почвоведения и агрохимии)

Агрохимические показатели	Цезий-137	Стронций-90
Содержание гумуса, %:		
1,0 - 1,5	5,9	15,9
1,6 - 2,0	5,6	15,7
2,1 - 3,0	4,7	12,2
3,1 - 3,5	3,4	8,2
Кислотность (pH в KCL) и содержание CaO (мг/кг почвы)		
pH 4,6 - 5,0; CaO - 550	5,7	12,4
pH 5,1 - 5,5; CaO - 740	5,3	12,0
pH 5,6 - 6,0; CaO - 1044	5,3	8,0
pH 6,1 - 6,5; CaO - 1680	3,7	7,4
pH 6,6 - 7,0; CaO - 2008	2,9	7,1
pH 7,1 - 7,8; CaO - 1984	3,0	7,0
Содержание K ₂ O, мг/кг почвы:		
50 - 80	5,1	16,2
81 - 140	3,9	14,8
141 - 200	2,9	9,2
201 - 300	1,7	8,4
301 - 350	1,7	7,1

На переувлажненных песчаных почвах высокая степень загрязнения кормов наблюдается даже при относительно низкой плотности загрязнения почв радионуклидами. Особенно высокими коэффициентами перехода в растения радионуклидов характеризуются торфяные почвы. Это значительно осложняет получение растениеводческой продукции с содержанием радионуклидов в пределах допустимых уровней.

Накопление радионуклидов в урожае в значительной степени зависит от видовых и сортовых особенностей растений. Накопление цезия по видам растений в расчете на сухое вещество может различаться до 180 раз, а накопление стронция – до 30 раз при одинаковой плотности загрязнения почв. Сортовые различия в накоплении радионуклидов значительны, хотя и заметно меньше – 1,5-3 раза.

Мероприятия по снижению поступления радионуклидов в сельскохозяйственную продукцию. Получение продукции с содержанием радионуклидов в пределах допустимых уровней – главная задача ведения сельскохозяйственного производства на загрязненных почвах. Накопление радионуклидов в продукции можно снизить, используя комплекс защитных мероприятий.

К агротехническим приемам, уменьшающим поступление радионуклидов в сельскохозяйственной продукции относятся:

- увеличение доли площадей под культуры с низким уровнем накопления радионуклидов;
- коренное и поверхностное улучшение сенокосов и пастбищ;
- противоэрозионные мероприятия, предусматривающие вторичное загрязнение радионуклидами;
- применение средств защиты растений.

Агрехимические мероприятия включают:

- известкование кислых почв;
- применение органических удобрений;
- внесение повышенных доз фосфорных и калийных удобрений;
- оптимизация азотного питания растений;
- применение микроудобрений.

Рассмотрим основные мероприятия, ограничивающие поступление радионуклидов в растения из вышеперечисленных.

Подбор культур и сортов с минимальным накоплением радионуклидов является наиболее доступным средством снижения поступления их из почвы в растениеводческую продукцию. Анализ накопления радионуклидов на единицу сухого вещества позволяет ранжировать культуры в порядке убывания содержания стронция-90 и цезия-137 в растениеводческой продукции (таблица 13.3).

Убывающие ряды по накоплению ^{90}Sr несколько отличаются от таковых по ^{137}Cs . Общим для всех является то, что пшеница озимая, рожь озимая, картофель и кормовая свекла характеризуются минимальным накоплением как ^{137}Cs , так и ^{90}Sr . Учитывая это, на почвах загрязненных цезием-137 с плотностью 15-40 Ки/км² без ограничения возможно возделывание на продовольственные цели зерно злаков и картофель.

Таблица 13.3 – Убывающий ряд культур (сверху вниз) по накоплению радионуклидов в растениеводческой продукции

<i>Вид продукции</i>		
<i>Зерно</i>	<i>Солома</i>	<i>Зеленая масса</i>
Цезий-137		
люпин	овес	многолетние злаковые травы
горох	ячмень	люпин
вика	пшеница	рапс
рапс	озимая рожь	многолетние бобово-злаковые травы
овес		клевер
просо		горох
ячмень		горох-овсяная смесь
пшеница		вико-овсяная смесь
оз. рожь		кукуруза
		кормовая свекла, картофель
Стронций-90		
яровой рапс	ячмень	клевер
люпин	пшеница	люпин
горох	овес	горох
вика	озимая рожь	многолетние злаковые травы
ячмень		многолетние бобово-злаковые травы
яр. пшеница		вика
овес		рапс
оз. пшеница		горох-овсяная смесь
оз. рожь		вико-овсяная смесь
		кукуруза
		кормовая свекла
		картофель

Различие в накоплении радионуклидов по сортам сельскохозяйственных культур значительно меньше, но их необходимо учитывать при размещении культур на загрязненных землях. Особенно необходим подбор сортов для овощных культур, отличающихся высоким накоплением цезия (свекла столовая, редис, лук многолетний, фасоль, горох, бобы).

Установленные закономерности являются теоретической основой для размещения культур по полям, формирования структуры посевных площадей и специализации растениеводства. Они были положены в основу защитных мероприятий начи-

ная с первого года после аварии (изменение структуры посевных площадей и т.д.).

Известкование кислых почв. Внесение извести является эффективным способом снижения поступления стронция-90 и цезия-137 из почвы в растения. Механизм этого действия основывается на антагонизме между кальцием, магнием известковых удобрений и стронцием, в меньшей степени цезием.

Минимальное накопление радионуклидов в продукции растениеводства чаще всего наблюдается при оптимальной кислотности почв (pH_{KCl}), установленных по наибольшему урожаю или при повышении на 0,2-0,3 единицы pH в сторону щелочного диапазона.

Дозы извести дифференцируются по типам почв, гранулометрическому составу, степени кислотности и плотности загрязнения цезием-137 и стронцием-90 (табл. 13.4).

Таблица 13.4 – Дозы известковых удобрений на загрязненных радионуклидами землях

Почвы	pH в KCl	Доза $CaCO_3$ на незагрязненных землях, т/га	Доза $CaCO_3$ (т/га) при плотности загрязнения, (Ku/km^2)	
			^{137}Cs 1-5 ^{90}Sr 0,15-0,30	^{137}Cs > 5 ^{90}Sr > 0,3
1	2	3	4	5
Пахотные земли				
Дерново-подзолистые: суглинистые	< 4,5	8,5	8,5	15,0
	4,6-5,0	7,5	7,5	13,0
	5,1-5,5	6,5	6,5	11,0
	5,6-6,0	4,5	4,5	7,0
супесчаные	< 4,5	6,5	6,5	11,5
	4,6-5,0	5,5	5,5	9,5
	5,1-5,5	4,5	4,5	7,0
	5,6-6,0	-	3,0	4,0
песчаные	< 4,5	5,5	5,5	8,5
	4,6-5,0	4,5	4,5	6,5
	5,1-5,5	3,5	3,5	4,5
Торфяно-болотные	< 4,0	12,0	19,0	19,0
	4,1-4,5	7,0	11,0	11,0
	4,6-5,0	4,0	6,0	6,0

Продолжение таблицы 13.4

1	2	3	4	5
Улучшенные луговые земли				
Дерново-подзолистые: суглинистые	< 4,5	9,0	9,0	15,5
	4,6-5,0	8,0	8,0	13,5
	5,1-5,5	6,5	6,5	11,5
	5,6-6,0	4,5	4,5	7,5
супесчаные	< 4,5	7,0	7,0	11,5
	4,6-5,0	6,0	6,0	10,0
	5,1-5,5	4,5	4,5	7,5
	5,6-6,0	-	3,5	5,0
песчаные	< 4,5	6,0	6,0	9,0
	4,6-5,0	5,0	5,0	7,0
	5,1-5,5	4,0	4,0	5,0
Торфяно-болотные	< 4,0	12,0	19,0	19,0
	4,1-4,5	7,0	11,0	11,0
	4,6-5,0	4,0	6,5	6,5

Из таблицы видно, что чем почва тяжелее, кислее и более загрязнена радионуклидами, тем больше необходимо вносить извести.

В последние годы известкование ведется по потребности для достижения и поддержания оптимального диапазона реакции почвы. В случае, когда разовая доза превышает 8 т/га, известь вносится в 2 приема: 0,5 дозы под вспашку и 0,5 дозы под культивацию.

Применение удобрений. Система применения удобрений на загрязненных радионуклидами почвах решает задачу получения максимального количества высококачественной сельскохозяйственной продукции в пределах РДУ (Республиканские допустимые уровни) содержания радионуклидов цезия-137, стронция-90 в пищевых продуктах утвержденных Минздравом Беларуси.

Сбалансированное внесение питательных веществ увеличивает урожай сельскохозяйственных культур, что сопровождается «биологическим» разбавлением концентрации радионуклидов в продукции растениеводства.

Органические удобрения. Систематическое применение органических удобрений приводит к существенному улучшению агрохимических свойств почв, повышению содержания гумуса и уменьшению перехода радионуклидов в сельскохозяйственную продукцию. Это связано с включением радионуклидов в органо-минеральные комплексы в почве.

Таким образом, повышение содержания органического вещества в почве за счет внесения органических удобрений и расширение площадей под многолетними травами и бобовыми культурами является важным агротехническим приемом не только для повышения и поддержания плодородия почв и увеличения урожаев сельскохозяйственных культур, но и для производства продукции с меньшей концентрацией радионуклидов.

Необходимо использовать все имеющиеся источники обогащения почв органическим веществом – навоз, компосты, солому, зеленые удобрения, нейтрализованный лигнин Бобруйского и Речицкого гидролизных заводов, известковых и органических сапропелей. Однако сдерживающим фактором интенсивного применения сапропелей является высокая стоимость добычи и транспортировки сапропелей. Под сельскохозяйственные культуры рекомендуются те же дозы органических удобрений, что и на незагрязненных радионуклидами землях.

Важно также отметить, что внесение подстилочного навоза, произведенного на загрязненных радионуклидами территориях, не приводит к заметному увеличению накопления радионуклидов в почве.

Азотные удобрения. Существенная роль в снижении накопления радионуклидов в продукции растениеводства отводится азотному питанию растений. Недостаток доступного азота в почве приводит к снижению урожая, а избыток его усиливает накопление радионуклидов в растениях.

Экспериментальные данные свидетельствуют о том, что избыточное азотное питание растений повышает в 1,2-1,3 раза поступление радионуклидов в растения по сравнению с оптимальной дозой азота.

Расчет доз азотных удобрений при возделывании культур на радиоактивно загрязненных почвах должен быть основан на по-

требности в азоте для формирования планируемого урожая с учетом действия и последействия органических удобрений.

Важным звеном оптимизации азотного питания растений является применение новых медленнодействующих азотных удобрений (карбамида и сульфата аммония с добавками гуматов и других биологически активных компонентов). Они выпускаются ОАО «Гродно-Азот». Применение этих удобрений позволяет повысить на 20-40% их окупаемость прибавкой урожая при одновременном уменьшении на 15-30% содержания радионуклидов в растениеводческой продукции.

Карбамид медленнодействующий в первую очередь необходимо применять на рыхлосупесчаных и песчаных почвах под все полевые и овощные культуры в рекомендуемых дозах.

Фосфорные удобрения. Научными исследованиями установлено снижение поступления радионуклидов из почвы в растительную продукцию при внесении фосфорных удобрений. Фосфорные удобрения способствуют повышению закрепления ^{90}Sr в почве за счет осаждения его фосфатами: $^{90}\text{Sr}^{2+} + 2\text{PO}_4^{3-} \rightarrow \text{Sr}_3(\text{PO}_4)_2 \downarrow$.

Для этого разработаны среднегодовые основные и дополнительные дозы фосфорных удобрений, которые дифференцируются по типам почв (табл. 13.5).

Таблица 13.5 – Дозы фосфорных удобрений на загрязненных радионуклидами землях

Почвы	Содержание P_2O_5 , мг/кг почвы	Основные дозы P_2O_5 , кг/га	Дополнительные дозы P_2O_5 (кг/га) при плотности загрязнения, $\text{Ku}/\text{км}^2$		
			Cs 1,0-4,9 Sr 0,15-0,29	Cs > 5,0-14,9 Sr >0,30-0,99	Cs 15,0-40,0 Sr 1,00-3,00
1	2	3	4	5	6
Пахотные земли					
Дерново-подзолистые, дерновые	менее 60	45	15	30	45
	61-100	40	10	20	30
	101-150	35	5	10	15
	151-250	20	-	5	10
	251-400	10	-	-	-

Продолжение таблицы 13.5

1	2	3	4	5	6
Торфяно-болотные	менее 200	60	20	40	60
	201-300	45	15	30	45
	301-500	30	10	20	30
	501-800	20	-	5	10
	800-1200	10		-	
Улучшенные луговые земли					
Дерново-подзолистые, дерновые	менее 60	35	15	30	45
	61-100	30	10	20	30
	101-150	25	5	10	15
	151-250	10	-	5	10
	251-400	-	-	-	10
Торфяно-болотные	менее 200	55	15	30	45
	201-300	40	10	20	30
	301-500	35	5	10	15
	501-800	20	-	5	10
	800-1200	-	-	-	-

Однако, учитывая высокую стоимость фосфорных удобрений, на загрязненных землях рекомендуется обеспечивать внесение минимального количества фосфора, необходимого для сбалансированного питания сельскохозяйственных культур, а также достижения и поддержания нижней границы оптимального содержания подвижных фосфатов в почве.

Калийные удобрения. Калийные удобрения оказывают максимальное влияние на снижение поступления ^{137}Cs в растения в диапазоне от 50 до 250 мг/кг K_2O . Внесение высоких доз калийных удобрений 160-240 кг д.в./га снижает в 1,5-2,7 раза содержание ^{137}Cs и в 1,3 раза – содержание ^{90}Sr в продукции.

Внесение калийных удобрений при сбалансированном азотно-фосфорном питании приводит к существенному снижению поступления из почвы в растения ^{137}Cs и ^{90}Sr . Механизм этого явления основан на антагонизме между калием и данными радионуклидами. Минимум доступности ^{137}Cs и ^{90}Sr для сельскохозяйственных культур находится в диапазоне содержания K_2O 300-430 мг/кг дерново-подзолистой супесчаной почвы. Однако

экономически и экологически целесообразно поддержание уровня содержания подвижных форм калия, необходимого для получения наибольшей продуктивности сельскохозяйственных культур, в диапазоне 170-250 мг/кг.

Ориентировочные среднегодовые основные и дополнительные дозы калийных удобрений с учетом содержания K_2O в почве и плотности загрязнения почв радионуклидами приведены в таблице 13.6.

Таблица 13.6 – Среднегодовые дозы калийных удобрений в се-вооборотах на загрязненных радионуклидами землях

Почвы	Содержание K_2O , мг/кг почвы	Основные дозы K_2O , кг/га	Дополнительные дозы K_2O (кг/га) при плотности загрязнения, Ku/km^2		
			Cs 1,0-4,9 Sr 0,15-0,29	Cs > 5,0-14,9 Sr >0,30-1,99	Cs 15,0-40,0 Sr 2,00-3,00
Пахотные земли					
Дерново-подзолистые, дерновые	менее 80	100	50	100	150
	81-140	90	30	60	90
	141-200	80	20	40	60
	201-300	55	15	30	45
	более 300	25	-	-	-
Торфяно-болотные	менее 200	140	40	80	120
	201-400	120	30	60	90
	401-600	100	20	40	60
	601-1000	60	10	20	30
	более 1000	30	-	-	-
Улучшенные луговые земли					
Дерново-подзолистые, дерновые	менее 80	80	40	80	120
	81-140	70	30	60	90
	141-200	60	20	40	60
	201-300	45	15	30	45
	более 300	20	-	-	-
Торфяно-болотные	менее 200	100	40	80	120
	201-400	90	30	60	90
	401-600	80	20	40	60
	601-1000	60	10	20	30
	более 1000	30	-	-	-

По мере повышения загрязнения почв радионуклидами потребность в дополнительных дозах калия увеличивается. При этом они выше при минимальном содержании K_2O в почве.

Микроудобрения. Микроэлементы выполняют важнейшие функции в жизни растений и являются необходимым звеном системы удобрения сельскохозяйственных культур. Наряду с увеличением урожайности сельскохозяйственных культур и улучшением качества растениеводческой продукции, они вносят определенный вклад в снижение поступления радионуклидов в растения. Большинство микроэлементов представлены двухвалентными катионами (Zn^{2+} , Cu^{2+} , Mn^{2+}), которые являются антагонистами ^{90}Sr и ^{137}Cs , что и обуславливает уменьшение накопления стронция и цезия в продукции при внесении микроудобрений.

Например, некорневая подкормка тимофеевки луговой марганцем в дозе 50 г/га обеспечивает снижение накопления стронция и цезия в продукции на 30-40%.

Система применения микроудобрений под сельскохозяйственные культуры на загрязненных радионуклидами почвах также, что и на незагрязненных. Применение микроудобрений базируется на избирательной отзывчивости сельскохозяйственных культур на отдельные микроэлементы с учетом их содержания в почве.

Микроудобрения вносятся на первой и второй группах обеспеченности микроэлементами. Экономически целесообразным и экологически безопасным приемом является применение микроудобрений в виде некорневых подкормок в фазе самой высокой потребности и максимального усвоения микроэлемента растением.

14. УДОБРЕНИЕ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР В ОТКРЫТОМ ГРУНТЕ

Особенности питания овощных культур. К овощным культурам относят: капусту, морковь, свеклу столовую, огурец, томат, редис, укроп, шпинат, салат, лук, чеснок, бобы, горох овощной и др. Овощные культуры по сравнению с полевыми являются более требовательными к внешним условиям (темпер-

ратуре, влаге, питанию) и дают хорошие урожаи лишь на окультуренных дерново-подзолистых, пойменных и торфяных почвах.

При возделывании овощей важно учитывать гранулометрический состав почвы. На легких почвах (песчаных и супесчаных) можно выращивать редис, морковь, столовую свеклу, томаты, лук, но при обязательном орошении. На легких и средних суглинках выращивают все культуры. На тяжелосуглинистых почвах лучше выращивать капусту, ревень, сельдерей. Карбонатные и слабо засоленные почвы можно использовать для возделывания столовой свеклы, гороха, фасоли, томатов.

Уровень грунтовых вод весной должен быть не выше 60 см, а в период вегетации – не выше 70-80 см. На торфяно-болотных почвах залегание грунтовых вод должно быть не ближе 120-130 см.

Корневая система у овощных культур располагается в пахотном горизонте и имеет слабое развитие. Поэтому овощные культуры следует выращивать на плодородных, хорошо аэрируемых почвах с содержанием гумуса 2,5-4,0% гумуса, подвижного фосфора – не менее 150-200 мг/кг, подвижного калия – не менее 140-200 мг/кг почвы.

При выращивании овощей используется своя градация почв по обеспеченности подвижными формами фосфора и калия (табл. 14.1). На почвах с низким и средним содержанием элементов питания выращивание овощей нецелесообразно.

Таблица 14.1 – Градация почв по содержанию подвижных форм фосфора и калия для овощных культур, мг/кг

Обеспеченность почвы элементами питания	Дерново-подзолистые почвы		Торфяно-болотные почвы	
	P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O
Низкая	80-150	80-120	до 200	до 250
Средняя	160-200	130-170	200-400	260-350
Повышенная	210-300	180-250	410-600	360-500
Высокая	>300	>250	>600	>500

Особое значение при возделывании овощных культур имеет содержание в почве гумуса. Количество гумуса в почвах при возделывании овощей должно составлять 2,5-4,0%. При сниже-

нии его до 1,5-2,0% потери урожая составляют 12-27%, а при содержании гумуса менее 1,5% возделывание овощей становится нерентабельным.

Чтобы улучшить плодородие почв с низким содержанием гумуса, необходимо систематически вносить органические удобрения: навоз, торфо-навозный компост – по 60-80 т/га в начале оккультуривания и по 20-40 т/га при достижении хорошего уровня плодородия почвы. Вносить органические удобрения необходимо под вспашку. Глубина вспашки должна быть не менее 25-30 см. Выращивать овощи следует на грядах и гребнях.

Важную роль при выращивании овощей играет кислотность почвы. Большинство овощных культур предпочитает слабокислую или нейтральную реакцию среды – pH 6,0-7,0 (табл. 14.2). На кислых почвах могут расти щавель, томат, редька, репа. Плохо переносят кислотность капуста, свекла, огурец, бобы, сельдерей, лук. На нейтральных почвах растут салат, фасоль, шпинат и чеснок. При снижении кислотности ниже 5,0 (на торфяно-болотных почвах ниже 4,8) возделывание овощей без известкования нецелесообразно.

Таблица 14.2 – Биологические особенности овощных культур

Культура	Длина вегетационного периода, дни	Вынос кг/т			Отношение к рН _{КС}	Отношение к концентрации почвенного раствора
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O		
Капуста белокочанная	130-150	4,0	1,0	4,3	6,5-7,0	вынослива
Морковь столовая	130-150	3,4	1,1	4,5	6,0-6,5	чувствительна
Свекла столовая	130-150	5,0	1,6	7,4	6,5-7,5	наиболее вынослива
Томат	90-110	1,6	0,5	2,8	5,5-6,5	вынослив
Огурец	40-75	1,3	0,5	2,3	6,5-7,0	чувствителен
Лук репчатый	45-60	3,0	1,2	4,0	6,0-7,0	чувствителен

Почвы с повышенной кислотностью необходимо известковать. Хорошо отзываются на непосредственное внесение извести

капуста белокочанная, столовая свекла. По последействию извести лучше удаются лук, морковь, огурец, салат.

При оценке пригодности почв для выращивания овощных культур необходимо учитывать содержание подвижного алюминия. Оно не должно превышать 30-40 мг/кг почвы, а для отдельных культур (лук, салат, шпинат, чеснок) – 10 мг.

Большинство овощных культур чувствительны к высокой концентрации почвенного раствора. Самые чувствительные к концентрации солей – лук, чеснок, морковь и огурец. Более выносливые – свекла, капуста, томаты.

Реакция растений на концентрацию почвенного раствора во многом зависит от свойств почвы, в первую очередь от буферности и влагоемкости, а также от содержания органического вещества, обуславливающего ее поглотительную способность. Так, высокая концентрация солей в торфяной почве не угнетает овощные культуры, а те же дозы на супесчаной почве приостанавливают их рост.

Овощные культуры выносят из почвы большое количество элементов питания. Максимальным потреблением элементов питания отличается столовая свекла. При этом разные овощные культуры обладают неодинаковой способностью усвоения питательных элементов из почвы, что обусловлено их биологией: строением корневой системы, длиной вегетационного периода и другими факторами. Капуста отличается быстрыми темпами поглощения питательных элементов, лук, морковь, столовая свекла – медленными, томаты занимают промежуточное положение.

Коэффициенты использования элементов питания овощными культурами из запасов почвы и удобрений выше, чем других культур (из запасов почвы фосфора используется 5-10%, калия – 30-60%; из минеральных удобрений коэффициент использования азота составляет 50-70%, фосфора – 15-30% и калия – 60-80%).

Высокий урожай овощей можно обеспечить при использовании районированных и перспективных сортов и гибридов.

Общие положения по применению удобрений под овощные культуры. Все количество органических удобрений и большую часть фосфорно-калийных удобрений вносят под осеннюю вспашку почвы, а азотные – весной под предпосевную

(предпосадочную) обработку почвы. Для мелкосеменных и ранних культур возможно рядковое внесение удобрений при посеве.

На припосевное внесение удобрений отзываются редис, шпинат, салат, укроп, морковь и столовая свекла на пучковую продукцию. Под морковь и репчатый лук вносят только фосфор P_{10} , а под огурцы, столовую свеклу, томаты, белокочанную капусту – полное минеральное удобрение $N_{10}P_{10}K_{10}$. При рядковом внесении во избежание отрицательного действия повышенной концентрации почвенного раствора на растения удобрения должны располагаться в 2-3 см от семян. При механизированной посадке рассады удобрения вносят с водой (концентрация раствора до 0,2%).

Если удобрения не были внесены в основную заправку, растения подкармливают азотными удобрениями, а при необходимости и полным составом удобрений при междурядной обработке почвы универсальным культуваторм КОУ-4,6 (табл. 14.3).

Таблица 14.3 – Дозы внесения удобрений в рядки и для подкормки основных овощных культур, кг/га

Культура	В рядки при посеве			Первая подкормка			Вторая подкормка		
	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
Капуста белокочанная: ранняя	15	20	10	20	-	30	-	-	-
	15	15	15	30	20	30	40	-	60
Морковь	-	10	-	15	10	20	-	-	-
Столовая свекла	10	10	10	20	15	30	20	-	60
Огурец	10	10	10	20	20	20	15	-	40
Томат	10	10	10	10	15	10	10	20	15
Лук репчатый	-	10	-	20	15	20	10	-	20

Первую подкормку проводят через 30-35 дней после посева (при появлении третьего настоящего листочка) или через 10-15 дней после высадки рассады, вторую – в период интенсивного роста растений.

Удобрения вносят культуваторм-растениепитателем: при первой подкормке на расстоянии 6-8 см от растений на глубину

5-8 см, при второй – в середину междурядий на глубину 10-12 см.

Формы минеральных удобрений под овощные культуры подбираются с учетом биологических особенностей культур.

ООО «РосБелХим» разработаны жидкие комплексные удобрения (ЖКУ) марки «Витококтейль» для овощных культур, содержащие азот, фосфор, калий, кальций, магний, медь, цинк, молибден, бор, селен. На основании данных по изучению влияния различных видов и доз этих удобрений по фазам роста и развития овощных культур сотрудниками РУП «Институт овощеводства» разработаны рекомендации по применению ЖКУ марки «Витококтейль» (Мультивит «Плюс», Мультивит «Универсальный» и др.) под овощные культуры, основные положения которых представлены в таблице 14.4.

Таблица 14.4 – Сроки и дозы внесения ЖКУ марки «Витококтейль» в некорневые подкормки овощных культур

Культура	1 подкормка		2 подкормка		3 подкормка	
	фаза роста и развития	доза, л/га	фаза роста и развития	доза, л/га	фаза роста и развития	доза, л/га
Капуста	через 12 дней после высадки рассады	4,5	начало роста объема кочана (массовое нарастание розетки листьев)	4,5	начало нарастания массы кочана	4,8
Свекла столовая	нарастание вегетативной массы	4,2	начало образования корне-плода	4,5	за 3 недели до уборки урожая	4,2
Морковь столовая	нарастание вегетативной массы	3,9	начало образования корне-плода	4,2	за 3 недели до уборки урожая	3,9
Огурец	3-4 настоящих листьев	2,7	массовое цветение	2,7	после 7 сбора плодов	3,3
Томат	5-6 настоящих листьев	2,1	цветение 2 кисти	2,7	после 4 сбора плодов	3,0
Лук-репка	рассадная	-	начало формирования луковицы	-	за 4 недели до уборки урожая	-

Одна из проблем экологически чистого овощеводства – повышенное накопление нитратов в овощах. Накопление в овощах нитратного азота выше ПДК происходит вследствие внесения высоких доз азотных удобрений, несоблюдения соотношения элементов питания, нарушения сроков их применения и технологии выращивания. Овощные культуры усваивают только 50-60% вносимого азота. Дробное внесение азотных удобрений, применение органических удобрений приводят к более равномерному обеспечению растений усвояемым азотом и меньшему накоплению нитратов в овощах. Определяющим фактором является соотношение аммонийного и нитратного азота. При нитратном питании растений вероятность накопления нитратов больше, чем при аммонийном. Содержание нитратов в продукции также зависит от биологических особенностей растений и сроков уборки.

При производстве овощей для детского питания участки следует готовить за несколько лет, вносить заранее органические удобрения, применять высокую агротехнику. В год выращивания овощных культур при необходимости вносить только перевившие органические удобрения, не вносить минеральные удобрения.

В настоящее время в Республике Беларусь наиболее широко в открытом грунте возделываются капуста белокочанная, свекла столовая, морковь, огурец и томат.

Удобрение белокочанной капусты. Белокочанная капуста – одна из основных овощных культур. У нее стержневой корень, который уходит в глубь почвы до 0,5 м. Капуста хорошо растет на плодородных почвах со слабокислой или нейтральной реакцией среды (рН 6,5-7,2). На кислых почвах поражается килой. Причем ранняя капуста поражается сильнее, чем поздняя. Дозы извести в севооборотах с капустой увеличивают на 30%.

На каждые 10 ц основной и соответствующее количество побочной продукции капуста выносит 4 кг азота, 1 кг фосфора и 4,3 кг калия. Капуста отличается исключительно высокой требовательностью к азоту и его интенсивным потреблением вплоть до уборки урожая. Максимум питательных элементов капуста потребляет при формировании кочана.

Система удобрения под капусту – органоминеральная. Капуста очень хорошо отзывается на внесение органических удобрений. Под капусту на дерново-подзолистых почвах рекомендуют вносить 40-60 т/га навоза с осени под вспашку или весной непосредственно под культуру, но не позднее, чем за месяц до посадки рассады.

Дозы минеральных удобрений под капусту и другие овощные культуры зависят от типа почвы, обеспеченности почвы элементами питания, уровня планируемой урожайности и могут быть рассчитаны по формуле или определены по рекомендациям (табл. 14.5-14.7).

Под капусту на дерново-подзолистых почвах вносят $N_{60-120}P_{30-120}K_{30-150}$. Фосфорные и калийные удобрения вносят вместе с органическими удобрениями осенью под вспашку, азотные – незадолго до высадки рассады. Экологически безопасная доза азота – 120 кг/га. При высадке рассады вносят по 15 кг/га д.в. в виде нитрофоски, АФК. Этот прием увеличивает урожайность капусты на 50 ц/га.

При планировании высоких урожаев средне- и позднеспелых сортов рекомендуют проводить одну или две подкормки перед формированием кочана. Первую азотно-фосфорно-калийными удобрениями $N_{30}P_{20}K_{30}$ и вторую азотно-калийными удобрениями $N_{40}K_{60}$. Капуста хорошо отзывается на внесение серосодержащих удобрений. В связи с этим лучшей формой азотных удобрений для капусты является сульфат аммония. Под капусту применяют сульфат аммония, мочевину, аммиачную селитру, аммонизированный суперфосфат, хлористый калий и другие формы однокомпонентных и комплексных удобрений.

При возделывании капусты на известкованных почвах проявляется потребность в боре. Его вносят в некорневую подкормку в дозах 100-200 г/га. Для некорневых подкормок применяют многокомпонентные жидкие комплексные удобрения (ЖКУ): Мультивит «Плюс», Мультивит «Универсальный», Эколист «Стандарт», Эколист РК-1. Сроки проведения подкормок: первая – через 12 дней после высадки рассады (4,5-4,8 л/га); вторая – в фазу массового нарастания розетки листьев (4,5-5,7 л/га); третья – начало формирования кочана (4,8-6,5 л/га).

Таблица 14.5 – Дозы удобрений под овощные культуры на дерново-подзолистых почвах, кг/га Д.В.

Культура	Урожайность, ц/га	Дозы азотных удобрений при различной оккультуренности почв			Дозы фосфорных удобрений при различной обеспеченности почв P ₂ O ₅			Дозы калийных удобрений при различной обеспеченности почв K ₂ O		
		средн. хороши.	высок.	низк.	средн.	высок.	ниzk.	средн.	повыш.	высок.
Капуста	400	110	90	60	60	30	-	120	90	60
	600	120	110	100	120	90	60	-	150	140
	800	-	120	120	-	120	90	60	-	150
Свекла	300	90	60	30	60	30	-	-	90	60
	400	90	60	90	60	30	-	100	100	90
Столовая	500	90	90	90	120	90	60	30	120	120
	200	60	30	-	90	60	30	-	60	30
Томат	300	90	60	30	120	90	60	30	90	60
	400	90	90	60	-	120	90	60	120	90
	400	30	-	90	60	30	-	120	90	-
Морковь	500	60	30	-	120	90	60	30	150	120
	600	90	60	30	-	120	90	60	-	150
	100	30	-	90	60	30	-	90	60	30
Огурец	200	60	30	-	120	90	60	30	120	90
	300	90	60	30	-	120	90	60	-	120

На дерново-подзолистых почвах фон для капусты – 40 г/га, огурца – 60-80 г/га на ваза.

Таблица 14.6 – Дозы удобрений под овощные культуры на минеральных пойменных почвах, кг/га Д.В.

Культура	Урожайность, ц/га	Дозы азотных удобрений при различной оккультуренности почв		Дозы фосфорных удобрений при различной обеспеченности почв		Дозы калийных удобрений при различной обеспеченности почв					
		средн.	хорош.	низк.	средн.	повыш.	высок.	низк.	средн.	повыш.	высок.
				P_2O_5						K_2O	
Капуста	300	60	30	-	-	40	20	20	-	90	60
Капуста ранняя	400	90	60	30	-	60	40	20	-	120	90
Капуста	500	120	90	60	-	80	60	40	-	150	120
Капуста средне-поздняя	400	60	30	30	-	40	20	-	-	150	120
Морковь	600	110	90	60	-	80	60	40	-	180	150
Морковь	800	120	120	110	-	110	100	80	-	210	210
Свекла	300	30	-	-	-	60	40	10	-	90	60
Свекла	500	90	30	30	-	80	60	10	-	150	120
столовая	500	90	30	30	-	80	60	10	-	150	120

На минеральных пойменных почвах фон для капусты – 40 т/га, отурца – 60-80 т/га на ваза.

Таблица 14.7 – Дозы удобрений под овощные культуры на торфяно-болотных почвах, кг/га Д.В.

Культура	Урожайность, ц/га	Дозы азотных удобрений при различной обеспеченности почв			Дозы фосфорных удобрений при различной обеспеченности почв			Дозы калийных удобрений при различной обеспеченности почв K ₂ O				
		низк.	средн.	высок.	низк.	средн.	высок.	низк.	средн.	повыши	высок.	
Морковь	300	30	-	-	60	40	10	-	90	60	30	
	500	60	30	-	-	100	80	60	-	150	120	60
Свекла столовая	300	30	-	-	-	60	40	10	-	90	60	30

Удобрение свеклы столовой. Оптимальная реакция почвы для столовой свеклы близкая к нейтральной и нейтральная рН 6,2-7,5. Дозы известковых удобрений в севооборотах со свеклой увеличивают на 30%.

Столовая свекла также отличается высоким выносом питательных элементов. На каждые 10 ц основной и соответствующее количество побочной продукции свекла выносит 5 кг азота, 1,6 кг фосфора и 7,4 кг калия. Это калиелюбивая культура, т.к. на единицу товарной части урожая потребляет значительно больше калия, чем азота. Наибольшее количество питательных элементов свекла поглощает в период интенсивного роста корнеплодов.

Система удобрения под свеклу – органоминеральная. Органические удобрения (30-60 т/га) следует вносить с осени или под предшествующую культуру. Непосредственное внесение под нее слабоперевершего навоза приводит к разветвлению корней, снижению товарного качества и лежкости корнеплодов.

Под свеклу минеральные удобрения вносят в следующих дозах: $N_{30-90}P_{30-120}K_{30-120}$. Во избежание отрицательного влияния на сохранность корнеплодов и избыточного накопления нитратов дозы азота не должны превышать 90 кг/га (на торфяно-болотных почвах – 30-60 кг/га).

Система удобрения столовой свеклы состоит из основного и припосевного удобрения, также на посевах столовой свеклы можно проводить подкормки. Фосфорные и калийные удобрения вносят осенью под вспашку, азотные – незадолго до посева свеклы. При посеве свеклы вносят по 10 кг/га азота, фосфора и калия.

Первая подкормка столовой свеклы проводится азотно-фосфорно-калийными удобрениями при появлении 2-4 настоящих листьев в дозе $N_{20}P_{15}K_{30}$ и вторая подкормка азотно-калийными удобрениями проводится в начале формирования корнеплода в дозе $N_{20}K_{60}$. Столовая свекла не чувствительна к хлору и хорошо отзывается на внесение калийных удобрений, содержащих натрий, в частности калийной соли.

Столовая свекла требовательна к бору. При недостатке бора, особенно после известкования, она снижает урожайность и может заболеть гнилью сердечка. Недостаток бора устраняется

внесением его в дозе 350-400 г/га в некорневую подкормку в фазе 10-12 настоящих листочков.

Высокоэффективным является проведение 3 некорневых подкормок столовой свеклы ЖКУ Мультивит «Универсальный» в начале нарастания вегетативной массы (4,2 л/га), в начале образования корнеплода (4,5 л/га) и за 3 недели до уборки (4,2 л/га).

Система удобрения моркови столовой. Морковь отзывается на плодородные почвы, т.к. способна формировать высокие урожаи – 600-700 ц/га. Оптимальная реакция почвенной среды для моркови – pH 6,0-6,5. Она не переносит избытка кальция, поэтому известкование лучше проводить под предшественник. Морковь отрицательно реагирует на высокие концентрации почвенного раствора. Она очень хорошо использует последействие органических и минеральных удобрений и не требует непосредственного внесения больших доз минеральных удобрений.

На каждые 10 ц основной и соответствующее количество побочной продукции морковь выносит 3,4 кг азота, 1,1 кг фосфора и 4,5 кг калия. Так же как и свекла, морковь является калиелюбивой культурой. Наибольшее количество питательных элементов морковь поглощает в период интенсивного роста корнеплодов.

Система удобрения под морковь – органоминеральная. Органические удобрения (30 т/га перепревшего навоза) следует вносить с осени или под предшествующую культуру. Непосредственное внесение под нее слабоперепревшего навоза вызывает разветвление корнеплодов, ухудшает их форму, снижает их лежкость и товарную ценность продукции.

Под морковь минеральные удобрения вносят в следующих дозах: $N_{30-90}P_{30-120}K_{60-150}$. Во избежание отрицательного влияния на сохранность корнеплодов и избыточного накопления нитратов дозы азота не должны превышать 90 кг/га (на торфяных почвах – 30-60 кг/га).

Система удобрения столовой моркови состоит из основного и припосевного удобрения, на посевах столовой моркови можно проводить одну подкормку. Фосфорные и калийные удобрения вносят осенью под вспашку, азотные – под предпосевную обработку почвы. При посеве моркови вносят 10 кг/га фосфора. Под-

кормка столовой моркови проводится азотно-фосфорно-калийными удобрениями через две-три недели после всходов в дозе $N_{15}P_{10}K_{20}$. Морковь не чувствительна к хлору и хорошо отзывается на внесение калийных удобрений, содержащих натрий, в частности калийную соль.

ЖКУ Мультивит «Универсальный» морковь можно подкармливать в начале интенсивного нарастания вегетативной массы (3,9 л/га), в начале образования корнеплода (4,2 л/га) и за 3 недели до уборки урожая (3,9 л/га).

Система удобрения огурца. Огурец очень требователен к плодородию почвы. Это связано с коротким вегетационным периодом (от 40 до 75 дней в зависимости от сорта), слаборазвитой корневой системой и более низкими по сравнению с другими овощными культурами коэффициентами использования питательных элементов из удобрений.

Огурец не любит кислых почв, оптимальный интервал кислотности для него – 6,5-7,0. Известкование лучше проводить под предшественник. Под сам огурец известкование проводят небольшими дозами по 1-2 т/га. Огурцы не переносят высокой концентрации почвенного раствора.

Растения огурца очень отзывчивы на повышенные дозы органических удобрений. Органические удобрения улучшают тепловой режим почвы, усиливают микробиологическую активность почвы, являются источником макро- и микроэлементов, обеспечивают невысокую концентрацию почвенного раствора, повышают снабжение огурца углекислотой, которая необходима для формирования плодов.

На каждые 10 ц основной и соответствующее количество побочной продукции огурцы выносят 1,3 кг азота, 0,5 кг фосфора и 2,3 кг калия. У огурца удельный (нормативный) вынос элементов питания самый низкий из всех овощных культур. Максимальное потребление питательных элементов приходится на период плодообразования.

Система удобрения огурца – органоминеральная. Органические удобрения в дозе 60-80 т/га (предельная доза органических удобрений 120 т/га) следует вносить с осени под вспашку. Система удобрения огурцов состоит из основного, припосевного внесения удобрений и подкормок.

Под огурец минеральные удобрения вносят в следующих дозах: $N_{30-90}P_{30-120}K_{30-120}$. Плоды огурца склонны к накоплению нитратов, поэтому предельно допустимая доза азота для них – 90 кг/га.

Фосфорные и калийные удобрения вносят осенью под вспашку, азотные – незадолго до посева огурца. При посеве огурца вносят по 10 кг/га азота, фосфора и калия. Первую подкормку проводят в начале образования плетей в дозе $N_{20}P_{20}K_{20}$, вторую – в начале цветения-массового плодоношения в дозе $N_{15}K_{40}$.

Хороший эффект дает обработка семян 0,1%-ным раствором бора. Для некорневых подкормок применяют многокомпонентные удобрения Мультивит «Плюс», Мультивит «Универсальный» (2,7-3,3 л/га), Эколист «Стандарт» (2,2 л/га), Эколист РК-1 (3,6 л/га). Этими удобрениями проводят 3 некорневые подкормки за вегетационный период.

Система удобрения томата. Томат высаживают в грунт рассадой. Корневая система у томата мочковатая, хорошо развитая, проникает в глубь почвы на 100-120 см. Томат хорошо растет на окультуренных слабокислых почвах, оптимальная рН – 5,5-6,5. Известкование лучше проводить доломитовой мукой. Очень важно не переизвестковать, т.к. томат плохо переносит избыток кальция.

На каждые 10 ц основной и соответствующее количество побочной продукции томат выносит 1,6 кг азота, 0,5 кг фосфора и 2,8 кг калия. Томат по сравнению с другими овощными культурами потребляет относительно мало питательных элементов. Наиболее интенсивно азот и калий томат использует при активном накоплении органического вещества. Томат очень требователен к фосфорному питанию, особенно при недостатке тепла. Поэтому под томат рекомендуется вносить повышенные дозы фосфора. Поглощение фосфора заканчивается, когда начинают завязываться плоды. Если от азота интенсивно нарастает вегетативная масса, образуются пасынки и затягивается созревание плодов на 15-20 дней, то фосфорно-калийные удобрения на умеренном азотном фоне способствуют дружному созреванию плодов и улучшению их качества. Плоды наливаются в основном за счет передвижения элементов питания из вегетативных органов.

Из всего количества элементов питания, усвоенных растениями, плоды накапливают 70% азота и фосфора и 90% калия.

Сильному развитию вегетативной массы способствует и внесение под томат навоза, поэтому непосредственно под эту культуру слаборазложившийся навоз использовать не рекомендуется.

Система удобрения томата может быть органоминеральной или минеральной. На окультуренных почвах можно ограничиться внесением только минеральных удобрений. Но эффективнее внесение минеральных удобрений на фоне небольших доз органических. Из органических удобрений применять можно только перегной или перепревший навоз в дозе 30-40 т/га, которые следует вносить с осени под вспашку.

Под томат минеральные удобрения вносят в следующих дозах: $N_{30-90}P_{30-120}K_{30-120}$. Система удобрения томата состоит из основного, припосевного внесения удобрений и подкормок. Фосфорные и калийные удобрения вносят осенью под вспашку, азотные – незадолго до высадки рассады томата. При посадке томата вносят по 10 кг/га азота, фосфора и калия.

Первую подкормку проводят через 10-15 дней после посадки рассады в дозе $N_{10}P_{15}K_{10}$, вторую – в фазу начала роста плодов на второй кисти в дозе $N_{10}P_{20}K_{15}$. В начале роста недопустим избыток азота, т.к. сильное развитие вегетативной массы ослабляет плодоношение.

На почвах с низким содержанием бора томат хорошо отзывается на внесение борных удобрений. Их можно внести в некорневую подкормку в дозе 85 г д.в./га. Борные удобрения повышают сахаристость плодов и содержание в них аскорбиновой кислоты. Некорневые подкормки растений микроэлементами проводят в фазу начала цветения и в фазу начала роста плодов на второй кисти. Расход рабочей жидкости – 300-400 л/га, норма маточного раствора – 2,5 л на 100 л воды.

В период вегетации по мере необходимости проводят 3 некорневые подкормки ЖКУ «Витококтейль» в фазе 5-6 настоящих листьев, цветения 2 кисти и после 4 сбора плодов.

Система удобрения репчатого лука. Репчатый лук чаще выращивают из севка (мелкие луковицы 1-3 см в диаметре) и реже из семян (чернушка). Лук отличается слаборазвитой корне-

вой системой и неглубоким ее расположением в пахотном горизонте. Лук предпочитает окультуренные дерново-подзолистые супесчаные и легкосуглинистые почвы. Хорошие урожаи лук дает на торфяных почвах низинного типа, однако избыток азота затягивает созревание луковиц и они плохо хранятся. Для лука оптимальной реакцией среды является близкая к нейтральной с pH 6,0-7,0.

На каждые 10 ц основной и соответствующее количество побочной продукции репчатый лук выносят 3,0 кг азота, 1,2 кг фосфора и 4,0 кг калия. Поступление питательных элементов в первые два месяца жизни идет медленно. Период максимального потребления элементов питания приходится на фазу формирования луковицы. В первую половину вегетации лук использует больше азота, во время формирования луковиц – фосфора и калия. Избыточное азотное питание во второй половине вегетации задерживает созревание луковиц. Луку для образования ароматических веществ нужна сера, поэтому лучше использовать серосодержащие удобрения (сульфат аммония и др.).

Система удобрения репчатого лука может быть органоминеральной или минеральной. На окультуренных почвах можно ограничиться внесением только минеральных удобрений. Лук хорошо отзывается на внесение перепревшего навоза или перегноя (30 т/га). Свежий навоз вызывает сильный рост пера и затягивает созревание луковиц, поэтому его вносят под предшественник. Самые высокие урожаи лук дает, когда под него вносят средние дозы минеральных удобрений, а органические – под предшествующую культуру.

Под репчатый лук минеральные удобрения вносят в следующих дозах: $N_{60-90}P_{60-80}K_{60-90}$. Система удобрения лука состоит из основного, припосевного внесения удобрений и подкормок. Лук чувствителен к высокой концентрации почвенного раствора, поэтому минеральные удобрения следует вносить в несколько приемов. Для обеспечения необходимой концентрации солей 2/3 дозы фосфорно-калийных удобрений вносят под зяблевую вспашку, 2/3 дозы азотных – под предпосевную обработку почвы и 1/3 дозы минеральных удобрений – в подкормки. При посадке лука вносят 10 кг/га фосфора.

Подкормки проводят одновременно с междурядными обработками универсальным культиватором КОУ-4,6 только в первой половине лета, иначе не вызревают луковицы. Первую подкормку азотом проводят в фазу 2-3-х настоящих листьев при выращивании лука из семян или через 20-25 дней после посадки севка в дозе N_{20} , вторую – через 15-20 дней после первой, но не позднее 20 июня, в дозе N_{10} . 1/3 фосфорно-калийных удобрений вносят в фазу начала образования луковиц.

На луке можно применять некорневые подкормки комплексными водорастворимыми удобрениями Эколоист стандарт (3 л/га), Эколоист РК-1 (9 л/га), ЖКУ «Витококтейль» и др.

15. УДОБРЕНИЕ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР В ЗАЩИЩЕННОМ ГРУНТЕ

Особенности корневого питания в условиях защищенного грунта. В условиях защищенного грунта корневое питание имеет свои особенности:

- в течение эксплуатационного периода теплицы на одном месте выращивают несколько культур;
- культуры в защищенном грунте формируют значительно более высокий урожай по сравнению с открытым грунтом;
- овощные культуры в теплицах потребляют значительное количество элементов питания (табл. 15.1);
- тепличные грунты обладают высоким содержанием органического вещества;
- объем корнеобитаемой среды в защищенном грунте достаточно ограничен (малообъемная культура);
- частые и обильные поливы, практикующиеся в теплицах, способствуют вымыванию питательных веществ;
- многократные подкормки удобрениями способствуют наакоплению в грунте балластных образований.

Все эти особенности требуют создания специальных грунтов.

Тепличный грунт должен:

- хорошо удерживать растения;
- обладать устойчивой структурой;

Таблица 15.1 – Вынос элементов питания овощными культурами с урожаем, г/кг продукции

Культура	N	P	K	Ca	Mg
Томат	3,2	0,4	5,2	3,8	0,5
Огурец	1,4	0,4	2,2	1,2	0,2
Салат кочанный	2,3	0,3	3,3	0,7	0,2
Редис	3,3	0,7	4,0	2,0	3,3
Перец сладкий	4,0	0,6	4,7	2,4	0,5

- иметь оптимальное соотношение фаз (твердая – 20-30%, жидккая – 40-50%, газообразная – 30-35% объема);
- иметь высокую общую порозность (70-80%) для создания благоприятного вводно-воздушного режима;
- иметь наибольшую порозность капилляров (40-45%) для свободной циркуляции воздуха и воды;
- иметь высокую емкость катионного обмена (50-100 смоль/кг сухого вещества почвы). Это позволяет создавать большой запас необходимых питательных веществ, избегать потерю элементов питания от вымывания, а также избегать опасности засоления;
- обладать высокой буферностью, чтобы поддерживать реакцию среды корнеобитаемого слоя на оптимальном уровне;
- иметь благоприятную микробиологическую среду;
- обладать высокой теплоизоляционной способностью для избегания температурных перепадов.

Состав тепличных грунтов применяют разнообразный. В качестве примера можно привести тепличные грунты следующего состава:

- 1) низинный торф (75%) + дерновая земля (25%);
- 2) низинный торф (60%) + дерновая земля (20%) + навоз (20%);
- 3) низинный торф (100%);
- 4) верховой торф (100%);
- 5) торф (80%) + лузга гречихи (20%);
- 6) торф (65%) + лузга гречихи (35%);
- 7) торф (50%) + лузга гречихи (50%).

В грунтовых теплицах толщина насыпного слоя почвы (грунта) 25-30 см. На 1 м² теплицы надо заготовить не менее 0,20-0,25 м³ грунта. Тепличный почвогрунт готовят или сразу на месте в теплице при ее вводе в эксплуатацию или заранее в виде компоста. Такой компост бывает готов через 6-8 месяцев.

В современном промышленном тепличном овощеводстве практикуют многолетнее использование почвенных грунтов в течение 15-25 лет при соблюдении комплекса мероприятий по их обеззараживанию (пропаривание, газовая и влажная дезинфекция) и рассолению (промывка при наличии дренажной системы).

Навоз для теплиц в целях биотермической дезинфекции складируют отдельно в штабеля сроком на 2-3 месяца.

Низинный торф должен обладать определенными свойствами: нормальнозольный (около 12% золы), степень разложения не более 40%, влагоемкость 500-1000%, степень насыщенности основаниями 65%, средняя емкость катионного обмена 137 смоль/кг почвы, содержание азота 1,6-2,6%, фосфора – 0,05-0,40%, калия – 0,03-0,20%, кальция – 1,5-3,0%, железа – 0,20-3,0% на абсолютно сухой торф. Не рекомендуется использовать известковые и вивианитовые торфа, а также торфа с высоким содержанием бора.

В мировом овощеводстве верховой торф в чистом виде и в смесях все больше привлекает внимание как экологически чистый субстрат для выращивания овощных культур в защищенном грунте. Это объясняется его невысокой стоимостью по сравнению с минеральной ватой, легкостью утилизации, большими природными запасами. Верховой торф сочетает в себе высокую водоудерживающую способность с большой пористостью аэрации. Чистый торф является практически стерильным субстратом, свободным от возбудителей болезней, вредителей и сорняков. Содержащиеся в нем органические соединения гуминовой природы обладают свойствами биологически активных веществ, то есть являются стимуляторами роста растений. Торф обладает значительной емкостью катионного обмена, это позволяет снижать расход удобрений и уменьшать их потерю с дренажом. При использовании торфа в качестве субстрата получают не меньший, чем на минеральной вате урожай, а большая буферная спо-

собность торфа позволяет снизить риск, связанный со сбоями в работе систем орошения и возможными ошибками персонала.

Введение в состав органических субстратов лузги гречихи увеличивает полную и капиллярную влагоемкость.

В районах, где не имеется торфа, тепличный грунт готовят из смеси пахотного слоя почвы с перегноем, навозом или компостом, добавляя в качестве рыхлящего материала опилки, соломенную резку или древесную кору.

Овощи в теплицах можно выращивать также и на соломенных тюках. Солома должна быть свежей и не обработанной гербицидами. Ее прессуют в тюки размером 0,5x0,5x1,0 м.

В последние годы для выращивания овощей в теплицах используют инертные субстраты:

- 1) минеральная вата;
- 2) перлит;
- 3) алгопорит;
- 4) керамзит;
- 5) керамзит + 5% глины.

Инертные субстраты не содержат никаких питательных элементов, но при внесении удобрений способны накапливать питательные вещества. Эта способность инертных субстратов накапливать питательные элементы учитывается при последующем внесении удобрений.

Минеральная вата – это импортный, очень дорогостоящий субстрат. Используется только 2 года. Затем меняется на новую. При использовании минеральной ваты стоит проблема ее утилизации. У нас в республике ее не утилизируют, складывают на территории теплиц. Можно отвозить в Голландию и утилизировать там. Утилизация 1 м³ минеральной ваты стоит около 20 долларов.

Перлит, алгопорит, керамзит, керамзит + глина – это белорусские субстраты. Белорусские субстраты используются в течение 5 и более лет. Эти субстраты являются строительными материалами, поэтому не бывает проблемы с утилизацией.

Урожайность томатов в малообъемной технологии выращивания составляет 30-40 кг с 1 м². На 1 м² произрастает 2,5 растения.

В последние годы для определения агрохимических показателей почвогрунта широко используются результаты анализа водной вытяжки тепличного грунта.

Оптимальная реакция тепличных грунтов должна быть близкой к нейтральной, pH водной вытяжки 6,5-6,8. Норму извести для тепличных грунтов определяют с использованием величины pH солевой вытяжки или по гидролитической кислотности ($1/2$ Нг).

Тепличные грунты по содержанию водорастворимых питательных веществ подразделяют на 5 уровней: низкий, умеренный, оптимальный, повышенный, высокий (табл. 15.2).

Таблица 15.2 – Уровни обеспеченности тепличных грунтов элементами питания

Уровень обеспеченности	Содержание, мг/л грунта			
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg
Низкий	0–42	0–11	0–66	0–24
Умеренный	43–84	12–22	67–133	25–48
Оптимальный	85–126	23–34	134–199	49–72
Повышенный	127–168	35–45	200–250	73–96
Высокий	169–210	46–57	251–350	97–120

Система удобрения в тепличном овощеводстве. Система удобрений в тепличном овощеводстве ставит перед собой решение следующих задач:

- получать высокие урожаи хорошего качества;
- повышать и сохранять плодородие грунтов;
- устранять потери удобрений;
- максимально использовать питательные вещества из грунта;
- максимально использовать уже поглощенные растениями питательные вещества;
- по возможности быть низкозатратной.

Система удобрения в тепличном овощеводстве состоит из основного внесения и проведения подкормок. Свежеприготовленные насыпные грунты до внесения удобрений, как правило,

содержат небольшое количество элементов питания, которое нужно увеличить до необходимого уровня.

В свежеприготовленный грунт вначале вносят органические удобрения – навоз или компост. Если первая культура огурец, то применяют 250-300 т/га компоста. В последующие годы дозу органических удобрений под огурец снижают до 150-200 т/га и применяют их ежегодно.

Если первая культура томат, то достаточно внести 100-150 т/га компоста. На четвертый-пятый год использования грунта органические удобрения под томат не вносят.

Считается, что с 300 т навоза на 1 га в среднем вносят 1500 кг азота, 330 кг фосфора, 1500 кг калия, 60 г кобальта, около 10 т зольных веществ (не менее 5 т кальция и магния). Большая часть калия в навозе находится в легкоусвояемых соединениях, примерно 70-75% его растворяется в воде. В навозе содержатся также и микроэлементы (бор, марганец, медь, цинк, молибден).

Органические удобрения (навоз, компсты) во избежание ожогов вносят за 7-10 дней до посадки. В грунте содержание азота в аммиачной форме не должно превышать 25-30% общего количества минерального азота. Недопустимо применение жидкого навоза, который цементирует и уплотняет грунт.

Органические удобрения заделывают на глубину слоя грунта, после чего отбирают пробы на агрохимический анализ. По его результатам рассчитывают количество известковых материалов и минеральных удобрений, которые необходимо внести в основную заправку.

Избыток азота в грунте перед посадкой можно устраниТЬ внесением опилок из расчета 100 м³ на 1 га, снижая тем самым его содержание на 10 мг/л. Вносить опилки необходимо за 1,5-2 месяца до посадки рассады.

Дозы внесения минеральных удобрений в основную заправку (перед посадкой растений) представлены в таблице 15.3, они зависят от культуры и уровней содержания питательных веществ в грунте.

Минеральные удобрения равномерно вносят в сухом виде на поверхность грунта и заделывают фрезой.

Таблица 15.3 – Дозы внесения удобрений в основную заправку, кг/га

Уровень содержания питательных веществ в грунте	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
Томат					
Низкий	315-250	600-450	1000-780	350-300	620-420
Умеренный	250-190	450-230	780-570	300-210	420-260
Оптимальный	190-130	230-0	570-390	210-140	260-160
Повышенный	130-60	0	390-180	140-10	160-80
Огурец					
Низкий	250-170	600-450	390-260	300-210	180-130
Умеренный	170-85	450-230	260-130	210-105	130-80
Оптимальный	85-0	230-0	130-0	105-0	80-0
Редис					
Низкий	75-0	300-150	260-180	65-0	105-0
Умеренный	0	150-0	180-90	0	0
Оптимальный	0	0	90-0	0	0
Перец					
Низкий	230-180	500-350	380-240	170-130	360-190
Умеренный	180-130	350-100	240-120	130-65	190-85
Оптимальный	130-80	100-0	120-0	65-0	85-0
Повышенный	80-0	0	0	0	0

После заправки грунта органическими и минеральными удобрениями берут пробу грунта для определения содержания в них питательных элементов.

Основную заправку проводят до рекомендуемых оптимальных уровней (табл. 15.4).

Первый анализ грунта для проведения подкормок осуществляют через месяц после посадки рассады. Если же визуально обнаружено нарушение в развитии растений, изменение их внешнего вида, то анализ делают раньше.

Расчет доз внесения удобрений в подкормки проводят по результатам ежемесячного анализа грунта, доводя уровень содержания питательных веществ до оптимального.

Таблица 15.4 – Оптимальные уровни питания для основной за-правки, мг/л

Культура	pH	N	P	K	Ca	Mg
Томат	5,5-5,8	130-160	25-40	220-250	200-220	60-70
Огурец	5,9-6,0	120-150	30-40	200-220	180-200	60-70
Перец	5,7-6,0	100-130	20-30	180-200	150-180	50-60

Корректировку доз удобрений проводят также с учетом урожая, полученного за расчетный период. В конце каждой недели подсчитывают количество азота, калия и магния, израсходованное растениями на образование плодов, это количество вносят с последующими подкормками.

В таблице 15.5 приведены рекомендуемые дозы элементов питания для подкормок овощных культур на торфяном субстрате. Некорневые подкормки (капельный полив) повторяют через 7-15 дней. Огурцы и томаты за вегетацию подкармливают обычно 5-8 раз. Некорневые подкормки следует проводить в пасмурные дни или в первую половину дня. Исключается проведение подкормок в день сбора плодов. Раствор для подкормки должен быть определенной концентрации. Концентрация питательных растворов в начальные фазы развития более низкая, чем в более поздние фазы развития. Концентрация питательных растворов также зависит от культуры. В солнечные дни летом концентрацию питательных растворов уменьшают. Подкормки заканчивают за месяц до окончания сбора урожая.

Обязательным агротехническим приемом выращивания овощей в теплицах должна быть подкормка растений углекислотой (на 100 м² посадок 2-2,5 кг пищевой углекислоты). Уровень оптимальной концентрации содержания углекислого газа (CO₂) находится в интервале 0,15-0,18 %. Подкормку углекислотой лучше проводить утром.

При выращивании овощей в защищенном грунте стоит проблема накопления нитратов в получаемой продукции. Производство экологически чистой продукции зависит от условий выращивания, субстрата, использования световой энергии, защиты растений и ряда других причин.

Таблица 15.5 – Уровни питания и корректировка питательного раствора на торфяном субстрате

Куль- тура	Градация уровней и поправ- вок	Содер- жание в суб- страте	N	P	K	Ca	Mg
То- мат	Уровни питания, мг/л	низкое	<60	<10	<100	<120	<30
		уме- ренное	60-130	10-25	100-220	120-200	30-60
	Поправки пита- тельного раствора, мг/л	низкое	+85	+25	+135	+90	+35
		уме- ренное	+50	+15	+75	+50	+20
Огу- рец	Уровни питания, мг/л	низкое	<80	<20	<130	<120	<40
		уме- ренное	80-120	20-30	130-200	120-180	40-60
	Поправки пита- тельного раствора, мг/л	низкое	+55	+15	+80	+70	+25
		уме- ренное	+35	+10	+45	+40	+15
Слад- кий перец	Уровни питания, мг/л	низкое	<60	<10	<100	<90	<30
		уме- ренное	60-100	10-20	100-180	90-120	30-50
	Поправки пита- тельного раствора, мг/л	низкое	+55	+15	+90	+75	+25
		уме- ренное	+35	+10	+50	+60	+15

Для снижения накопления нитратов в продукции важно поддерживать оптимальную относительную влажность воздуха, которая для огурца составляет 70-80%, для томата и зеленных культур – 60-75%.

Влажность грунта не должна опускаться ниже предельного уровня (60% НВ).

В теплицах рекомендуется поддерживать температурный режим в строго определенных границах для каждой конкретной

овощной культуры. Повышение температуры воздуха (особенно перегревы в апреле-мае) вызывает значительное увеличение нитратов в продукции.

Уменьшению накопления нитратов в овощах способствует также:

- улучшение условий освещенности (чистая кровля);
- мульчирование поверхности гряд светоотражающими материалами;
- соблюдение норм высея и посадки;
- своевременное формирование растений для обеспечения полной работоспособности растений.

Лучшими удобрениями в закрытом грунте являются:

– азотные – мочевина и сульфат аммония, т.к. при их внесении меньше всего накапливается нитратов. При применении нитратных форм азотных удобрений (аммиачная, калийная селитра) происходит увеличение концентрации нитратов в овощах;

– фосфорные – двойной суперфосфат. Простой суперфосфат может быть токсичен для растений, т.к. содержит большое количество гипса и солей тяжелых металлов;

– калийные – сернокислый калий. При внесении на 1м² 100 г хлористого калия (или 10 ц на 1 га) в грунте создается сверхдопустимая концентрация хлора.

В настоящее время выпускают специальные удобрения для теплиц. Современные технологии выращивания овощных культур в теплицах предусматривают использование удобрений, обеспечивающих не только полноценное минеральное питание, но и бесперебойную работу системы капельного полива. Удобрения для теплиц должны отличаться высокой химической чистотой и полной растворимостью. Ко всем удобрениям для теплиц вводятся строгие ограничения по содержанию таких токсических для овощных растений элементов, как хлор и натрий. Для капельного орошения целесообразно применять комплексные сбалансированные удобрения, содержащие микроэлементы, или комплекс микроэлементов в форме легкоусвояемых хелатов. Капельная система орошения может работать только при условии полной растворимости, так как выпадение солей в осадок приводит к нарушению работы оборудования вплоть до полного вы-

хода из строя. Выбор удобрений для теплиц следует проводить с учетом того, что все марки используемых удобрений можно было бы смешивать и растворять в одной емкости, создавая необходимые пропорции элементов питания.

Концентрированный раствор удобрений приготавливают в отдельном баке, из которого он поступает в поливную воду и подается к растениям.

Для удобрения овощных культур в теплицах широко применяются удобрения Буйского химического завода (Россия) (табл. 15.6), АО «Кемира Агро» (табл. 15.7), фирмы PG Mix (табл. 15.8).

Таблица 15.6 – Характеристика удобрений Буйского химического завода (Россия)

Виды удобрений	Состав и содержание, %
Монофосфат калия	фосфор – 22,9; калий – 28,5
Сульфат магния	магний – 10,0; сера – 13,5
Селитра калиевая	азот – 13,8; калий – 38,2
Селитра кальциевая	азот – 15,5; кальций – 19,0

Таблица 15.7 – Характеристика удобрений фирмы PG Mix

Элемент питания	Формула	PG Mix 14+16+18	PG Mix 12+14+24	PG Mix 15+10+20
Азот	N	14,0	12,0	15,0
	NH ₄	8,5	5,0	6,5
	NO ₃	5,5	7,0	8,5
Фосфор	общ. P ₂ O ₅	16,0	14,0	10,1
	водораст. P ₂ O ₅	15,2	13,3	9,5
Калий	K ₂ O	18,0	24,0	20,0
Магний	MgO	0,8	2,0	3,8
Микро-элементы	B	0,03	0,03	0,03
	Cu	0,15	0,15	0,15
	Mn	0,16	0,16	0,16
	Mo	0,20	0,20	0,20
	общ. Fe	0,09	0,09	0,09
	водораст. Fe	0,09	0,09	0,09
	Zn	0,04	0,04	0,04

Таблица 15.8 – Характеристика водорастворимых удобрений АО «Кемира Агро»

Элемент питания	Содержание, %						
	Кемира комби	Кемира гидро	Нитрат магния	Кемира супер	Нитрат калия	Кальциевая селитра	Кемира универсал
Азот (N)	14,0	6,4	9,4	11,0	13,8	15,5	10,0
Фосфор (P)	11,0	11,0		24,0P ₂ O ₅			20,0
Калий (K)	25,0	31,0		24,0K ₂ O	46K ₂ O		11,0
Сера (S)	1,8	4,0		6,0			2,5
Магний (Mg)	1,4	2,7	8,1				1,0
Железо (Fe)	0,1	0,1		0,5			0,1
Бор (B)	0,02	0,02		0,08			0,15
Медь (Cu)	0,01	0,01		1,0			0,1
Марганец (Mn)	0,1	0,1		0,4			0,7
Цинк (Zn)	0,01	0,01		0,2			0,1
Молибден (Mo)	0,002	0,002		0,1			0,01
Кобальт (Co)	0,001	0,001					
Йод (I)	0,001	0,001					
Хром (Cr)	0,001	0,001					
Селен (Se)							0,0006
Кальций (Ca)						19,0	

16. УДОБРЕНИЕ ПЛОДОВЫХ И ЯГОДНЫХ КУЛЬТУР

16.1. Особенности питания плодовых и ягодных культур

Государственной программой на ближайшие годы в Беларусь предусмотрено увеличение производства плодово-ягодной продукции около 800 тыс.т, что составляет около 80 кг на одного жителя в год.

В настоящее время в республике основными плодовыми культурами являются семечковые (яблоня, груша, айва) и косточковые (слива, вишня, алыча, черешня, абрикос и др.), ягодными – земляника, смородина (черная, красная, белая), крыжовник, малина и др.

Садоводство – высокоинтенсивная отрасль, требующая значительных затрат при закладке плантаций и в уходе за ними. Поэтому рентабельность садоводства, которая в республике может достигать до 150%, зависит от применения рациональной системы удобрения с учетом биологических особенностей плодовых и ягодных культур, возраста сада, фазы развития растений, почвенных и погодных условий. Особенно высокие требования к питанию предъявляют интенсивные скороспелые сорта плодовых культур на высокорослых подвоях.

Отличительная особенность плодовых и ягодных культур – их длительное возделывание на одном месте – до нескольких десятков лет. При соответствующем подборе сортов и хорошем уходе они могут плодоносить ежегодно.

Питание многолетних растений имеет специфические особенности, которые необходимо учитывать при применении удобрений. Требования к питанию у плодовых и ягодных культур изменяются в зависимости от их возраста, и в связи с этим их жизненный цикл разделяют на 3 периода.

Первый период – от посадки до полного плодоношения – зависит от породных и сортовых особенностей культур и составляет 2-5 лет. В это время у плодовых культур усиленно растут надземная масса и корневая система, рост продолжается до поздней осени, они очень чувствительны как к недостатку, так и избытку элементов питания. Слишком высокий уровень азотного питания усиливает рост вегетативной массы и замедляет вступление плодовых культур в плодоношение. В этот период важно сбалансированным применением удобрений уравновесить вегетативное и генеративное развитие растений.

Второй период – полное плодоношение. В это время интенсивно растут плодовые веточки и почки, замедляется рост побегов. Для получения максимальной продуктивности необходима оптимизация минерального питания растений. В этот период возрастают потребность их в калии.

Третий период – массовое усыхание больших скелетных ветвей – характеризуется затуханием плодоношения. Питание плодовых происходит умеренно. Дозы удобрений в этот период несколько меньше, чем во втором, но резко снижать их не следует, так как необходимо поддерживать плодоношение.

На протяжении одного вегетационного периода плодовые культуры предъявляют различные требования к элементам питания. Максимум их потребления отмечается дважды:

– весной (до и во время распускания почек, цветения и образования листового аппарата);

– осенью (накопление запасных питательных веществ и вторая волна роста корней: конец сентября начало октября).

Весной потребляется больше калия, осенью – азота. Фосфор поступает на протяжении всего вегетационного периода, имея два максимума: в конце мая-июня – первый, в августе – второй.

Плодоносящие деревья из основных элементов питания усваивают больше всего калия, меньше – азота и еще меньше – фосфора. Например, для яблони отношение N:P:K для создания единицы биомассы в среднем составляет 2:1:2,5. На формирование 1 тонны продукции плодовые культуры выносят в среднем 5,0 кг азота, 1,6 кг фосфора, 5,5 кг калия. На создание единицы (тонны) продукции ягодники расходуют больше элементов питания, чем плодовые – 9,1 кг/т азота, 2,9 кг фосфора и 9,5 кг/т калия.

Своевременная уборка урожая, умеренное азотное питание при достаточной обеспеченности фосфором и калием способствуют закладке плодовых почек и уменьшают периодичность плодоношения.

Корневая система у **плодовых культур** представляет разветвленную сеть крупных и мелких корней. У косточковых культур они размещаются более поверхностно, чем у семечковых. Вертикальные корни плодовых культур углубляются на 10 м. Диаметр круга, занятого корнями, в 1,5-2 раза больше диаметра кроны. Однако плотность корней в пределах проекции кроны в 3-4 раза больше, чем за ее пределами.

Среди ягодных культур **черная смородина** отличается наибольшей требовательностью к плодородию почвы. Корни черной смородины залегают преимущественно в верхних слоях

почвы (до 60 см) и лишь небольшая их часть уходит на глубину 1,5 м. В почвенном слое до 10 см у смородины находится половина корней.

Черная смородина требовательна к уровню питания. Больше всего она потребляет азота. Однако из всех ягодных культур черная смородина самая отзывчивая на внесение фосфора. Азот интенсивнее усваивается, когда растения выходят из состояния покоя и во время распускания почек и цветения.

У *крыжовника* корневая система залегает неглубоко – на глубине 5-40 см. В отличие от черной смородины он более требователен к калийному питанию. Крыжовник чувствителен к хлору, и поэтому при его выращивании лучше вносить бехлорные удобрения. На легких почвах крыжовник испытывает недостаток магния, что устраняется внесением доломитовой муки.

Малина требовательна к плодородию почвы и минеральному питанию. Она имеет мочковатую корневую систему, которая в основном залегает на глубине 10-30 см. Эта культура отличается высоким выносом питательных веществ, что обусловлено интенсивным почвообразованием и ежегодным отмиранием почти половины надземной массы. Максимальное потребление элементов питания у малины наблюдается в период цветения и завязывания ягод, позже усвоение фосфора и калия снижается, потребление же азота продолжается и после сбора ягод.

Земляника отличается высоким потреблением элементов питания, хотя с урожаем выносится незначительная их часть. Корневая система – мочковатая, с длинными корневыми волосками. Основная масса корней этого травянистого растения располагается в верхних слоях почвы.

В потреблении питательных веществ у земляники выделяют два критических периода:

- весной, когда происходит закладка цветочных почек;
- осенью в конце вегетации, когда закладываются плодовые почки и растут корни.

В эти периоды земляника должна быть хорошо обеспечена питательными веществами, в первую очередь азотом и фосфором. Хотя плодовые и ягодные культуры нельзя назвать очень чувствительными к кислотности почвы, однако высокая кислотность почвы отрицательно влияет на их рост и урожайность. По

отношению к кислотности плодовые деревья делятся на 2 группы:

– требующие нейтральную реакцию (рН 6,5-7,0) – черешня, слива, вишня, абрикос;

– развивающиеся на слабокислых и близких к нейтральным почвах (рН 6,0-6,5) – яблоня, груша;

Ягодные культуры в свою очередь можно разделить на три группы:

– не переносящие кислых почв (рН 6,0-6,5) – черная смородина;

– хорошо растущие на слабокислых почвах (рН 5,5-6,0) – земляника;

– не переносящие избытка кальция (рН 5,0-6,0) – малина, крыжовник.

16.2. Удобрение плодовых культур

Удобрение сеянцев и саженцев в плодовом питомнике.

Плодовый питомник состоит из трех основных отделений: маточных насаждений, размножения подвоев – школа сеянцев и размножения и формирования привитых саженцев (школа саженцев).

Саженцы плодовых культур отличаются высоким выносом питательных веществ и предъявляют повышенное требование к плодородию почвы и ее водно-физическим свойствам. Почву для школы сеянцев готовят летом, при этом под вспашку на глубину 25-30 см вносят до 100 т/га органических удобрений (подстилочного навоза или торфонавозного компоста) и 90 кг/га фосфора и 120 кг/га калия (таблица 16.2.1).

Одновременно с севом семян плодовых культур целесообразно вносить фосфор в дозе 20 кг/га. В фазе 3-4 настоящих листьев проводят первую подкормку N_{40-50} , а в начале интенсивного роста, примерно через 15-20 дней после первой подкормки – вторую в дозе N_{40-45} .

Подвойный материал высаживается в школу саженцев. Почву в школе саженцев заправляют органическими и минеральными удобрениями аналогично школе сеянцев. Эту работу проводят не позже, чем за 2 месяца до осенней посадки саженцев.

Таблица 16.2.1 – Удобрение плодовых культур

Возрастной период и срок внесе- ния удобре- ний	Основное				Подкормка			
	органи- ческие, т/га	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	органи- ческие, т/га	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
		кг/га				кг/га		
Питомник								
Перед посе- вом и по- садкой	80-100	-	90	120	-	-	-	-
Сеянцы	-	-	-	-	-	50 + 40	-	-
Саженцы (1- 2 летки)	-	-	-	-	-	50 + 45	-	-
Молодой сад								
Перед зак- ладкой сада	80–100	-	90– 100	100– 120	-	-	-	-
При посадке сада (на 100 погон. м.)	0,8-1,2	-	4-6	2,0- 2,5	-	-	-	-
*3-4 год по- сле посадки	-	-	-	-	25-30	25	20	25
*5-6 год по- сле посадки	-	-	-	-	30-40	35	25	35
*7-8 год по- сле посадки	-	-	-	-	40-50	50	25	50
Плодоносящий сад								
Начало плодоношения								
Семечковые	-	-	-	-	45	80	60	90
Косточковые	-	-	-	-	30	50	50	50
Полное плодоношение								
Семечковые	-	-	-	-	45	100	90	120
Косточко- вые	-	-	-	-	45	90	60	90

Примечание. * – в молодом саду дозы органических удобрений – кг/1 дерево в приствольный круг (на 3 года), минеральных – г д.в./1 дерево в приствольный круг. В плодоносящем саду дозы органических удобрений вносят на 3 года.

На следующий год весной перед первой междуурядной обработкой почвы саженцы (однолетки) подкармливают азотными удобрениями в дозе 45-50 кг/га д.в. При достижении окулянтами высоты 15-20 см, т.е. в начале интенсивного их роста проводят вторую подкормку в той же дозе, что и первую.

В школе саженцев, где выращиваются двухлетки, удобрения вносятся по мере необходимости. Если почва была хорошо засеяна органическими, фосфорными и калийными удобрениями, то ограничиваются внесением азотных удобрений в дозе 45-50 кг/га д.в. в первую половину вегетации (до середины июля) во избежание затягивания роста, а также для хорошего формирования древесины.

Предпосадочное окультуривание почвы и внесение удобрений при посадке сада. Для посадки сада требуются возвышенные участки с выровненным рельефом и низким уровнем грунтовых вод. Наиболее пригодными почвами под сад являются дерново-подзолистые суглинистые, подстилаемые с глубины лессовидными и моренными суглинками, а также связносупесчаные, подстилаемые моренным суглинком.

Если почва отводимого под сад участка недостаточно плодородна, то лучше за 2-3 года до посадки сада провести ее окультуривание, которое предполагает известкование, внесение органических, фосфорных и калийных удобрений, посев многолетних трав и сидеральных культур. Органические удобрения вносятся в дозе 80-100 т/га, фосфорные – в дозах 90-100 кг/га д.в., калийные – в дозах 100-120 кг/га д.в. Дозы извести рассчитывают на весь пахотный горизонт, две трети дозы глубоко запахивают, а остальное количество заделывают в верхний слой почвы. Затем участок засевают многолетними бобовыми травами или бобово-злаковыми травосмесями. В год закладки сада зеленую массу последнего укоса запахивают.

Как показывали научные исследования, на хорошо окультуренной почве внесение удобрений при посадке сада малоэффективно. При ускоренной закладке садов без предварительного окультуривания почвы удобрения вносят при посадке в траншее или посадочные ямы. Итак, удобрения при посадке сада нужно вносить, если они не применялись при окультуривании почвы.

Ямы под семечковые культуры копают шириной 1,0-1,2 м, глубиной 0,6 м, для косточковых – 0,8 м и 0,6 м, для ягодных кустарников – 0,5-0,6 м и 0,3 м соответственно. Под яблоню и грушу в яму вносят 30-40 кг перегноя или компоста, под вишню и сливу – 15-25 кг, ягодные кустарники – 8-12 кг.

Слаборазложившийся навоз в яму применять нельзя, так как внесенный на большую глубину он разлагается в анаэробных условиях с образованием вредных, недоокисленных соединений или метана, что снижает приживаемость саженцев.

При средней обеспеченности почв под яблоню и грушу вносят по 40 г фосфора и калия, при низкой – по 60 г. Дозы удобрений под косточковые снижают в 2 раза. Для ягодных кустарников в посадочную яму вносят 20-30 г фосфора и 10-15 г калия. На почвах с повышенным и высоким содержанием P_2O_5 и K_2O фосфорные и калийные удобрения можно не вносить.

Для засыпки ям используют верхний перегнойный слой почвы. Органические удобрения равномерно перемешивают со всей массой почвы, используемой для засыпки ямы. Две трети фосфорных и калийных удобрений высыпают на дно ямы и перекапывают, а остальные перемешивают с почвой, которой засыпают яму. Каждый саженец поливают 20-30 л воды, а затем приствольные круги мульчируют торфом или перегноем.

В промышленных садах используется траншейный способ посадки деревьев. Траншеи нарезают плантажным плугом глубиной 45-60 см. На 100 м траншеи вносят 0,8-1,2 т органических удобрений, 4-6 кг д.в. фосфорных и 2,0-2,5 кг д.в. калийных удобрений. Органические удобрения укладывают по линии будущей траншеи, а фосфорные и калийные лучше высыпать на ее дно. После засыпки траншеи бульдозером со специальным приспособлением сажают саженцы и делают лунки для полива.

Удобрение молодого и плодоносящего сада. Хорошая присадочная заправка удобрениями обеспечивает рост деревьев 2-3 года. Если рост замедляется, весной поверхность под первое рыхление вносят 4-5 азота на 1 m^2 приствольного круга и заделывают на глубину 10-12 см.

Начиная с 3-4-го года жизни в молодом саду на почвах повышенного и среднего уровня плодородия в приствольные круги

раз в 2-3 года вносят навоз или компост из расчета 6-8 кг/м² или 25-30 кг на 3-4 летнее дерево и 40-50 кг на одно 7-8 летнее.

Средние дозы азотных и калийных удобрений – 9 г, фосфорных – 6 г д.в. на 1 м² или 25-35 г на одно дерево. На почвах с низким содержанием Р₂O₅ и K₂O дозы этих удобрений увеличивают в 1,5 раза, а с высоким – уменьшают.

Фосфорные и калийные удобрения лучше вносить осенью и заделывать около ствола на глубину 10-12 см и на периферии кроны – на 18-20 см. Если удобрения не внесены осенью, это можно сделать весной. Азотные удобрения необходимо вносить дробно: 60% весной и 40% в середине лета, в период налива плодов.

С началом плодоношения молодых садов увеличивается вынос питательных веществ из почвы. Если первые 4-5 лет после посадки саженцев в питании всех плодовых культур преобладает азот, то позднее семечковые выносят больше калия. Поэтому дозы калия под них увеличивают.

Средние дозы удобрений для плодоносящих садов представлены в таблице 16.2.1. На почвах с низким содержанием фосфора и калия поправочный коэффициент к средней дозе равен 1,3, с повышенным – 0,75, высоким – 0,5, очень высоким – 0,25.

Фосфорные и калийные удобрения обеспечивают высокий эффект при внесении их в период покоя (с октября до начала вегетации). В приствольных кругах удобрения лучше заделывать на глубину 10-15 см, а в междурядьях – до 20 см.

Азотные удобрения целесообразно вносить дробно: 40% от общей дозы – рано весной, 30 – после цветения и 30% – осенью. По данным многочисленных научных исследований, дозы азота свыше 120 кг/га себя не оправдывают.

Осенью важно обеспечить плодовые деревья питательными веществами во время второй волны активного роста корней (конец сентября – начало октября), когда накапливаются резервные питательные вещества, от чего зависит их морозоустойчивость, рост и урожайность в следующем году. Удобрения, внесенные осенью, используются плодовыми деревьями до наступления зимы.

Для оптимизации минерального питания плодовых культур проводят некорневые подкормки макро- и микроэлементами. Когда ожидается очень высокий урожай и закладка цветочных почек из-за недостатка азота находится под угрозой, эффективна некорневая подкормка раствором мочевины. Опрыскивание раствором мочевины проводят через 8-10 дней после цветения в следующих концентрациях: яблоня – 0,4-0,5%, груша – 0,2-0,3%, вишня, слива – 0,6-0,8%.

При поражении плодовых культур розеточностью из-за недостатка цинка эффективны двух-трехкратные некорневые подкормки 0,3-0,5%-ым раствором сульфата цинка.

При низком содержании в почве бора уменьшается завязывание плодов, появляется опробковение. Это можно устранить некорневыми подкормками 0,05%-ым раствором борной кислоты.

На почвах с низким содержанием меди необходимо проводить некорневые подкормки 0,05-0,1%-ым раствором сульфата меди после цветения растений или 1-3%-ым раствором сульфата меди в период пока по спящим почкам.

На почвах с pH_{KCl} , близкой к нейтральной (6,5-7,0), плодовые культуры нуждаются в марганце. Недостаток его устраняют некорневой подкормкой плодовых 0,1-0,2%-ым раствором сернокислого марганца после цветения растений или 1-3%-ым раствором этого удобрения – в период покоя.

Против появления бурой пятнистости и горькой ямчатости яблони обрабатывают 0,5-1,0%-ым раствором хлорида кальция.

При внесении удобрений в некорневую подкормку объем рабочего раствора составляет 800 л/га. Некорневые подкормки плодовых культур можно совмещать с обработкой против вредителей и болезней.

16.3. Удобрение ягодных культур

Землянику возделывают в специализированных севооборотах. Высокие урожаи она дает на плодородных, хорошо окультуренных почвах. Поэтому перед посадкой вносят 70-80 т/га полуперепревшего навоза, перегноя или компоста (таблица 16.3.1).

Таблица 16.3.1 – Удобрение земляники

Возрастной период	Основное				Подкормка		
	органиче- ские, т/га	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
		кг/га					
Перед по- садкой	70-80	-	100-120	100-120	-	-	-
Новосадка	-	30-40	-	-	-	-	-
1 год пло- доношения	-	-	-	-	40	40	50
2 год пло- доношения	-	-	-	-	40	40	50
3 год пло- доношения	-	-	-	-	40	-	-

Примечание. При внесении фосфора и калия в запас перед посадкой они не вносятся в период плодоношения.

Под землянику не вносят свежий навоз, так как он плохо перемешивается с почвой, а корень, соприкасаясь с ним, плохо приживается. Органические удобрения задельвают не позднее 7-10 дней до посадки. Посадку земляники можно проводить в течение всего вегетационного периода, но не позднее конца августа.

Фосфорные и калийные удобрения можно внести в запас на 3 года по 100-120 кг/га вместе с органическими, но можно применять ежегодно в дозах 40-50 кг/га д.в.

Новосадку земляники подкармливают 30-40 кг/га азота при весенней посадке в июле-августе, а при осенней – весной следующего года.

Землянику 1-2-го года плодоношения удобряют азотом, фосфором и калием, а 3-го года – только азотом. В 1-й и 2-й годы плодоношения половина дозы азота (20 кг/га) вносится весной, другая – вместе с фосфорно-калийными удобрениями применяется после сбора урожая. Подкормка земляники 3-го года плодоношения проводится только азотом рано весной.

В начале роста земляники эффективна некорневая подкормка раствором мочевины и микроэлементов (0,2% мочевина и по 0,02% перманганата калия, борной кислоты и молибдата аммония). Эффективна и двукратная некорневая подкормка растений

в начале цветения и во время роста завязи 0,01-0,02%-ным раствором сернокислого цинка. Микроэлементы можно использовать и в хелатной форме (Адоб, Эколоист и др.).

Ягодные кустарники черной смородины и крыжовника на хорошо заправленных почвах несколько лет не нуждаются в фосфорных и калийных удобрениях, в этом случае можно ограничиться внесением только азотных удобрений до распускания почек в дозе 60 кг/га. В дальнейшем внесение полного удобрения обязательно. Средние дозы удобрений на плодоносящих плантациях смородины, крыжовника и малины приведены в таблице 16.3.2.

Таблица 16.3.2 – Удобрение смородины, крыжовника и малины

Возрастной период	Основное			Подкормка			
	органические, т/га	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
		кг/га					
Перед посадкой	100	-	100-120	100-120	-	-	-
До вступления в плодоношение	-	-	-	-	60	-	-
Начало плодоношения	-	-	-	-	60	90* 60	60* 90
Полное плодоношение	-	-	-	-	90	120* 90	90* 120

Примечание. * – дозы для черной смородины

Смородина более требовательна к уровню фосфорного питания, крыжовник – калийного. При низкой обеспеченности почвы фосфором и калием средние дозы увеличивают на 25% при повышенной – наполовину снижают.

Фосфорные и калийные удобрения можно вносить в запас на 2-3 года или ежегодно осенью после сбора ягод под вспашку,

азотные – ежегодно весной под культивацию. При высоком урожае смородины и крыжовника азотные удобрения применяют в 2 срока: рано весной и в фазу зеленой завязи.

Малина очень отзывчива на внесение органических и минеральных удобрений. При хорошей предпосадочной заправке почвы удобрениями в первые два-три года (100 т/га органических, 100-120 кг/га – фосфора и калия) малину можно не удобрять. Только при слабом росте растений в первый и второй год весной их подкармливают азотом в дозе 60 кг/га. В дальнейшем в период полного плодоношения вносят 90 кг/га азота, 60-90 кг/га фосфора и 90-120 кг/га калия.

Лучший срок внесения удобрений под малину: весной после схода снега – азотные, после рыхления почвы – органические (мульчирование), осенью – фосфорные и калийные. Последние можно вносить и весной вместе с азотными.

Все ягодные кустарники, особенно малина, отзывчивы на бор. Недостаток бора в почве приводит к отмиранию почек весной, в результате чего не развиваются плодовые веточки и растение не плодоносит. Для устранения дефицита этого микроэлемента проводят некорневую подкормку кустарников 0,05-0,15%-ным раствором борной кислоты в фазы бутонизации и цветения, через 2 недели после цветения обработку повторяют. В качестве борного удобрения можно использовать Адоб В, Эколист моно В и др.

17. ТЕХНОЛОГИЯ ХРАНЕНИЯ, ПОДГОТОВКИ И ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ

17.1. Транспортировка и хранение минеральных и известковых удобрений

Транспортировка минеральных и известковых удобрений. От заводов до складов РО «Райагросервис» осуществляют железнодорожным и автомобильным транспортом.

Затаренные удобрения перевозят в крытых железнодорожных вагонах, как правило, в пакетах на стоечных поддонах, устойчиво размещенных в вагоне. Для пакетной транспортировки

и выгрузки удобрений из вагонов необходимы широкие дверные проемы.

Незатаренные гранулированные удобрения лучше всего перевозить в специализированных саморазгружающихся вагонах или в крытых вагонах общего значения с дверными проемами, оборудованными заградительными щитами.

Для доставки слабопылящихся химических мелиорантов используют вагоны-минераловозы и универсальные крытые вагоны с уплотняющимися дверями, а при контейнерной перевозке – полувагоны и платформы.

Пылящиеся известковые мелиоранты (доломитовая и известняковая мука) перевозят в железнодорожных и автомобильных цистернах-цементовозах, а также в специализированных саморазгружающихся вагонах.

Базисные растворы ЖКУ, КАС поступают с заводов на прирельевые склады РО «АгроСервис» железнодорожным или автомобильным транспортом. Способ доставки зависит от расстояния. Железнодорожные цистерны, оборудованные нижним сливом, для доставки удобрений от завода до склада рекомендуют при расстоянии свыше 120 км. При доставке автомобильным транспортом лучше использовать автомобильные полуприцепы с двумя-тремя пластиковыми емкостями (мягкие контейнеры «Биг-бэг») вместимостью по 3200 л.

Разгрузку вагонов проводят по схеме «вагон-склад» или «вагон-автомобиль». При этом используют приемное устройство склада, а при его отсутствии – подкаточный транспорт. Недопустима выгрузка удобрений на открытые площадки (кроме удобрений, затаренных в полиэтиленовые мешки или контейнеры). После выгрузки вагонов и других транспортных средств нужно тщательно их вычистить.

При перевозке удобрений автотранспортом необходимо использовать специализированные автомобили с закрытым кузовом, а при перевозке (особенно незатаренных удобрений) обычными автомобилями кузова оборудуют верхними непромокаемыми укрытиями. После разгрузки удобрений кузова автомобилей необходимо тщательно вычистить.

Типы складов для хранение минеральных удобрений. Необходимость складирования удобрений обусловлена значитель-

ными (10-15%) их потерями на открытых площадках, сезонностью применения и неравномерным поступлением в течение года. Типы и размеры складов определяют с учетом годовой оборачиваемости удобрений.

Минеральные удобрения хранят в специальных типовых складах. Они могут быть:

- прирельсовыми (РО «АгроСервис»);
- глубинными (хозяйства).

При их отсутствии удобрения хранят в приспособленных помещениях и на специально подготовленных площадках.

Прирельсовые склады служат в основном перевалочными пунктами и представляют собой крупные механизированные предприятия для приема удобрений из железнодорожных вагонов, кратковременного хранения и отпуска их хозяйствам.

Вместимость прирельсовых складов рассчитывается исходя из количества обслуживаемых хозяйств, их удаленности от склада и годовой потребности в удобрениях, а также минимальных затрат на строительство. Здания строят из кирпича, железобетонных конструкций и других материалов. Располагают их на расстоянии не ближе 200 м от жилых, общественных и производственных зданий.

В последние годы вместо отдельных складов чаще строятся крупные базы химической продукции, включающие целый комплекс сооружений:

- несколько складов сухих удобрений;
- склад или емкости жидкого удобрений;
- склад (силосного типа) пылевидных известковых удобрений;
- автомобильные весы;
- бытовые и санитарные помещения;
- другие помещения.

В зависимости от типового проекта прирельсовые склады могут быть вместимостью от 5000 до 15000 т.

Размер склада хозяйства зависит от перспективной потребности в минеральных удобрениях и коэффициента их оборачиваемости. Типовые проекты решения складских комплексов для хозяйственных пунктов химизации предусматривают склады для единовременного хранения 1200-3200 т.

В складские комплексы входят:

- склад твердых удобрений;
- склад аммиачной селитры;
- склад пестицидов;
- блок приема и погрузки удобрений;
- весовая;
- бытовые помещения;
- резервуар для воды (100 м³).

Все склады минеральных удобрений должны отвечать следующим требованиям:

- полная изоляция удобрений от атмосферных осадков, тальных и грунтовых вод;
- поддержание микроклимата, исключающего сквозняки и приток влажного воздуха;
- механизация погрузочно-разгрузочных работ (центральный проезд шириной 3 м для машины);
- бетонные или асфальтовые полы.

Хранение минеральных удобрений на базах РО «Агросервис». Поступившие в адрес «Агросервис» удобрения должны быть оприходованы в день прибытия. Прием начинается с осмотра железнодорожных вагонов, пломб отправителя. При осмотре должен присутствовать представитель транспортной организации. Продукция приходится по документам завода-изготовителя или составляется акт приемки. При поступлении недоброкачественной продукции, недостаче или других нарушениях составляется акт-рекламация. Для этого из партии удобрений отбираются арбитражные пробы. Анализ арбитражных проб выполняют ОПИСХ. На основании заключения о недоброкачественности продукции составляют акт-рекламацию. Поставщик обязан рассмотреть претензию в 10-дневный срок. Если в течение 10 дней получатель не получит ответа или завод-изготовитель откажется удовлетворить претензию, то он обязан обратиться в Госарбитраж.

Минеральные и известковые удобрения выгружают из вагонов в соответствующие прирельсовые склады. При отсутствии складских помещений непылевидные известковые удобрения временно складируются в бурты на бетонированных площадках под навесом.

Удобрения, поступающие в таре (кроме аммиачной селитры), должны укладываться на плоские или стоячие поддоны в три яруса и храниться в специальных складах. В складах каждому виду удобрений отводится свое место.

Аммиачная селитра огнеопасна, поэтому ее хранят в отдельных складах или в изолированных секциях. Хранят ее на стоячих поддонах (в антикоррозионном исполнении) в два яруса. Разрешается временное складирование аммиачной селитры на плоских поддонах высотой 2 м. Расстояние от штабеля до стены – 1 м, между штабелями – до 3 м.

Для выгрузки затаренных минеральных удобрений, уложенных в поддоны, используют аккумуляторные погрузчики ЭПВП-1 и автопогрузчик марки 4022. Можно использовать ленточные транспортеры.

Незатаренные удобрения хранятся навалом слоем не более 4 м (гранулированный суперфосфат – до 5 м). Каждый вид удобрения хранится в отведенном для него отсеке с указанием на табличке вида и качества тука. Для выгрузки и погрузки незатаренных удобрений используют ленточные конвейеры МВС-3М и др.

Пылевидные известковые удобрения из цистерн-цементовозов и вагонов типа «Хоппер» выгружаются в прирельсовые склады силосного типа, включающие силосные железобетонные или металлические емкости вместимостью 250-500 т или сразу в автоцистерны-минераловозы (АРУП-8) пневматическими разгрузчиками С-577 и других марок.

Жидкие удобрения (КАС, ЖКУ) поступают в склады в железнодорожных цистернах, оборудованных нижним сливом, и разгружаются через сливные стояки с помощью центробежных насосов. Хранятся жидкие удобрения в горизонтальных и вертикальных резервуарах вместимостью 50, 100, 300 м³.

Хранение минеральных удобрений в хозяйстве Удобрения и другую химическую продукцию хозяйства могут получать непосредственно от химических заводов или со складов РО «АгроСервис». В хозяйства удобрения перевозятся специальными машинами контейнерного типа или обычным автотранспортом, оборудованным верхним непромокаемым укрытием. Условия поставки удобрений указываются в договоре, который хозяйство

заключает с поставщиком. При поставке некачественных удобрений хозяйство имеет право предъявить претензии поставщику. Условия предъявления претензий хозяйства к поставщику аналогичны первому случаю (завод-изготовитель – РО «Агросервис»).

Приемку удобрений в хозяйстве выполняет кладовщик склада минеральных удобрений, который несет за них материальную ответственность.

Минеральные удобрения в хозяйствах хранятся в типовых складах вместимостью 1000-3000 т или в приспособленных помещениях. Каждый вид удобрений помещают в отдельные отсеки, которому присваивается постоянный номер.

При хранении минеральных удобрений в складах необходимо соблюдать следующие правила:

- удобрения в таре должны аккуратно укладываться в штабеля из 12-15 ярусов;
- незатаренные удобрения хранят навалом высотой слоя не более 2,5-3 м, а гранулированный суперфосфат – до 5 м;
- каждый вид удобрения должен храниться отдельно;
- на каждый вид удобрения устанавливается этикетка с указанием вида удобрения, содержания действующего вещества и массы партии;
- вокруг складского помещения делают и регулярно очищают сточные канавы;
- в сухую погоду склады удобрений проветривают, а в сырую – закрывают и открывают только для отпуска или приема удобрений;
- в складах минеральных удобрений запрещается хранить другие материалы;
- запрещается хранить аммиачную селитру в одном помещении с легковоспламеняющимися материалами; склады аммиачной селитры должны иметь на воротах надписи «Аммиачная селитра, огнеопасно»; размещение склада аммиачной селитры согласуется с органами государственного и пожарного надзора; вблизи от мест хранения NH_4NO_3 запрещается пользоваться открытым огнем;
- территория склада должна быть огорожена.

При отсутствии складов удобрения складируются на подготовительных открытых площадках. Площадки устраивают на высоком месте, покрываются бетоном или асфальтом. На место, предназначенное для бурта удобрений, насыпают «подушку» из сухой торфокрошки, соломы и покрывают ее полиэтиленовой пленкой или другими изолирующими материалами. Минеральные удобрения насыпают буртами высотой 1,5-2 м, укрывают плёнкой и присыпают землей, торфом или опилками. На каждый бурт прикрепляется этикетка. Привоз, буртовка и укрытие удобрений должны проводиться в течение одного дня. Вокруг площадки делают сточные канавки.

Емкости для КАС должны устанавливаться на прочные опоры, исключающие деформацию резервуаров, или укладываются на песчаную подушку. В последнем случае нижнюю часть емкости покрывают битумом. Погрузочно-разгрузочные операции должны осуществляться без потерь и загрязнения минеральных удобрений. Санитарное состояние складских помещений при выполнении погрузочно-разгрузочных операций не должно превышать допустимые нормы по запыленности и загазованности.

Необходимо осуществлять точный учет поступления и расходования удобрений. Минеральные удобрения со складов или площадок отпускаются только по накладным.

Подготовка удобрений к внесению. Подготовку минеральных удобрений к внесению, растаривание и измельчение сложившихся туков, смешивание проводят непосредственно на складе с использованием специальных машин, а при их отсутствии и при выполнении этих работ вручную – обязательно на асфальтной или бетонной площадке. Подготовка минеральных удобрений к внесению состоит из растаривания, измельчения слежавшихся удобрений, их просеивания и приготовления смеси. Растаривание мешков с удобрениями и измельчение слежавшихся удобрений проводят с помощью растаривателя-измельчителя АИР-20. Производительность агрегата – 20-30 т/ч.

Для приготовления смеси удобрений используют различные машины (тукосмесительные установки СМУ-30, УТМ-30 и др.). Эти установки производительностью 30 т/ч предназначены для приготовления двух- и трёхкомпонентных смесей минеральных удобрений.

Большинство удобрений можно смешивать только перед самым внесением удобрений. Хорошими физическими свойствами обладают смеси из гранулированных удобрений, имеющие одинаковый размер гранул и установленную ГОСТом влажность. Смешивание должно проводиться по соответствующим правилам, которые приведены на рисунке 17.1. Большинство форм удобрений можно смешивать лишь только перед непосредственным их внесением. Например, при заблаговременном смешивании аммиачной селитры с суперфосфатом получается мажущая смесь, неудобная для рассева, а при хранении она к тому же затвердевает.

Для улучшения физических свойств смеси наиболее применяемых удобрений – аммиачной селитры, суперфосфата и хлористого калия – необходимо добавлять доломитовую муку (10-15% от массы смеси), которая снизит гигроскопичность смеси. При этом сохраняется хорошая рассеиваемость смеси даже при хранении в течение 4-5 месяцев. Для приготовления туковых смесей с хорошими физическими свойствами в первую очередь используют мочевину, двойной или аммонизированный суперфосфат, аммофос, крупнокристаллический хлористый калий.

17.2. Технологии внесения удобрений

В зависимости от расстояния перевозок удобрений, наличия машин, доз удобрений, организации работ по подготовке, транспортировке и внесению туков применяют три основные технологические схемы применения удобрений:

1. **Прямоточную: склад – погрузка – машина для внесения удобрений – поле;**
2. **Перегрузочную: склад – погрузка – транспортные средства – перегрузка – машина для внесения удобрений;**
3. **Перевалочную: склад – погрузка – транспортные средства – разгрузка – временные площадки на поле – погрузка – машина для внесения удобрений.**

Известковые удобрения. По физическим свойствам их условно разделяют на:

- пылевидные (доломитовая мука, цементная пыль, сланцевая зола);

- заблаговременное смешивание
 - смешивание непосредственно перед внесением
 - недопустимо смешивание

Рисунок 17.1 – Схема смешивания удобрений

– непылящиеся (известняковая мука, доломитовая мука, дефекат).

Пылевидные удобрения применяют по прямоточной и перегрузочной технологических схемах. Для транспортировки и внесения этих известковых удобрений используют машины АРУП-8 и РУП-8, 10, 14 (соответственно на автомобильной и тракторной тягах).

Для внесения доломитовой муки может быть использована машина для внесения химмелиорантов МШХ-9 отечественного производства (на автомобильной тяге). Она состоит из кузова для химмелиорантов, распределяющих правой и левой шнековых штанг, дозирующего механизма, питающих транспортеров. В последние годы создана машина химизации самоходная МХС-10, предназначенная для внесения как известковых материалов, так и минеральных удобрений.

Прямоточную технологическую схему целесообразно применять, когда расстояние от прирельсового склада или завода до поля – 20-30 км. Мелиоранты загружают пневматически из складов башенного типа в цистерны, которые доставляют их на поле и распределяют по его поверхности. Основными агрегатами по транспортировке и внесению доломитовой муки являются: Т-151К + РУП-8, Т-151К + РУП-10. Внесение известковых удобрений по прямоточной технологии указанными агрегатами энергетически обосновано на расстояниях 5-6 км. Транспортировать и вносить известковые удобрения на большие расстояния можно автомобильными агрегатами АРУП-8 + ЗИЛ-130-В1, однако меньшая проходимость агрегата по полю, особенно по свежевспаханному, ограничивает возможности его использования. Его можно использовать при известковании по стерне, многолетним травам до перепашки.

По *перегрузочной* наиболее распространенной технологии доломитовая мука пневматическим насосом из башенных складов подается в цистерны АРУП-8 (МТП-10), транспортируемые ЗИЛ-130-В1 до поля, где известь перекачивается в РУП-8 (РУП-10), агрегируемые трактором Т-151К.

Прямоточная и перегрузочная технологические схемы работы машин экономически наиболее выгодны и обеспечивают полную механизацию процессов.

Непылящие известковые удобрения (дефекат, сыромолотый доломит, карбонатный сапропель) вносят по трем технологическим схемам: прямоточной, перегрузочной и перевалочной. Для погрузки извести в бункера используются погрузчики типа ПЭ-Ф-1А, ПЭА-1,0 и др.

Прямоточная технология с использованием тракторных разбрасывателей МВУ-5А, МВУ-8 экономически эффективна при радиусе перевозок 3-5 км, автомобильных КСА-3 – до 12-15 км. Широкое распространение в последние годы получила прямоточная технология внесения известковых удобрений с использованием высокопроизводительной машины центробежного типа МХА-7 на автомобильной тяге Урал-5557. При использовании этого агрегата на транспортировку и внесение извести по прямоточной технологии радиус перевозки может быть увеличен до 20-25 км.

При перевалочной технологии мелиоранты загружают на складе погрузчиками в автомобили-самосвалы, которые доставляют их в поле на специально подготовленную бортовую площадку, расположенную на краю поля. Из бортов мелиоранты загружают погрузчиками в агрегаты для внесения (МТЗ-80 + МВУ-5А, Т-151К + МВУ-8, МТЗ-80 + 1РМГ-4 и др.), которые работают только на этом процессе. Недостаток технологии – потери извести в результате транспортировки, хранения, погрузки и разгрузки.

По перегрузочной схеме известковые удобрения доставляют в поле автомобилями-самосвалами САЗ-3502, перегружают в кузовные разбрасыватели и вносят в почву. Эта технология не находит широкого применения из-за недостатка погрузчиков.

Реально в условиях Беларуси большая часть площадей должна известковаться по перегрузочной технологии пылевидной доломитовой мукой, а при использовании других мелиорантов наиболее экономически обоснованной будет перевалочная технология. Прямоточные технологии приемлемы только для полей на небольшом удалении от складов известковых мелиорантов.

Твердые минеральные удобрения. В зависимости от расстояния перевозок удобрений, наличия машин, доз удобрений, организации работ по подготовке, погрузке, транспортировке и

внесению удобрений используют все три технологические схемы: прямоточную, перевалочную, перегрузочную.

При *прямоточной* схеме машины для внесения удобрений транспортируют и разбрасывают удобрения. Она эффективна при небольшой удаленности полей от склада, а также при использовании автомобильных разбрасывателей.

Перегрузочная и перевалочная схемы предполагает использование для перевозки транспортных средств, а для внесения – специализированных машин для внесения удобрений. Перевалочная технология к тому же требует мест перевалки (оборудованные площадки или временные площадки на поле).

При *перегрузочной* технологии загруженные на складе удобрения доставляются на поле транспортными средствами (автосамосвалами, тракторными прицепами, автопогрузчиками и т.д.), затем их перегружают в машины для внесения (разбрасыватели, комбинированные сеялки и т.д.).

При *перевалочной* технологии удобрения загружают в транспортные средства, перевозят к местам внесения, там выгружают на временные площадки, а затем с помощью транспортных и других погрузчиков или вручную загружают в используемые для внесения агрегаты.

Для внесения удобрений используют прицепные и навесные тракторные центробежные разбрасыватели, автомобильные разбрасыватели, туковые сеялки. Выбор комплекса машин определяется приемом и способом внесения твердых минеральных удобрений.

Основное (разбросное) внесение твердых минеральных удобрений может осуществляться любыми машинами, представленными в таблицах 17.2.1 и 17.2.2. Основными техническими средствами для внесения твердых минеральных удобрений в республике являются машины с центробежными дисковыми распределяющими рабочими органами. Более перспективны для внесения таких удобрений штанговые (шнековые) машины типа СУ-12, РШУ-12 отечественного производства, которые более равномерно вносят удобрения по сравнению с центробежными разбрасывателями.

Таблица 17.2.1 – Машины для внесения твердых минеральных и известковых удобрений

Показатели	Марка машины				
	1-РМТ-4А	МВУ-6	МВУ-8	СТТ-10	КСА-3
Агрегатируется	МТЗ-80/82	МТЗ-80/82	Т-150	К-701	МТЗ-80/82
Грузоподъемность	4	6	11	16	5
Ширина распределения удобрений, м	7-12	8-16	14,5-19,0	10,0-21,5	10,5-17,5
Доза внесения удобрений, кг/га	100-1000	150-10000	100-9700	100-1660	60-1320
Неравномерность внесения по ширине, ± %	25	20-22	25	20-22	11-17
				25	25

Таблица 17.2.2 – Машины для внесения удобрений белорусского производства

Машина	Марка машины	Объем бункера, л	Грузоподъемность, т	Ширина расположения удобрений, л	Рабочая скорость, км/ч	Неравномерность внесения, %	Доза внесения удобрений, кг/га	Производительность, кг/га	Трактор, кП.т.с.
Минеральные удобрения									
Машина для внесения химминергатов	МШХ-9		12	6,5	6-12	15	3-6	9	
Машина химизделий сажоходная	МСХ-10		12	10,8-22*	6-12	15	2000-6000*, 150-1000*	2,5, 6,12*	
Минеральные удобрения									
Рассеиватель минеральных удобрений	РУ-1600	1380	1,6	12-28	8-12	10-16	40-1100	25	0,9-1,4
– – –	РУ-3000	2470	3,0	12-28	8-12	10-16	40-1100	25	2,0
– – –	РУ-7000	7,0							
Машина для внесения твердых минеральных удобрений	МТП-4У	3900	4,5	16-24	8-12	10	60-2500	9-21	0,9-1,4
– – –	АВУ-0,8	800	0,8	10-24	3-12	10	40-10000	25	0,9-2,0
– – –	АВУ-1,5	1500	1,5	10-24	3-12	10	40-10000	25	1,4-2,0
Машина штанговая для внесения минеральных удобрений	МШВУ-18	9	9	18	8-12	3,7	100-700	18-20	2,0-3,0

Продолжение таблицы 17.2.2

Машина	Марка машины	Объем бункера, л	Грузоподъемность, т	Ширина расположения удобренний, л	Рабочая скорость, км/ч	Неравномерность \pm внесения, %	Доза внесения удобренний, кг/га	Производительность, га/ч	Трактор, КПТС
Разбрасыватель минеральных удобрений (дисковый)	РДУ-1,5	1100	1,5	10-24	3-12	10-16	50-500	12-16	1,4-2,0
- " -	РДУ-3,6		3,6	10-20	8-12	10-16	50-500	12-16	1,4-2,0
- " -	РДУ-8,5		8,5	10-28	8-12	10-16	50-500	16-20	1,4-2,0
Разбрасыватель минеральных удобрений «РОСА»	РРМУ «РОСА»	0,8	1,0	14-18	18-22	20	40-300	10-22	
Машинка для полокормки с.-х. культур	РМУ-1,6		1,6	10-12	8-12	10	40-1000		
Рассеиватель минеральных удобрений РМУ-8000		8,0							
Разбрасыватель минеральных удобрений Л-116			8-24	6-15	10	40-1000	8-16	0,9-2,0	
Сеялка для внесения минеральных удобрений СУ-12-01		850		12	10-12	4	10-240	7-12	1,4-2,0
Полкормщик штагеновый наездной	РШУ-12		0,55	10-12	10-11	8-11	60-300	7	1,4
Машинка для внесения удобрений и семян многолетних трав	РУС-07А	580		12,5			45-1000	13	1,4

Продолжение таблицы 17.2.2

Машина	Марка машины	Объем бункера, л	Грузоподъемность, т	Ширина расположения удобрений, м	Рабочая скорость, км/ч	Неравномерность внесения, %	Доза внесения удобрений, кг/га	Производительность, г/т.с.	Трактор, к.л.с.
Минеральные удобрения (при посеве)									
Сеялка зернотуковая универсальная	С6-Г	240		6	15				1,4-2,0
Сеялка точного высева с внесением удобрений	СТВ-СКУ	280		4,8-6,0			40-400	2,2	1,4
Сеялка точного высева с внесением удобрений	СТВ-12У	80 и 160		5,4-6,0			60-600	3,2	1,4-2,0
Жидкие минеральные удобрения									
Машина для внесения жидких минеральных удобрений	АПЖ-12			12		5	80-300	10	1,4
Самоходный отрыскователь	«РОСА-05»	0,6		10,5	20-40	0	10-60 (л)	60	

Продолжение таблицы 17.2.2

МашинаМарка машины	Объем бункера, л	Грузо-подъем-ность, т	Ширина распреде-ления удобре-ний, л	Рабочая скорость, км/ч	Неравно-мерность + внесе-ния, %	Доза внесе-ния удобре-ний, кг/га	Произ-водст-веннос-ть, га/ч	Трактор, кЛ.г.с.
Твердые органические удобрения								
МашинаМТГ-4		4,5	4-8			10-40		0,9
" -	МТГ-9	9	4-8			20-60		0,9-1,4
Жидкие органические удобрения								
МашинаМЖТ-Ф6		6	6-12	7-12		10-60		1,4
" -	МЖТ-Ф8	8	6-12	7-12		10-60		1,4-2,0
" -	МЖТ-Ф11	11	6-12	7-12		10-60		2,0-3,0
" -	МЖТ-Ф19	20	6-12	7-12		20-60		2,0-3,0

Для внесения твердых минеральных удобрений целесообразно использовать современные разбрасыватели ведущих мировых производителей RAUCH (модели МДС 935, Аксис 30,1, ТВС 5000), GASPARDO (модели ZENO-18, XPL 800 и др.), AG-REX (модели MAXI 4000), SIPMA, UNIA и др., которые позволяют вносить удобрения с неравномерностью не более 15%.

В настоящее время отечественными производителями сельскохозяйственной техники созданы зернотуковые сеялки, осуществляющие припосевное внесение твердых минеральных удобрений (С-6-Т, СТВ-8КУ, СТВ-12У). Для внесения минеральных удобрений можно использовать машины для внесения удобрений, комбинированные сеялки и агрегаты зарубежного производства.

Не менее перспективно использование современных посевных комплексов, которые одновременно с посевом сельскохозяйственных культур вносят минеральные удобрения (LEMKEN и др.).

Поверхностная подкормка сельскохозяйственных культур проводится машинами, используемыми для основного внесения. При этом лучшей техникой, обеспечивающей более равномерное и точное внесение твердых минеральных удобрений, являются туковые сеялки СУ-12, РШУ-12.

Жидкие минеральные удобрения. Работы по внесению жидких комплексных удобрений (ЖКУ) и карбамидно-аммиачных смесей (КАС) также могут быть организованы по прямоточной, перегрузочной и перевалочной технологическим схемам. При этом прямоточная технология рациональна, если расстояние перевозки не превышает 25 км. Перегрузочная технология предполагает транспортировку жидких минеральных удобрений транспортными средствами, в частности автомобилями-цистернами АЦ-4,2, и заправки из них техники для внесения жидких минеральных удобрений. Для перевалочной технологии нужны полевые стационарные хранилища, из которых заправляются машины для внесения удобрений.

Поверхностное внесение жидких минеральных удобрений может выполняться машиной для внесения жидких минеральных удобрений АПЖ-12 и ее аналогами (ПОМ-2000, Микосан и др.). Для внутрипочвенного внесения ЖКУ используется машина

ОВЖ-2000, которая одновременно проводит чизелевание почвы. Ее целесообразно использовать на склоновых землях.

Твердые органические удобрения от мест накопления к месту внесения доставляют по прямоточной (ферма – поле) и перевалочной (ферма – бурт – поле) технологическим схемам. При прямоточной технологии удобрение транспортируют и вносят на поле одними и теми же машинами для внесения органических удобрений. Такую схему используют только при небольших объемах работ и малом расстоянии перевозки (до 8 км от места накопления до поля).

Перевалочную технологию применяют на крупных животноводческих комплексах с большим выходом органических удобрений. По этой технологии удобрения от фермы вывозят на поле в течение всего года, укладывают в штабеля и в последующем распределяют по полю. Перевалочная технология сокращает расстояние проездов машин для внесения удобрений. Для транспортировки удобрений применяют универсальные тракторные прицепы или автомобили-самосвалы. На погрузке органических удобрений используют фронтально-перекидные и грейферные погрузчики.

Основными машинами для внесения твердых органических удобрений являются ПРТ-7А, ПРТ-11; МТТ-4, МТТ-9.

При использовании гидросмыва на животноводческих комплексах получают жидкий навоз влажностью больше 90%. В качестве жидкого удобрения используют и навозную жижу.

Жидкие органические удобрения вносят поверхностным способом до посева с последующей заделкой в почву почвообрабатывающими орудиями и в подкормку. Различают несколько технологических схем внесения жидких органических удобрений:

1. *Прямоточная (прифермерское навозохранилище – жижеразбрасыватель – поле)*. Удобрение из навозохранилища транспортируют и вносят прицепными цистернами-жижеразбрасывателями, оборудованными для самозагрузки и поверхностного внесения. Экономически выгодно использование этой технологии на расстоянии не более 2-10 км.

2. *Перегрузочная технология (навозохранилище – транспортное средство – разбрасыватель на поле)*. В отличие от

прямоточной эта технология предусматривает необходимость перегрузки навоза из транспортной машины в технологическую. Она включает загрузку удобрения из прифермерского навозон-ранилища в транспортную машину и доставку его до поля, перегрузку удобрения в полевой тракторный жижеразбрасыватель и внесение жидкого навоза в поле.

3. *Перевалочная (прифермское навозохранилище – транспортное средство – полевое хранилище – жижеразбрасыватель – поле).* Удобрение из навозохранилища транспортируют машинами для внесения жидкого навоза в полевое хранилище, из которого в установленные сроки внесения навоза загружают в цистерны разбрасыватели, с помощью которых распределяют его по полю.

4. *Комбинированная (прифермское навозохранилище – трубопровод – жижеразбрасыватель – поле)* включает выгрузку навоза из навозохранилища насосными установками и транспортировку его по трубопроводу, загрузку машин для внесения жидких органических удобрений через заправочные гидранты, транспортировку и внесение органических удобрений на поле. Для транспортировки навоза в поле используют разборные трубопроводы из комплектов поливных установок.

Для внесения жидких органических удобрений по этим схемам используют тракторные прицепы цистерны-жижеразбрасыватели МЖТ-Ф6, Ф8, Ф11, Ф19 и их аналоги. Эти машины оборудованы вакуумными заправочными устройствами, осуществляющими самозагрузку цистерны.

Внутрипочвенное внесение жидкого навоза может осуществляться инжекторами с различными системами заделки культиваторного типа на глубину 13-15 см (Terraflex), дискового типа на глубину 3-5 см (Solodisc). Перспективно на холмистых землях использовать инжектор ABONO “DI”.

Оценка качества подготовки и внесения удобрений. Контроль за качеством поставляемых хозяйствам удобрений осуществляют специалисты агрохимической службы путем соответствия содержания питательных веществ и других показателей требованиям ГОСТа и ТУ. При подготовке однокомпонентных удобрений или их смесей необходимо, чтобы после измельчения, рассеивания и смешивания диаметр гранул не превышал 5

мм, а отклонение содержания питательных веществ от среднего составляло $\pm 10\%$.

Качество внесения удобрений оценивают по следующим показателям:

- доза и равномерность распределения по полю;
- стыковка смежных проходов агрегата по длине;
- наличие просыпанных удобрений по полю и вне его;
- глубина заделки удобрений (для внутрипочвенного внесения).

Дозу и равномерность внесения минеральных удобрений определяют с помощью противней (поддонов) размером 0,5 x 0,5 x 0,5 м. Противни устанавливают на фактической ширине захвата машины в 3 ряда с расстоянием между ними 5 м вне следа колес трактора. После прохода разбрасывателя удобрения собирают с противней и взвешивают. По массе удобрения рассчитывают среднюю дозу и коэффициент вариации (отклонения), характеризующий неравномерность внесения удобрений.

Для контроля качества внесения удобрений комбинированной сеялкой осуществляют следующие операции. Сеялку поднимают с помощью гидросистемы трактора. Под ней расстилают брезент и вручную проворачивают оба ее колеса на количество оборотов, соответствующее 0,1 га. Просыпанное при прокручивании колес на брезент удобрение взвешивают и определяют дозу внесения на 1 га.

При использовании комбинированных сеялок кроме дозы и равномерности распределения удобрений определяют глубину их заделки. Для этого после прохода машины по диагонали поля в 15-20 местах раскапывают борозды длиной 10-20 см. Затем выравнивают поверхность почвы, замеряют глубину расположения удобрений. Фактическое отклонение глубины заделки удобрений от заданной должно быть в пределах $\pm 1,5$ см.

Отклонение от заданной дозы не должно превышать $\pm 10\%$, а неравномерность внесения – $\pm 10\%$ от технологической характеристики неравномерности используемой марки машины. При такой величине отклонения равномерность внесения этих удобрений оценивается как хорошая, если отклонение составляет \pm

10-20% – как удовлетворительная, а $> 20\%$ – как неудовлетворительная.

Смежные проходы машины следует состыковать по всей длине поля, удобрения должны быть внесены и на поворотных полосах, не просыпаны на поле и вне его. При смежных проходах агрегата перекрытие не должно превышать 5% ширины рабочего захвата.

Контроль за качеством внесения твердых органических удобрений осуществляется на основе следующих агротехнических требований:

- отклонение фактической дозы внесения от заданной не должно превышать $\pm 10\%$;
- неравномерность распределения удобрения по рабочей ширине захвата быть в пределах $\pm 25\%$;
- нестабильность дозы внесения по ходу движения должно быть не более $\pm 10\%$;
- на поле не должно быть огрехов и неудобренных участков;
- недопустимо растаскивание органических удобрений по поверхности поля машинами и орудиями, не приспособленных для равномерного их распределения.

Фактическую ширину захвата определяют не менее чем в пяти местах по длине гона. Наличие огрехов на поле, перекрытия на стыковых проходах, качество внесения на поворотных полосах, потери удобрений в местах погрузки в пути следования транспортных и технологических машин определяется визуально. Глубину заделки органических удобрений контролируют с помощью металлической линейки.

При поверхностном внесении жидких органических удобрений цистернами-разбрасывателями должны соблюдаться агротехнические требования:

- перед внесением жидкий навоз должен 2-5 минут перемешиваться в технологической емкости;
- нестабильность дозы по длине рабочего хода агрегата не должна превышать $\pm 10\%$;
- неравномерность распределения удобрения по ходу движения и ширине рабочего захвата должна быть не более $\pm 25\%$;
- перекрытие смеженных проходов допускается от 2 до 4 м, а по длине стыковых проходов – от 2 до 7 м;

– огехи на стыковых проходах не допускаются.

Фактическую дозу (\bar{D}) внесения жидких удобрений определяют, учитывая массу (M) или объем (V) использованных удобрений на площадь поля (S).

$$\bar{D}, \text{ т/га или м}^3/\text{га} = \frac{M \text{ или } V}{S}, \quad (49)$$

Неравномерность внесения удобрений машиной для внесения жидких органических удобрений оценивают по значению коэффициента вариации по насадкам распределительных устройств при заполненной цистерне. Качество внесения (равномерность распределения по полю при поверхностном внесении, наличие огехов, перекрытия и т.д.) определяют визуально.

Необходимо до начала работы заблаговременно качественно подготовить и правильно настроить машины для внесения удобрений для обеспечения заданной дозы внесения удобрений и соблюдения других установленных агротехнических требований. Контроль за качеством внесения минеральных и органических удобрений должен предупредить допущение брака.

18. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ

Повышение эффективности применения удобрений в земледелии является одной из задач системы удобрения. Эффективность применения удобрений является качественной характеристикой системы удобрений. Для оценки эффективности применения удобрений используют показатели агрономической, экономической и энергетической эффективности.

Под агрономической эффективностью удобрений следует понимать результат их действия на основную продукцию, выраженный прибавкой урожая (ц/га) и окупаемостью 1 кг NPK и 1 т органических удобрений килограммами продукции (кг продукции/1 кг NPK; кг продукции/1 т органических удобрений). *Например*, в опыте на варианте без удобрений был получен урожай зерна ячменя 30 ц/га, а при внесении $N_{90}P_{60}K_{120}$ – 50 ц/га. Следовательно, прибавка урожая составила 20 ц/га, или 2000 кг/га. Эта прибавка получена при использовании 270 кг NPK. Окупаемость

1 кг минеральных удобрений составила 7,4 кг зерна (2000 кг зерна : 270 кг NPK).

Агрономическую эффективность удобрений в хозяйстве можно определить двумя методами: прямым и расчетным. Прямой метод предполагает проведение в хозяйстве производственных опытов с сельскохозяйственными культурами. Схема опыта должна включать: вариант без удобрений, вариант с удобрением (NPK, микроэлементы, органические удобрения). Повторность в опытах – трехкратная, площадь делянки определяется культурой и составляет не менее 1 га – для зерновых, 0,5 га – для пропашных, 0,25 га – для льна, 1 га – для многолетних трав.

Достоинство этого метода заключается в том, что результаты производственных опытов дают точный ответ по эффективности удобрений в условиях конкретного года. Однако реализация его часто затруднена отсутствием необходимых средств и условий.

Суть расчетного метода состоит в расчете прогнозируемого урожая и его сравнении с фактическим. Расчет прогнозируемого урожая проводится по формуле, предложенной РУП «Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларусь».

$$Y_p = \boxed{B_p \cdot \bar{C}_b + (D_{NPK} \cdot O_{NPK}) + (D_{o.y.} \cdot O_{o.y.})} : 100, \quad (50)$$

где Y_p – прогнозируемый урожай, ц/га;

B_p – балл почвы;

\bar{C}_b – нормативная цена балла пашни, кг;

D_{NPK} – доза минеральных удобрений, кг/га д.в.;

O_{NPK} – нормативная окупаемость минеральных удобрений, кг продукции/1 кг NPK;

$D_{o.y.}$ – доза органических удобрений, т;

$O_{o.y.}$ – нормативная окупаемость органических удобрений, кг продукции/1 т о.у.;

100 – коэффициент перевода кг в ц.

Таким образом, прогнозируемый урожай рассчитывается как сумма урожая за счет почвенного плодородия ($B_p \times \bar{C}_b$), прибавки урожая за счет внесения минеральных ($D_{NPK} \times O_{NPK}$) и органических ($D_{o.y.} \times O_{o.y.}$) удобрений.

Нормативная окупаемость удобрений и цена балла почвы представлена в таблице 18.1.

Таблица 18.1 – Нормативы цены балла почвы и окупаемости удобрений урожаем

Культуры	Вид про- дукции	Цена балла почвы, кг продук- ции	Оплата удобрений уро- жаем, кг продукции	
			1 т органи- ческих	1 кг NPK
Зерновые в целом	зерно	50	20	6,2
Озимая рожь	зерно	52	20	6,1
Озимая пшеница	зерно	63	20	7,8
Озимое тритикале	зерно	60	20	7,4
Яровая пшеница	зерно	52		6,1
Ячмень	зерно	54		6,5
Овес	зерно	55		6,0
Гречиха	зерно	17		2,3
Горох	зерно	37		3,9
Вика	зерно	30		2,6
Люпин	зерно	37		4,4
Лен-долгунец	волокно	20		2,7
Рапс	семена	35		5,4
Картофель	клубни	332	106	27
Сахарная свекла	корни	438	125	39
Кормовые корнеплоды	корни	883	168	73
Кукуруза	зел. масса	469	193	86
Однолетние травы	зел. масса	263		48
Многолетние бобово- злаковые травы	сено	106		16,6
	зел. масса	530		70
Сенокосы и пастбища	сено	70		14,3
	зел. масса	350		72
Все с.-х. культуры на пашне, к.ед.		65	30	8,8

Определение фактической окупаемости сводится к сопоставлению фактического и прогнозируемого урожая, т.е. определению коэффициента использования плодородия почвы и удобрений.

$$K = \frac{Y\phi}{Yn} \cdot 100\% , \quad (51)$$

$$\text{Оф}_{\text{NPK}} = K \cdot \text{Он}_{\text{NPK}}, \quad (52)$$

$$\text{Оф}_{\text{оу}} = K \cdot \text{Он}_{\text{оу}}, \quad (53)$$

где K – коэффициент использования плодородия почвы и удобренний;

Уф – урожай фактический, ц/га;

Уп – урожай прогнозируемый, ц/га;

Оф_{NPK} – расчетная окупаемость NPK, кг продукции/1 кг NPK;

Он_{NPK} – нормативная окупаемость NPK, кг продукции/1 кг NPK;

$\text{Оф}_{\text{оу}}$ – фактическая окупаемость органических удобрений, кг продукции/т оу;

$\text{Он}_{\text{оу}}$ – нормативная окупаемость органических удобрений, кг продукции/т оу.

Определение экономической эффективности показывает, насколько выгодно и рентабельно применение удобрений в хозяйстве и как оно отражается на его финансовой деятельности. Определение оценки экономической эффективности применения удобрений проводится на основании экономических показателей, основными из которых являются:

- стоимость прибавки за счет удобрений, руб. (Сп);
- дополнительные затраты на применение удобрений, руб. (Зд);
- условно чистый доход, руб. ($\text{УЧД} = \text{Сп} - \text{Зд}$);
- рентабельность, % ($\text{УЧД} : \text{Зд} \cdot 100$).

Стоимость дополнительной продукции, полученной за счет удобрений, определяется по ценам реализации на время расчета. Дополнительные затраты, связанные с применением удобрений включают расходы на приобретение и доставку в хозяйство, погрузку и разгрузку, перевозку в поле и внесение удобрений. Эти затраты дополняются расходами на уборку, доработку и реализацию дополнительной продукции (прибавки), полученной за счет применения удобрений. Дополнительные затраты определяются по расценкам на время расчета.

Агрономическая и экономическая эффективность не всегда совпадают.

1. Урожайность сельскохозяйственных культур может расти быстрее, чем дополнительные затраты на применение удобрений. В этом случае эффективность применения удобрений высокая, снижается себестоимость продукции, растет прибыль и рентабельность производства.

2. Прирост урожайности совпадает с увеличением затрат на применение удобрений – эффективность их использования хорошая. Возрастает условно чистый доход.

3. Рост урожайности отстает от увеличения затрат на применение удобрений. В этом случае эффективность использования удобрений снижается.

Обострение энергетической ситуации в мире обусловило повышенный интерес к энергетическим проблемам в агропромышленном комплексе республики. Рост урожайности сельскохозяйственных культур сопровождается возрастанием затрат энергии, в том числе и за счет применения удобрений. Это обуславливает необходимость поиска энергосберегающих технологий производства сельскохозяйственной продукции, отличающейся меньшими затратами энергии на единицу продукции. Это требует от специалистов сельского хозяйства знаний основ расчета энергетической эффективности применения удобрений в интенсивных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур.

Цель энергетического анализа – выявление наименее энергоемких систем применения удобрений. Энергетическая оценка рассматривает все затраты в виде затрат энергии механической, электрической, тепловой и другой при производстве и применении удобрений, а продуктивность культур – в виде энергии, накопленной в урожае. В качестве единицы энергии используется МДж (10^6 джоулей).

Основным показателем энергетической эффективности является биоэнергетический коэффициент.

$$Кб = \frac{\mathcal{E}_п}{\mathcal{E}_з}, \quad (54)$$

где Кб – биоэнергетический коэффициент;

Эп – энергия, накопленная в прибавке урожая, МДж;

Эз – суммарные энергозатраты на применение удобрений, МДж.

Применение удобрений считают энергетически оправданным при $K_b > 1$.

Количество энергии, накопленной в прибавке урожая, полученной за счет применения удобрений рассчитывается по формуле.

$$\mathcal{E}_p = \Pi \cdot C \cdot 100, \quad (55)$$

где \mathcal{E}_p – количество энергии в прибавке урожая, МДж/га;

Π – прибавка урожая, ц/га;

C – содержание энергии в 1 кг урожая, МДж;

100 – коэффициент перевода ц в кг.

Содержание энергии в 1 кг растениеводческой представлено в таблице 18.2.

Таблица 18.2 – Содержание общей энергии в 1 кг урожая

Культура	Общая энергия в 1 кг урожая в на- туре, МДж
Пшеница озимая (зерно)	16,46
Рожь (зерно)	16,76
Ячмень (зерно)	16,45
Овес (зерно)	16,17
Гречиха (зерно)	16,67
Фасоль (зерно)	17,78
Горох (зерно)	17,69
Кукуруза (зерно)	15,14
Кукуруза (зеленая масса)	4,10
Лен-долгунец (волокно)	18,01
Лен-долгунец (семена)	20,68
Сахарная свекла (корни)	4,56
Картофель (клубни)	4,02
Кормовые корнеплоды (корни)	4,10
Овощные культуры	1,44
Многолетние травы (сено)	3,78
Однолетние травы (сено)	3,28
Люцерна (сено)	5,46
Лугопастбищные травы (сено)	3,28

Общие энергозатраты, связанные с производством и применением удобрений включают: энергозатраты на производство (Z_1), доставку в хозяйство (Z_2), хранение (Z_3), подготовку к внесению, погрузку, транспортировку от склада хозяйства до поля, внесение (Z_4), а также энергозатраты, связанные с уборкой, до-работкой и реализацией дополнительного урожая за счет удобрений.

Энергетические затраты на производство удобрений (Z_1) рассчитываются по формулам

$$\mathcal{E}Z_1(\text{минеральные}) = (D_N \cdot Z_N) + (D_P \cdot Z_P) + (D_K \cdot Z_K), \quad (56)$$

где D_N, D_P, D_K – дозы азота, фосфора и калия, кг/га;

Z_N, Z_P, Z_K – энергозатраты на 1 кг азота, фосфора и калия, МДж/кг (**таблица 3**).

$$\mathcal{E}Z_1(\text{органич. удобрения}) = (D_{OY} \cdot Z_{OY}) \cdot 1000, \quad (57)$$

где D_{OY} – доза органических удобрений, т/га;

Z_{OY} – энергозатраты на 1 кг органических удобрений, МДж/кг (таблица 18.3);

1000 – коэффициент перевода т в кг.

Таблица 18.3 – Энергозатраты на производство промышленных и местных удобрений

Виды удобрений	Энергозатраты, МДж
<i>Промышленные минеральные удобрения</i>	<i>на 1 кг д.в.</i>
Азотные	86,8
Фосфорные	12,6
Калийные	8,3
Комплексные (нитроаммофоска и др.)	51,5
<i>Местные удобрения</i>	<i>на 1 кг физической массы</i>
Навоз 80%-ной влажности	0,42
Торфонавозные компости 60%-ной влажности	1,70
Известковые удобрения	3,80
Местные минеральные удобрения	2,90

Затраты на доставку удобрений из ОАО «Райагросервис» в хозяйство $\mathcal{E}(3_2)$ в среднем по республике составляют 22 МДж на 1 т/км, на хранение $\mathcal{E}(3_3)$ их в складах хозяйства – 38,8 МДж/т.

Затраты на подготовку, погрузку, транспортировку и внесение удобрений рассчитываются по формуле:

$$\mathcal{E}3_4 = 171,4 + 8,1 \cdot \mathcal{D} + 1,3 \cdot R + 2,8 \cdot \mathcal{D} \cdot R - 1,6 \cdot R^2, \quad (58)$$

где \mathcal{D} – доза удобрений в физической массе, ц/га;

R – расстояние перевозки удобрений от склада хозяйства до поля, км.

Средние энергозатраты на погрузку, транспортировку и внесение органических удобрений при расстоянии 5 км приведены в таблице 18.4.

Таблица 18.4 – Энергозатраты на погрузку, транспортировку и внесение органических удобрений при разных технологиях

Прямоточная		Перевалочная	
доза внесения, т/га	энергозатраты, МДж/га	доза внесения, т/га	энергозатраты, МДж/га
20	4363	20	5387
40	8475	40	10366
60	12379	60	14937

Срок действия органических удобрений для условий республики составляет 3 года, на первую культуру относят 60% общих затрат энергии, на вторую – 25%, на третью – 15%.

Энергозатраты, связанные с уборкой, доработкой и реализацией дополнительного урожая, полученного за счет удобрений, представлены в таблице 18.5.

По мере интенсификации земледелия производство сельскохозяйственной продукции становится все более затратным и энергоемким, поэтому ведутся поиск и разработка ресурсо- и энергосберегающих технологий, схем и операций, применение которых наиболее экономично.

Таблица 18.5 – Энергетические затраты на уборку, доработку и реализацию дополнительного урожая полученного за счет удобренний

Наименование культур, угодий	Вид продукции	Энергозатраты, Мдж/ц
Озимая рожь	зерно	276
Яровой ячмень	зерно	256
Лен долгунец	льносоломка	443
Картофель	клубни	78
Сахарная свекла	корни	62
Кормовые корнеплоды	корни	45
Кукуруза	силос	30
Улучшенные сенокосы	сенаж	84
	зеленая масса	35
Многолетние травы	зеленая масса	37
	сенаж	62
	сено прессованное	85
	сено рассыпное	108
Однолетние травы	зеленая масса	34
	силос	36
Викоовсяная и др. смеси	зеленая масса	40

Вместе с тем академик РАСХН В.И. Кирюшин считает, что «при всей привлекательности приведения к общему знаменателю всех расходов на создание урожая энергетический анализ не заменяет, а дополняет экономическую оценку. Не следует преувеличивать его универсальность хотя бы потому, что оценка продукции в калориях (дкоулях) не заменяет ее разнообразия».

Наряду с выше указанными видами эффективности выделяют социальную и экологическую эффективность сельскохозяйственного производства. Социальная эффективность сельскохозяйственного производства и факторов его интенсификации (применение удобрений, средств защиты растений и т.д.) определяется вкладом в повышение национального дохода (произведенного продукта) на душу населения и уровнем благосостояния людей.

Экологическая эффективность определяется влиянием сельскохозяйственного производства и его составляющих на состоя-

ние здоровья людей и окружающей среды. Она обеспечивается введением научно обоснованных экологических норм и правил, исключающих использование экологически опасных технологий, соблюдением всеми землепользователями агроэкологических требований и экологических ограничений при интенсификации сельскохозяйственного производства, проведением комплекса мероприятий по охране почв и их плодородия, осуществлением агроэкологического мониторинга.

19. СИСТЕМА УДОБРЕНИЯ В УСЛОВИЯХ РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ

Современное мировое сельскохозяйственное производство характеризуется интенсивным потреблением энергоресурсов: топлива, механизации, пестицидов, удобрений и других средств. Высокий уровень интенсификации сельского хозяйства наряду с обеспечением высокой его продуктивности сопровождается загрязнением окружающей среды, увеличением затрат на единицу продукции и дефицитом энергетических ресурсов. С начала прошлого столетия количество энергии, затрачиваемое на единицу сельскохозяйственной продукции возросло в 8-10 раз (В.И. Кирюшин, 1996).

Последние три десятилетия сельское хозяйство Беларуси, как и многих других стран, развивалось в направлении интенсификации преимущественно химико-техногенным путем. По оценке ученых, в настоящее время на производство продовольствия расходуется около 20-25% энергоресурсов, потребляемых в республике (Г.А. Булаткин). Это свидетельствует о том, что сельское хозяйство является весьма энергоемкой отраслью, а современное земледелие Беларуси далеко от рационального.

Сегодня стало очевидным, что формирование эффективного, конкурентоспособного агропромышленного производства, обеспечивающего продовольственную безопасность страны и вхождение в мировые рынки продовольствия, требует совершенствования систем земледелия на основе разработки и активного внедрения эффективных, ресурсосберегающих и экологически безопасных технологий производства растениеводческой продукции.

В настоящее время этому соответствует интегрированная система земледелия или система адаптивной интенсификации земледелия, которая предусматривает рациональное и эффективное использование энергетических и других материальных ресурсов, обеспечивающих снижение удельных затрат на производство продукции (табл. 19.1).

Таблица 19.1 – Классификация и характеристика систем земледелия

Система земледелия	Характеристика
Экстенсивная	Плодородие почвы поддерживается природными факторами
Техногенная	Широкое применение органических и минеральных удобрений, мелиорантов, средств защиты растений
Биологическая (альтернативная)	Полный отказ от минеральных азотных удобрений, химических средств защиты растений
Интегрированная (адаптивная)	Рациональное и эффективное использование всех материальных ресурсов, снижение удельных затрат на производство продукции
Точная	Использование информационных технологий с целью принятия современных и эффективных решений для получения экономически оправданного, экологически безопасного урожая

Целью интегрированного земледелия является получение не максимальной, а агроэкономически целесообразной урожайности сельскохозяйственных культур, что соответствует требованию производства конкурентоспособной продукции, то есть продукции качественной, обеспеченной меньшими затратами средств интенсификации. Применительно к химизации это достигается путем рационального использования органических и минеральных удобрений.

Получение высокой и устойчивой продуктивности сельскохозяйственных культур в условиях преобладающих в республике дерново-подзолистых почв находится в прямой зависимости

от уровня плодородия почв и объемов применения минеральных и органических удобрений.

В течение длительного времени в нашей стране применялась концепция расширенного воспроизводства плодородия почв, разработанная академиком Т.Н. Кулаковской. Согласно этой концепции потребность в минеральных удобрениях определялась на основании дозы, необходимой для получения планируемой урожайности и дополнительного количества (сверх выноса с урожаем) для повышения содержания элементов питания в почвах. В результате реализации данной концепции в республике за 20 лет удалось практически утроить плодородие почвы и в 2,8 раза увеличить урожайность сельскохозяйственных культур, а также создать предпосылки стабилизации продуктивности пашни.

Оптимальные объемы применения удобрений в сельскохозяйственном производстве были достигнуты в 1986-1990 гг. В это время на 1 га пахотных земель вносились 14,4 т/га органических удобрений и 259 кг/га минеральных удобрений, в том числе азотных – 88, фосфорных – 65, калийных – 106 кг/га д.в. (рисунок 19.1), а на луговых землях доза минеральных удобрений составила 176 кг/га. Этот период сельскохозяйственного производства характеризуется высокой продуктивностью пашни – 42,8 ц/га к.ед., лугопастбищных угодий – 19,7 ц/га к.ед.

В последующие годы применение минеральных удобрений в сельском хозяйстве постепенно снижалось. В 1991-1995 гг. оно составило 177 кг/га д.в., а в 2001 г. – 138 кг/га д.в. И как следствие, продуктивность пашни уменьшилась в 1,5 раза. В эти годы урожай формировался за счет уменьшения рукотворного, искусственно созданного за годы химизации плодородия почв. Аналогичная тенденция по использованию минеральных удобрений установлена и на улучшенных луговых угодьях. Постепенное увеличение объемов применения минеральных удобрений до 250 кг НРК/га привело к росту продуктивности пахотных земель. В 2008 году она составляла 47,8 ц к.ед./га.

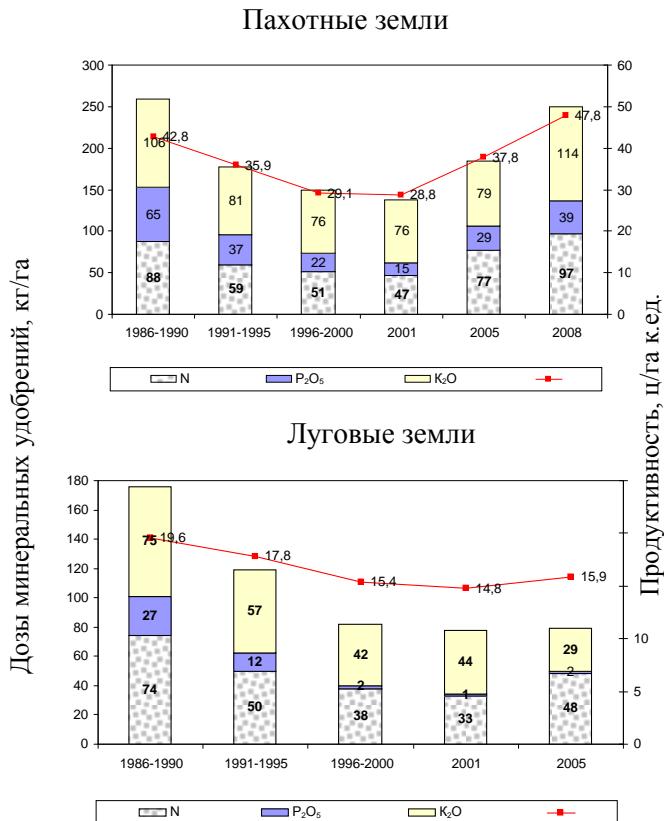


Рисунок 19.1 – Динамика применения минеральных удобрений и продуктивности пахотных и луговых земель

Роль плодородия почв и удобрений в производстве растениеводческой продукции убедительно демонстрируют данные академика И.М. Богдевича, свидетельствующие о том, что различия в урожайности зерновых культур по районам республики (от 55,3 ц/га в Гродненском до 15,3 ц/га в Крупском) на 67% обусловлены плодородием почв и дозами минеральных и органических удобрений (рисунок 19.2). Плодородие почв является основой устойчивого развития сельского хозяйства при любых погодных условиях.

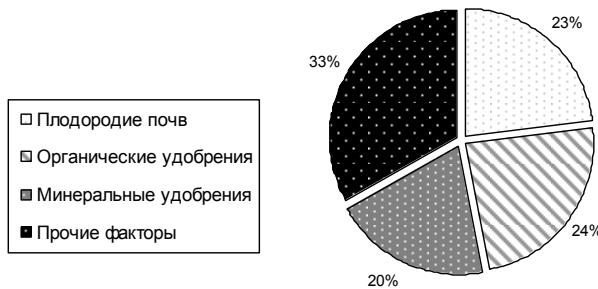


Рисунок 19.2 – Доля факторов, участвующих в формировании урожайности зерновых культур по районам республики за 2001-2005 гг. (по данным И.М. Богдевича)

У всех стран с высоким уровнем его развития есть одна общая черта – почвы с высоким плодородием, сформированы благодаря длительному, интенсивному применению минеральных и органических удобрений. Например, более 80% почв сельскохозяйственных угодий Финляндии, Швеции и Норвегии относятся к высокообеспеченным фосфором и калием. Например, колебания урожайности, зерновых культур здесь в различные по погодным условиям годы не превышают 10-15% (В.В. Лапа, 2007).

Для дерново-подзолистых почв очень важное значение в формировании урожайности сельскохозяйственных культур имеет содержание гумуса, фосфора и калия, pH. По данным крупномасштабного агрохимического обследования почв на 1.01.2008 г., средневзвешенное содержание гумуса в пахотных почвах составляет 2,24%, подвижного фосфора – 179 мг/кг, калия – 193 мг/кг, pH_{KCl} – 5,92.

Фактическое содержание фосфора и калия в пахотных почвах – ниже оптимального уровня, который для дерново-подзолистых почв составляет 200-300 мг/кг. В перспективе для устойчивого развития земледелия и снижения зависимости от неблагоприятных погодных условий нужно повысить содержание этих элементов в пахотных почвах до оптимального уровня.

Минеральные удобрения. Состояние плодородия почв в значительной степени определяется объемом применения минеральных и органических удобрений. В соответствии с Государственной программой планируется увеличение поставок минеральных удобрений сельскому хозяйству к 2015 году до 1930 тыс. тонн д.в., в том числе 766 тыс. азотных, 316 – фосфорных и 848 тыс. тонн калийных удобрений.

Ресурсосберегающая система применения удобрений должна обеспечивать сбалансированное питание по всем элементам сельскохозяйственных культур, максимальную отдачу в виде прибавки урожайности, а также хотя бы минимальное повышение запасов в почвах фосфора и калия. Агрехимически окультуренные почвы, обладающие оптимальными параметрами содержания фосфора, калия, гумуса, рН, обуславливают стабильную основу продуктивности растениеводческой отрасли, особенно в годы с неблагоприятными погодными условиями. На таких почвах для получения планируемой урожайности требуются меньшие затраты минеральных удобрений, что позволяет перейти на принципиально новую ресурсосберегающую систему их применения.

В настоящее время данная система уже реализуется в планах применения удобрений по полям и отдельным участкам. Суть ее заключается в том, что расчетные дозы минеральных удобрений на почвах с оптимальным содержанием фосфора и калия должны компенсировать вынос этих элементов с урожаем, т.е. поддерживать достигнутый уровень плодородия почв. На почвах с более низким содержанием фосфора и калия расчетные дозы фосфорных и калийных удобрений на 40-80% превышают вынос указанных элементов с целью постепенного повышения запасов их в почвах, а на почвах с содержанием фосфора и калия более 300 мг/кг при расчете доз удобрений предусматривается только частичная (50-60%) компенсация выноса фосфора и калия с урожаем. Азотные удобрения применяются в дозах, рассчитанных на получение планируемой урожайности. Применение такой ресурсосберегающей системы удобрений позволяет выровнять агрехимическую пестроту полей и получить максимальную отдачу от минеральных удобрений.

Одним из резервов повышения продуктивности сельскохозяйственных культур является применение микроудобрений с учетом обеспеченности почв микроэлементами. В ресурсосберегающей системе удобрения предусматривается использование их на почвах первой и второй, а также третьей групп обеспеченности микроэлементами при планировании высокой продуктивности возделываемых культур. При этом основным экономически и экологически целесообразным способом применения микроудобрений являются некорневые подкормки в период вегетации.

Совершенствование технологии (способов) внесения также способствует ресурсосберегающему применению удобрений. Во всех странах мира совершенствование способов внесения удобрений идет по пути их локализации в почве. Агрохимической наукой установлено, что локальный способ внесения более эффективен, чем разбросной, что позволяет в среднем на 30% сократить дозу, а вместе с тем и затраты на удобрение. В пользу локального внесения удобрений свидетельствуют данные опытov с сахарной свеклой (таблица 19.2). При локальном внесении сеялкой «MONOSEM-MEGA» N₆₀ в форме карбамида с гуматным покрытием была получена такая же урожайность, что и при внесении N₁₂₀ разбросным способом. Прибыль от ленточного внесения составила 113\$/га.

Таблица 19.2 – Продуктивность сахарной свеклы в зависимости от способов внесения удобрений (данные РУП «Опытная научная станция по сахарной свекле», 2007 г.)

Способ внесения удобрений	Доза азота, кг/га	Урожайность, т/га	Сахаристость, %	Прибыль от локального внесения, \$/га
Разбросной	120	74,0	17,0	113
Локальный	60	74,5	17,6	

Рядковое удобрение – внесение фосфора и NPK в форме комплексного удобрения в рядки при посеве и некорневые подкормки минеральными также отвечают требованиям ресурсос-

бережения и экологии. По данным Опытной научной станции по сахарной свекле (2007 г.), припосевное внесение 2 ц/га комплексного удобрения по влиянию на урожайность корнеплодов равнозначно применению их в дозе 4 ц/га в основной прием под культивацию.

Для некорневой подкормки чаще всего используются микроэлементы, азот, а в последние годы и ЖКУ, в состав которых входят азот, фосфор, калий, сера, магний и микроэлементы. Использование небольших количеств элементов питания в некорневую подкормку оказывает такой же или больший эффект, чем при внесении в почву большей дозы удобрений. Так, при некорневой подкормке дозы микроудобрений можно сократить почти в 10 раз, что позволяет снизить затраты на их производство.

Разработка и применение новых форм минеральных удобрений также содействует ресурсосбережению. Общей тенденцией в мировой практике и в нашей республике является увеличение объемов применения комплексных твердых и жидких форм удобрений под конкретные сельскохозяйственные культуры. Применение комплексных удобрений позволяет почти в 2 раза снизить энергетические и трудовые затраты на их внесение по сравнению с однокомпонентными.

К энергосберегающим и экологически приемлемым удобрениям следует отнести азотные медленнодействующие удобрения (мочевина с гидрогуматом, сульфат аммония с защитным покрытием). Эти удобрения обладают пролонгированным (длительным) действием, обеспечивают снижение потерь азота при вымывании на 27-35%, газообразных потерь азота – на 10-15%, увеличение урожайности сельскохозяйственных культур на 10-28%, улучшение качества продукции за счет снижения содержания нитратов – на 15-30% при одновременном сокращении нахождения ^{137}Cs и ^{90}Sr , тяжелых металлов – на 10-30% по сравнению со стандартными формами.

Энергосбережению может содействовать совмещение внесения удобрений в некорневую подкормку с другими технологическими приемами, например, с внесением пестицидов, регуляторов роста растений. Научными исследованиями установлено, что дозу пестицидов можно уменьшить на 30% при совместном их внесении с азотными удобрениями (5-10 кг/га д.в.).

Перспективным считается внесение удобрений при капельном орошении – ферригации. Оно может быть использовано в овощеводстве. Для этой цели используются хорошо растворимые в воде комплексные удобрения – растворин, кристаллин и др.

Немаловажное значение как ресурсосберегающий прием имеет совершенствование применения техники для внесения удобрений, которое во всем мире идет по пути повышения равномерности внесения, точности дозирования и увеличения ее производительности (увеличение ширины захвата, грузоподъемности, скорости движения и т.д.).

В настоящее время в республике применяются высокопроизводительные машины для внесения твердых и жидким минеральных удобрений импортного производства, соответствующие современным требованиям по точности дозирования и равномерности внесения удобрений. В Беларуси созданы и применяются машины для внесения твердых минеральных удобрений (РШУ-12, СУ-12 и др.), характеризующиеся лучшими по сравнению со старой техникой технологическими характеристиками.

Органические удобрения. Наряду с минеральными удобрениями органические удобрения являются дополнительным источником элементов питания. Однако сегодня, учитывая, что рентабельность их в связи с существенным ростом затрат на заготовку и внесение находится на минимальном уровне, органические удобрения следует рассматривать в большей мере как основное средство для поддержания бездефицитного баланса гумуса и улучшения агрофизических свойств почвы.

Задача земледелия на ближайшее время – сохранить бездефицитный баланс гумуса на почвах с высоким его содержанием, а на почвах с низким содержанием – обеспечить положительный баланс и накопление гумуса в почвах. При сложившейся структуре посевных площадей на пахотных землях республики минерализуется в среднем 1,0-1,2 т/га гумуса в год. За счет растительных остатков восстанавливается на связных почвах в среднем около 50%, на легких почвах – около 40% потерь гумуса. Остальное количество минерализованного гумуса должно быть восстановлено за счет внесения органических удобрений.

Максимальная потребность земледелия в органических удобрениях для обеспечения бездефицитного баланса гумуса составляет 12 т/га, или 55,7 млн. тонн (таблица 19.3).

Таблица 19.3 – Потребность и возможные объемы производства и внесения органических удобрений в Республике Беларусь

Область	Потребность для бездефицитного баланса гумуса		Возможно накопление органических удобрений, млн. т условного навоза			
	млн.т	т/га	за счет навоза и компостов	за счет запашки соломы	всего	
					млн.т	т/га
Брестская	9,8	14,6	8,4	1,7	10,1	15,0
Витебская	6,6	8,5	7,4	1,0	8,4	10,8
Гомельская	10,5	15,3	6,7	1,9	8,6	12,5
Гродненская	8,7	12,3	7,9	1,6	9,5	13,4
Минская	12,9	11,9	11,8	2,1	13,9	12,9
Могилевская	7,5	10,4	5,9	1,4	7,3	10,2
Беларусь	55,7	12,0	46,8	9,7	56,5	12,1

С учетом фактического поголовья скота в общественном секторе реальный выход оценивается в 46,8 млн. тонн, что не обеспечивает потребность интенсивного земледелия. При этом следует отметить высокозатратность технологий внесения органических удобрений. В связи с этим остро стоит проблема как ресурсосбережения, так и накопления органических удобрений.

Снижение затрат при использовании навоза может идти по пути совершенствования технологии его приготовления и внесения. Технология приготовления должна быть направлена на получение качественного навоза, компостов, т.е. на снижение потерь азота, содержания патогенной микрофлоры, уменьшение количества семян сорняков, влажности и увеличение концентрации элементов питания. Навоз лучшего качества получают при хранении холодным способом, при котором меньше потери азота и органического вещества. При вывозке навоза необходимо использовать менее затратную прямоточную технологию. При этом внесение навоза эффективно в радиусе 5 км. Равномерное

внесение и своевременная заделка навоза обеспечивают максимальную его эффективность и прежде всего при возделывании пропашных культур (корнеплодов, кукурузы, сахарной свеклы, картофеля и овощных культур).

С точки зрения ресурсо- и энергосбережения органические удобрения для пополнения запасов гумуса в почве следует использовать на полях, расположенных вблизи мест их заготовки. На удаленных полях регулировать баланс органического вещества в почве целесообразнее за счет многолетних бобовых трав, промежуточных посевов, сидератов, а также использования соломы.

Свыше 80% свинины в РБ производят свинокомплексы (индустриальная технология в животноводстве). Использование гидросмыва для удаления экскрементов животных создает серьезную экологическую проблему. Только на 1 свинокомплексе мощностью 54 тыс.голов ежегодный объем стоков влажностью свыше 97% превышает 400 тыс.м³. Чтобы произвести 1 т свинины, затрачивается 80-100 м³ чистой воды.

Только в Гродненской и Могилевской областях не увлекались строительством огромных свинокомплексов, а ограничились их мощностью 12-24 тыс.голов ежегодного откорма. В странах Европейского союза запрещено возводить комплексы на более чем 15 тыс.свиней.

Необходимо по возможности отказываться от гидросмыва, т.к. высокая влажность навоза снижает эффективность его использования из-за больших транспортных затрат (что уже наблюдается в некоторых хозяйствах). Это приведет к экономии энергоресурсов. Ранее вывозка жидкого навоза была экономически целесообразна на расстояние до 5-7 км, то теперь – только до 2-3 км.

Применение жидкого навоза – достаточно энергоемкая операция. Но надо принимать во внимание тот факт, что его утилизация является вынужденным обязательным мероприятием. Отказ от утилизации неизбежно повлечет за собой серьезные экологические нарушения.

Для компенсации дефицита органических удобрений необходимо ежегодно использовать 3,0 млн. тонн соломы, 2,8 млн. тонн торфа, а также иметь в структуре посевных площадей не

менее 10% промежуточных культур, запашка растительных остатков которых позволит дополнительно получать до 1,5 млн. тонн органического вещества.

Солома. При сложившейся структуре посевных площадей выход соломы в земледелии страны составляет 5,5-7,0 млн.т. Часть ее (примерно 40%), в основном ячменная и овсяная, используется на кормовые цели. Другая (солома ржи, тритикале, пшеницы) может использоваться для подстилки скота в целях заготовки органических удобрений.

Эффективным способом использования соломы является ее непосредственное применение на удобрение без отчуждения из агроценозов. В республике объемы такого использования могут достигать 3,0 млн. тонн в год. В качестве удобрения можно использовать солому капустных культур (редька масличная, горчица, сурепица, рапс), солому гречихи, кукурузы, люпина, кормовых бобов, сои, которые в чистом виде практически не используются на корм и подстилку. Для удобрения рекомендуется также солома озимой и яровой пшеницы, озимого и ярового тритикале, а также излишки соломы ячменя, овса, проса и зернобобовых культур.

Запашка 1 т соломы в сочетании с жидким навозом или минеральным азотом по агрономической эффективности и по влиянию на содержание гумуса в почве равнозначна 2-3 тоннам соломистого навоза. Производственные затраты в этом случае в 1,5-3,0 раза меньше по сравнению с приготовлением и применением традиционных органических удобрений.

Многолетние травы. Сокращение объемов применения органических удобрений настоятельно требует расширения посевных площадей под многолетние бобовые травы. Многочисленными исследованиями установлено, что из всех сельскохозяйственных культур только многолетние бобовые травы способствуют накоплению органического вещества в почве. Чтобы обеспечить положительный баланс гумуса при возделывании всех других культур, необходимо вносить определенное количество органических удобрений. При наличии в севообороте 25% многолетних бобовых трав бездефицитный баланс гумуса в почве отмечается даже без внесения навоза при использовании только минеральных туков. Для достижения положительного баланса

гумуса затраты навоза в этом случае снижаются почти в два раза по сравнению с севооборотами без многолетних бобовых трав. Кроме того, размещение по этому предшественнику зерновых культур позволяет уменьшить дозу азотных удобрений на 25-30% без снижения уровня продуктивности пашни за счет использования культурными растениями биологического азота, накопленного в почве бобовыми травами (Никончик П.И., 2007).

Произошедшие изменения в структуре посевных площадей в последние годы заключаются в увеличении площади пропашных культур, особенно сахарной свеклы и кукурузы, при одновременном уменьшении посевов многолетних трав – главного гумусообразующего и почвозащитного фактора. Если в 1996 году в Беларуси в среднем на 1 га пропашных приходилось 2,7 га многолетних трав, то в настоящее время – 0,9 га. Так, в Витебской области, несмотря на самое низкое внесение навоза, возделывание 2 га многолетних трав на гектар пропашных культур в структуре посевов обеспечило положительный баланс гумуса в пахотных почвах (таблица 19.4).

Таблица 19.4 – Динамика содержания гумуса в пахотных почвах и возделывания многолетних трав

Область	Содержание гумуса, %		Внесено навоза, т/га	Доля многолетних трав в структуре посевов, %		Соотношение многолетних травы/ пропашные	
	2008 г.	± к 1996 г.		1996 г.	2007 г.	1996 г.	2007 г.
Брестская	2,46	-0,12	9,5	18,2	14,6	1,2	0,6
Витебская	2,45	0,10	3,9	32,6	24,0	8,8	2,0
Гомельская	2,26	-0,21	6,5	19,3	16,8	1,5	0,8
Гродненская	1,98	0,08	11,1	20,0	18,9	2,0	0,9
Минская	2,39	-0,03	7,3	25,3	13,3	2,8	0,6
Могилевская	1,95	-0,07	4,3	29,0	23,3	5,5	1,5
Беларусь	2,25	-0,03	7,0	24,6	18,0	2,7	0,9

В хозяйствах, где преобладают легкие почвы и выход навоза составляет менее 8 т/га пашни, необходимо использовать энер-

госберегающую структуру посевов из расчета не менее 2 га многолетних трав на каждый гектар пропашных культур.

Накопление гумуса в почве за счет возделывания клевера значительно выгоднее, чем в результате использования органических удобрений. Энергозатраты на формирование 1 т гумуса за счет пожнивных и корневых остатков клевера составляют 0,36, а за счет подстилочного навоза – 4,5 тыс. МДж, т.е. в 12 раз больше; при использовании подстилочного птичьего помета – 3,81, а при внесении жидкого навоза – 11,6-22,7 тыс. МДж.

Промежуточные культуры. Существенное значение для повышения содержания гумуса в почве в условиях недостатка органических удобрений и дефицита энергоресурсов имеет возделывание промежуточных культур, увеличивающих поступление органического вещества в почву.

О влиянии корневых и пожнивных остатков промежуточных культур на содержание гумуса в почве в литературе нет других мнений, кроме положительного. Запашка их в почву равнозначна внесению 4-5 т/га навоза.

Увеличению содержания гумуса в почве способствует совместное применение зеленого удобрения с соломой. В крупнотоварном производстве агрономически наиболее целесообразно зеленую массу использовать на корм животных, а корневые и пожнивные остатки запахать.

Кроме прямого влияния на содержание гумуса в почве сидераты снижают переуплотнение почвы, улучшают ее структуру, предотвращают водную и ветровую эрозию, вымывание элементов питания за пределы корнеобитаемого слоя.

В специализированных зерновых севооборотах, где неизбежно размещение зерновых по зерновым, пожнивные культуры на зеленое удобрение являются эффективным средством для улучшения фитосанитарного состояния посевов и увеличения сборов зерна (данные лаборатории севооборотов Научно-практического центра НАН Беларуси по земледелию).

Бактериальные удобрения. Ориентация системы удобрения на ресурсосбережение и экологическую целесообразность предусматривает применение бактериальных удобрений, которое создает условия для экономии минеральных удобрений. В

республике наиболее широко представлены удобрения на основе симбиотических и несимбиотических (ассоциативных) бактерий.

Бактеризация бобовых культур сапронитом (разработчик Институт микробиологии НАН Беларусь) увеличивает их азотфиксацию на 15-50%, а применение азобактерина (Институт почвоведения и агрохимии НАН Б) и ризобактерина (Институт микробиологии НАН Беларусь) под зерновые культуры открывает возможности значительной экономии (на 20-30%) доз азотных удобрений.

Таким образом, к основным мероприятиям, способствующим ресурсосберегающему использованию удобрений, можно отнести:

1. сбалансированное внесение минеральных удобрений в расчетных дозах в соответствии с учетом потребности растений и обеспеченности почв элементами питания, т.е. в соответствии с планами применения удобрений;

2. комплексное применение органических, бактериальных, минеральных макро- и микроудобрений, пестицидов и регуляторов роста растений;

3. применение медленнодействующих азотных удобрений и комплексных форм минеральных удобрений, сбалансированных по основным элементам питания с учетом биологических особенностей сельскохозяйственных культур;

4. применение локального допосевного и припосевного способа внесения удобрений, а также некорневой подкормки растений;

5. использование в качестве органического удобрения соломы сельскохозяйственных культур, а также промежуточных культур; оптимизация соотношения многолетние травы : пропашные культуры;

6. поддержание оптимального уровня кислотности почв, содержания подвижных форм фосфора и калия и бездефицитного баланса гумуса в почвах;

7. замена существующего парка машин для внесения минеральных и органических удобрений на новые высокопроизводительные машины, соответствующие современным требованиям по точности дозирования и равномерности внесения.

Ресурсосберегающая система применения удобрений, являющаяся составной частью современной интегрированной (адаптивной) системы земледелия, решает тактическую задачу рационального и экономически эффективного использования имеющихся ресурсов минеральных и органических удобрений.

Система применения удобрений в точном земледелии. В настоящее время на повестку дня поставлен вопрос о развитии технологий точного земледелия, позволяющих повысить конкурентоспособность агропромышленного производства, так как точное земледелие в наибольшей мере отвечает требованиям ресурсосбережения.

Точное земледелие (или как его иногда называют «прецизионное земледелие» – *precision agriculture*) – это управление продуктивностью посевов с учетом внутрипольной вариабельности среды обитания растений. Условно говоря, это оптимальное управление для каждого квадратного метра поля. Целью такого управления является получение максимальной прибыли при условии оптимизации сельскохозяйственного производства, экономии хозяйственных и природных ресурсов. При этом открываются реальные возможности производства качественной продукции и сохранения окружающей среды.

Как показывает международный опыт, такой подход обеспечивает гораздо больший экономический эффект и, самое главное, позволяет повысить воспроизводство почвенного плодородия и уровень экологической чистоты сельскохозяйственной продукции. Например, фермеры из Германии при внедрении элементов точного земледелия добились повышения урожая на 30% при одновременном снижении затрат на минеральные удобрения на 30%.

Точное земледелие включает в себя множество элементов, но все их можно разбить на три основных этапа:

- сбор информации о хозяйстве, поле, культуре, регионе;
- анализ информации и принятие решений;
- выполнение решений – проведение агротехнологических операций.

Для реализации технологии точного земледелия необходимы: современная сельскохозяйственная техника, управляемая бортовой ЭВМ и способная дифференцированно проводить аг-

ротехнические операции, приборы точного позиционирования на местности (GPS-приёмники), технические системы, помогающие выявить неоднородность поля (автоматические пробоотборники, различные сенсоры и измерительные комплексы, уборочные машины с автоматическим учётом урожая, приборы дистанционного зондирования сельскохозяйственных посевов и др.). Ядром технологии точного земледелия (второй этап из рассмотренных выше) является программное наполнение, которое обеспечивает автоматизированное ведение данных картотеки сельскохозяйственных полей, а также оптимизацию и реализацию агротехнических решений с учётом вариабельности характеристик в пределах возделываемого поля.

Первый этап достаточно развит в плане технического и программного обеспечения. За рубежом активно используются почвенные автоматические пробоотборники, оснащенные GPS-приемниками и бортовыми компьютерами; геоинформационные-системы (ГИС) для составления пространственно-ориентированных электронных карт полей; карты урожайности обмолачиваемых культур, получаемые сразу после уборки; дистанционные методы зондирования (ДДЗ), такие как аэрофотосъёмка и спутниковые снимки. Совместно с Агрофизическим НИИ (Санкт-Петербург) мы используем все перечисленные компоненты сбора информации, занимаемся исследованиями и разработкой собственных методов и программного обеспечения.

Второй этап на сегодняшний день наименее развит, однако на рынке существует ряд программных продуктов, предназначенных для анализа собранной информации и принятия производственных решений. В основном это программы расчёта доз удобрений с элементами геоинформационных систем (ГИС). Например, это SSToolBox, Agro-Map, Агроменеджер, ЛИССОЗ, УрожайАгроС, АдептИС, а также FieldRover II, MapInfo и AgroView.

Этап выполнения агротехнологических операций, также как и первый этап динамично развивается. Здесь самыми распространёнными являются операции по внесению жидких и твердых минеральных удобрений, а также посев зерновых культур.

Внесение удобрений по технологии точного земледелия проводится дифференцированно, то есть, условно говоря, вно-

сим на каждый квадратный метр столько удобрений, сколько необходимо именно здесь (на данном элементарном участке поля). Внесение проводится в двух режимах - *off-line* и *on-line*. Стоит отметить, что дифференцированное внесение минеральных удобрений на сегодняшний день является ключевым элементом в точном земледелии.

Режим *off-line* предусматривает предварительную подготовку на стационарном компьютере карты-задания, в которой содержатся пространственно привязанные, с помощью GPS, дозы удобрения для каждого элементарного участка поля. Для этого проводится сбор необходимых для расчёта доз удобрений данных о поле (пространственно привязанных). Проводится расчёт дозы для каждого элементарного участка поля, тем самым формируется (в специальной программе) карта-задание. Затем карта-задание переносится на чип-карте (носитель информации) на бортовой компьютер сельскохозяйственной техники, оснащённой GPS-приёмником и выполняется заданная операция. Трактор, оснащенный бортовым компьютером, двигаясь по полю, с помощью GPS определяет свое место нахождение. Считывает с чип-карты дозу удобрений, соответствующую месту нахождения и посыпает соответствующий сигнал на контроллер распределителя удобрений (или опрыскивателя). Контроллер же, получив сигнал, выставляет на распределителе удобрений нужную дозу.

Режим реального времени (*on-line*) предполагает предварительно определить агротребования на выполнение операции, а доза удобрений определяется непосредственно во время выполнения операции. Агротребования в данном случае это количественная зависимость дозы удобрения от показаний датчика, установленного на сельскохозяйственной технике, выполняющей операцию, который в инфракрасном и красном диапазоне света определяет содержание хлорофилла в листьях и биомассу. На основании этих данных, а также данных по сорту и фенофазе растения определяется доза азотных удобрений. Например, растения с высоким содержанием хлорофилла (окраска листьев интенсивно-зеленая) нуждаются в меньшей дозе азота, а с низким, наоборот, в большем количестве азота. Для использования N-сенсора также необходим портативный прибор N-tester, определяющий те же параметры. Результаты выполнения операции

(дозы и координаты, обработанная площадь, время выполнения и фамилия исполнителя) записываются на чип-карту.

В режиме on-line бортовой компьютер получает данные от датчика, сравнивает их с определенными и записанными в память агротребованиями и посыпает сигнал на контроллер по той же схеме, что и в режиме off-line.

В настоящее время активно ведутся разработки различных датчиков, позволяющих использовать режим on-line. Это оптические датчики, определяющие содержание азота в листьях и засоренность посевов, механические, оценивающие биомассу, электромагнитные и прочие.

20. ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ И ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА

20.1. Основные причины загрязнения природной среды удобрениями

Мировая и отечественная практика интенсивного земледелия убедительно показывает, что удобрения – основной фактор повышения количества и качества сельскохозяйственной продукции, а также расширенного воспроизводства плодородия почв. Еще в начале 20 века советский агроном, академик Д.Н. Прянишников о значении удобрений писал: «Применение минеральных удобрений равнозначно открытию новых сельскохозяйственных континентов». В настоящее время этот «континент» создает около 50% сельскохозяйственной продукции.

Однако неразумное применение удобрений таит в себе определенную опасность для окружающей среды. Поэтому неслучайно одной из задач системы удобрения является экологическая безопасность. При этом следует понимать, что применение удобрений – экологически обоснованное мероприятие. При производстве растениеводческой продукции человек нарушает круговорот веществ, задействованных в производственном процессе растений в результате отчуждения (выноса) значительных количеств элементов питания с урожаем сельскохозяйственных культур. Поэтому внесение удобрений представляет собой мероприятие по регулированию круговорота элементов питания, т.е.

возобновлению естественного хода процессов в агроэкосистемах.

Положительная роль удобрений несравненно выше, чем те отрицательные явления, которые могут проявляться в результате их неразумного применения. Задача современного земледелия состоит в оптимизации, а не минимализации применения удобрений.

Даже сторонники биологического земледелия сегодня не возражают против применения минеральных удобрений при условии, что они компенсируют вынос элементов питания, не загрязняют почву, атмосферу, грунтовые воды и не ухудшают качество продукции.

Перечислим основные причины загрязнения природной среды удобрениями, их потерь и непроизводительного расхода:

- несовершенство технологии транспортировки, хранения, тукосмешания и внесения;
- нарушение агрономической технологии применения удобрений;
- низкое качество минеральных удобрений;
- водная и ветровая эрозия почв;
- интенсивное использование различных промышленных, городских и бытовых отходов в качестве удобрения без систематического контроля их химического состава.

Существенные потери удобрений, а вместе с тем и загрязнение окружающей среды наблюдаются уже при транспортировке удобрений от завода до поля, что в первую очередь обусловлено перевалочной системой доставки удобрений, и, кроме того, необорудованным для перевозки транспортом.

Серьезные недостатки имеются и в хранении минеральных удобрений. Не во всех хозяйствах имеются складские помещения или специально оборудованные площадки для хранения минеральных удобрений. Обеспеченность складскими помещениями для хранения твердых минеральных удобрений сегодня (2011 г.) в республике составляет 79,6%. По оценке российских ученых, потери удобрений при хранении минеральных удобрений составляют около 4%.

Значительный ущерб окружающей среде наносит несовершенство технологии накопления, хранения и применения орга-

нических удобрений, что приводит к скоплению на фермах огромных масс жидких навозных стоков, часть которых попадает в реки и овраги, другая часть мигрирует по профилю почвы. При хранении подстилочного навоза в неуплотненных, неукрытых штабелях, а полужидкого навоза без компостирования потери азота могут составлять до 50%, при разбрасывании навоза без заделки за 4 часа потери аммиачного азота могут достигать 55%, за 12 часов – 65%, за 24 часа – 70%, за 48 часов – 80%.

Серьезной экологической проблемой остается неравномерность внесения удобрений, обусловленная несовершенством туковысевающих машин и агрегацией (расслоением) смеси удобрений. При неравномерности внесения 20-25% и более увеличивается пестрота посевов, неравномерность созревания, снижается качество продукции и повышаются потери элементов питания из почвы.

Несоблюдение научно обоснованной системы применения удобрений (доз, сочетаний макро- и микроэлементов, способов, сроков внесения, форм удобрений) приводит к загрязнению почвы, водных источников и растениеводческой продукции. При этом максимальную опасность для окружающей среды представляет азот, затем фосфор и меньше – калий.

Применяемый в настоящее время ассортимент минеральных удобрений недостаточно совершенен, многие из них имеют существенные недостатки в химическом составе, физических и механических свойствах. Это может быть причиной негативного их влияния на окружающую среду.

Несовершенство химических свойств минеральных удобрений приводит к значительным потерям питательных веществ при взаимодействии с почвой. Так, внесение азотных удобрений, навоза сопровождается газообразными потерями в атмосферу в форме NH_3 , N_2O и N_2 , которые составляют 15-30% от внесенного количества. При внесении азотных и калийных удобрений, жидкого навоза, также отмечаются значительные потери азота (5-15%) и калия (10-33 кг/га в год) в результате вымывания.

Фосфор вследствие малой его подвижности практически не вымывается из почвы (до 0,2 кг/га в год) и не представляет такой экологической опасности, как азот и калий.

При этом следует отметить, что размеры потерь азота и калия от вымывания зависят от гранулометрического состава почв, вида возделываемых культур. Снижение инфильтрационных потерь азота и калия наблюдается в следующих убывающих рядах:

1 – песок > супесь > суглинок > глина

2 – овощные, пропашные > культуры сплошного сева > многолетние травы

Существенным недостатком многих минеральных удобрений является их физиологическая реакция, особенно кислотность, а также наличие остаточной кислотности вследствие несовершенства технологии их производства. Интенсивное применение таких удобрений приводит к заметному подкислению почвы.

Неудовлетворительные физические и механические свойства удобрений приводят к их слеживаемости, что требует дополнительных затрат на подготовку к внесению. Это обстоятельство, а также не выровненный гранулометрический состав, сегрегация (расслаивание) удобрений не позволяют готовить высококачественные их смеси. Некачественные смеси неравномерно распределяются по поверхности поля, что приводит к непроизводительному расходу удобрений, т.е. к их потерям.

Наличие сопутствующих балластовых элементов (хлор, фтор), а также тяжелых металлов (кадмий, свинец, мышьяк и др.) снижает достоинства почти всех применяемых удобрений (таблица 20.1).

Таблица 20.1 – Среднее содержание тяжелых металлов в удобрениях, г/т (Черных Н.А., Ладонин В.Ф., 1995)

Удобрения	Zn	As	Cd	Pb	Ni
Азотные	18	8	1,2	21	7
Фосфорные	164	150	3,7	39	92
Калийные	11	10	1,0	14	21
Известковые	22	8	0,2	28	12
Органические	112	10	0,2	4	7
Осадки сточных вод	1000	15	15,0	390	100

Фосфорные – 4 кг фтора на тонну удобрений.

Тяжелые металлы – один из основных загрязнителей окружающей среды. К ним относятся элементы, удельная масса которых больше 6 г/см³, а атомная масса более 40. Некоторые из них (Cu, Zn, Co, Mo и др.) в небольших количествах оказывают положительное влияние на рост и развитие растений.

Значительная часть тяжелых металлов может попадать с осадками сточных вод. Поэтому интенсивное использование бытовых отходов в качестве удобрений без систематического контроля их химического состава представляет наибольшую опасность для окружающей среды. При длительном внесении повышенных доз удобрений тяжелые металлы могут накапливаться в почве, отрицательно влияя на ее свойства, урожай и качество растениеводческой продукции.

Важным фактором, усугубляющим негативное влияние удобрений на окружающую среду, является водная и ветровая эрозия почв. В республике Беларусь 8,6% пашни и 6,2% сельскохозяйственных земель подвержено водной эрозии, и 1,5% и 0,9% соответственно – ветровой эрозии (дефляции). Водная эрозия способствует смыву плодородного слоя почвы, и находящихся в нем, а также внесенных с удобрениями элементов питания. Ливневыми дождями и паводковыми водами со склоновых земель уносится в реки, моря и океаны миллионы тонн почвы и биогенных элементов. То же происходит и при ветровой эрозии, когда наиболее плодородная мелкодисперсионная фракция почвы, богатая гумусом и питательными веществами уносится за тысячи километров, нанося ущерб окружающей среде. Водной и ветровой эрозии подвергаются все биогенные элементы. В условиях республики потери за год с гектара с поверхностным стоком составляют: 10-15 т твердой фазы, 150-160 кг гумуса, 10 кг N, 4-5 кг P₂O₅ и K₂O, 5-6 кг CaO и MgO.

Величина потерь питательных веществ от эрозии почв зависит от: а) вида культур (под многолетними травами они минимальны); б) количество атмосферных осадков; в) степени эродированности почв; г) гранулометрического состава почв (наибольшие потери – на легких почвах).

20.2. Негативное воздействие удобрений на компоненты окружающей среды

Неблагоприятное влияние применяемых в сельском хозяйстве удобрений на окружающую среду многостороннее, последствия которого сказываются практически на всех ее компонентах или звеньях. Система человек – окружающая среда очень сложная, поликомпонентная, с бесконечным множеством прямых и обратных связей. Используя этот принцип связи, влияние удобрения можно представить в виде упрощенной схемы (рисунок 20.2).

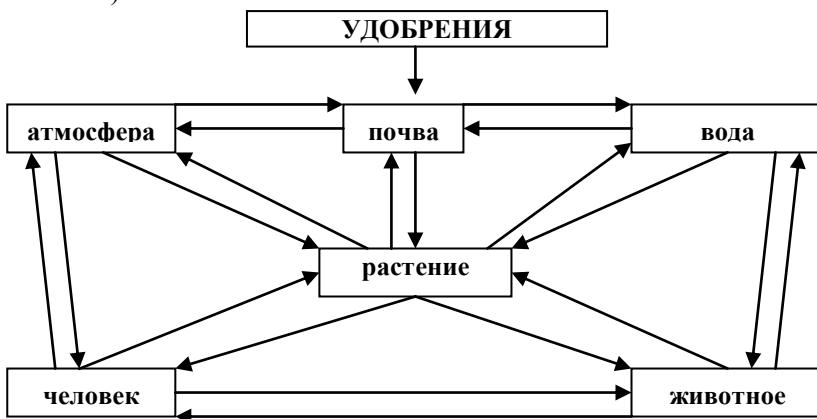


Рисунок 20.2 – Упрощенная схема влияния удобрений на компоненты окружающей среды

Удобрения, внесенные в почву, оказывают непосредственное как положительное, так и отрицательное действие на ее свойства. Произрастающие на почве растения испытывают как непосредственное, так и косвенное (через свойства почвы) действие удобрений. В результате несовершенства свойств удобрений, а также превращения азотных удобрений в почве образуются газообразные продукты этого превращения (N_2 , N_2O , NO , NO_2 , NH_3), которые поступают в атмосферу, загрязняя ее. При определенных условиях часть питательных (нитратный азот, калий и др.) и сопутствующих веществ удобрений (F, Cl, тяжелые

металлы) могут вымываться из почвы, загрязняя при этом грунтовые воды и водоемы. Через растениеводческую и животноводческую продукцию, атмосферу и воду эти вещества поступают в организм человека, вызывая определенные заболевания.

Рассмотрим детально негативное действие удобрений на основные компоненты окружающей среды.

Почва. Удобрения оказывают сложное воздействие на почву. Не рассматривая положительного их действия на свойства почвы, отметим основные причины и последствия негативного влияния удобрений.

Длительное применение высоких доз физиологически кислых минеральных удобрений способствует подкислению почвенного раствора, ускорению вымывания кальция, магния из пахотного слоя и минерализации гумуса почвы.

Применение высоких доз азотных удобрений способствует накоплению нитратного азота в почве в количествах, превышающих ПДК (130 мг $\text{NO}_3/\text{кг}$).

При бесконтрольном ненормированном использовании бесподстилочного навоза, особенно стоков, усиливаются дегумификация, эрозионные процессы в почве, в ней накапливаются токсические соединения, происходит химическое и биологическое загрязнение почвогрунтов. Это наблюдается при чрезмерной концентрации навозных стоков в одном хозяйстве в результате строительства больших (на 50 тыс. голов) свинокомплексов. В странах ЕС запрещено строительство животноводческих комплексов более чем на 15 тыс. голов.

Особую опасность несут содержащиеся в навозе остаточные количества дезинфицирующих веществ, различных медикаментозных препаратов, в основном антибиотиков, применяемых на фермах. Установлены негативные последствия влияния данных препаратов на биологическую активность почвы, процессы гумусообразования. При насыщении почвы антибиотиками ослабляется ее способность к самообеззараживанию (90% патогенных кишечных палочек в таких почвах устойчивы к антибиотикам).

Несовершенство качества удобрений, а именно содержание тяжелых металлов в удобрениях, применяемых в высоких дозах, может приводить к накоплению их в почве в избыточных количествах. Высокие концентрации тяжелых металлов в почве гу-

бительно действуют на биологическую и ферментативную активность почвы.

Применение высоких доз азота усиливает развитие фитопатогенной микрофлоры в почве, приводящее к заболеваниям с.-х. культур.

Установлено, что загрязнение почв республики тяжелыми металлами носит локальный характер и приурочено к зонам воздействия крупных промышленных центров и отдельных предприятий, почвам придорожных полос, землям, где в качестве органических удобрений использовались различные отходы (осадки сточных вод, коммунальные отходы и др.).

Аккумуляция металлов в почвах напрямую зависит от их физико-химических свойств. Тяжелые металлы в основном адсорбируются частицами физической глины. Поэтому фитотоксическое действие их на растения менее выражено на дерново-подзолистых суглинистых почвах.

По мере увеличения содержания в почве гумуса снижается количество в ней подвижных форм металлов (Cd, Pb, Cu и Zn) и их концентрация в растениях, так как тяжелые металлы фиксируются в органическом веществе почвы.

В свою очередь увеличение кислотности почвы, наоборот, способствует увеличению подвижных форм тяжелых металлов, что усиливает миграцию их в растениях.

Подвижность металлов возрастает с увеличением степени гидроморфизма. На дерново-подзолистой суглинистой временно избыточно увлажненной и глееватой почвах отмечается максимальная подвижность тяжелых металлов.

Для реальной оценки опасности загрязнения почв тяжелыми металлами и избыточного накопления в растениеводческой продукции разработаны градации, ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) и предельно допустимые уровни (ПДУ) в дерново-подзолистых почвах (табл. 20.2.1).

В качестве фонового содержания тяжелых металлов для почв республики могут использоваться региональные кларки (средние регионально-фоновые содержания) элементов в почве (таблица 20.2.2).

Таблица 20.2.1 – Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) и предельно допустимые уровни (ПДУ) тяжелых металлов в дерново-подзолистых почвах, мг/кг

Тяжелый металл	Формы	Почвы		
		песчаные	супесчаные	суглинистые
Кадмий (ОДК)	валовые	0,3	0,4	0,6
	подвижные (1 М HCl)	0,2	0,3	0,4
Свинец (ОДК)	валовые	25	35	60
	подвижные (1 М HCl)	10	15	25
Медь (ПДУ)	валовые	60	70	100
	подвижные (1 М HCl)	10	12	15
Цинк (ПДУ)	валовые	50	60	80
	Подвижные (1 М HCl)	14	16	18

Таблица 20.2.2 – Региональные кларки валовых форм тяжелых металлов в почвах Беларуси, мг/кг

Показатели	Pb	Zn	Cd	Hg	Cu	Cr	Ni	Co	Mo
Региональные кларки	12	35	0,1	1	13	36	20	6	1,5
Класс опасности (ГОСТ 17.41.02-83)	1	1	1	1	2	2	2	2	2

Атмосфера. Основными источниками загрязнения атмосферы являются промышленность и транспорт. От применения минеральных и органических удобрений загрязнение атмосферы незначительно, особенно с переходом на применение комплексных гранулированных, медленнодействующих азотных удобрений, но оно имеет место.

Загрязнение атмосферы агрохимическими средствами возможно при нарушении технологии хранения и применения навоза и помета. В этом случае происходит загрязнение атмосферы аммиаком, сероводородом, метаном, фенолом и другими токси-

ческими соединениями. В пробах атмосферного воздуха в 100 м от свинарников концентрация аммиака доходит до 3-4 мг/м³ (ПДК 0,2).

Согласно имеющимся данным свыше 80% аммиака загрязняющего атмосферный воздух и 10% метана, разрушающего озоновый слой и являющегося парниковым агентом, поступают из навоза и помета при хранении их в открытых накопителях или из-за несвоевременной заделки в почву.

На возможное загрязнение атмосферы газообразными соединениями азота, которые образуются в результате денитрификации (N₂, N₂O, NO, NO₂), происходящей в почве, указывают отечественные и зарубежные исследователи.

Некоторые из них отмечают, что увеличение потерь азота в атмосферу ускорит разрушение озонового слоя. Известно, что озоновый слой имеет большое значение для жизни на Земле, так как он поглощает солнечную радиацию, которая в больших дозах вредна для всех живых организмов.

По заключению Всемирной метеорологической организации, поступление в атмосферу N₂O, связанного, помимо всего прочего, с использованием удобрений, не вызывает столь значительного эффекта, как предполагалось ранее. Удвоение содержания N₂O в атмосфере должно привести к сокращению количества озона лишь на 2%.

Несмотря на доводы международных организаций о слабом воздействии применения удобрений на озоновый слой, с точки зрения долговременных последствий, а также недостаточности наших знаний эти вопросы заслуживают внимания и требуют дальнейших исследований.

Природные воды. Обогащение природных вод биогенными элементами – важнейшая экологическая проблема. Основными причинами загрязнения водных источников (водоемов, грунтовых вод) являются:

- несовершенство технологии хранения минеральных и органических удобрений;
- нарушение системы применения удобрений;
- несовершенство качества минеральных удобрений
- водная и ветровая эрозия.

В результате вышеуказанных причин в воде повышается содержание нитратов, сульфатов, хлоридов, фосфатов и др. выше допустимого уровня (табл. 20.2.3). Повышение концентрации питательных веществ в водоемах вызывает их эвтрофикацию. Эвтрофикация – процесс обогащения вод питательными элементами (прежде всего азотом и фосфором) естественным или антропогенным путем, которые повышают биологическую продуктивность водоемов: развитие водорослей, фитопланктона, происходит «цветение» вод, заболачивание водоемов. В воде таких водоемов снижается содержание кислорода в результате расхода его на окисление отмершей массы фитопланктона. Это приводит к гибели рыб, вода становится непригодной для питья, так как трудно поддается очистке.

Таблица 20.2.3 – ПДК вредных веществ в воде водоемов, мг/л

Вещества	Хозяйственно-питьевые водоемы	Рыбохозяйственные водоемы
Нитраты	45	40
Нитриты	33	0,08
Фосфаты	7	5
Хлориды	350	300
Сульфаты	500	100
БПК	3	3

Примечание. БПК – биологическое потребление кислорода. Содержание кислорода в чистой воде – 8-10 мг/л.

Оптимальный рост фитопланктона наблюдается при концентрации фосфора 0,09-1,80 мг/л нитратного азота – 0,9-3,5 мг/л. Цветение воды за счет водорослей возникает только в тех случаях, когда концентрация фосфора в воде превышает 0,01 мг/л. Следовательно, определяющим фактором эвтрофикации является содержание фосфора в воде.

Существует ошибочное мнение, что в реки и водоемы питательные вещества попадают только из удобрений. Исследования показывают, что больше биогенных элементов поступает из запасов почвы. При этом значительное содержание водоемов приходится на долю городских сточных вод. По данным американ-

ских ученых, роль земледелия в формировании эвтрофикации составляет 8%.

Растениеводческая продукция. Основными загрязняющими растениеводческую продукцию веществами, связанными с применением удобрений, являются нитраты и тяжелые металлы.

Главными причинами накопления избыточных количеств нитратов в продукции растениеводства является несоблюдение регламентов системы удобрений.

Нитраты – необходимая часть азотного питания растений. Они всегда присутствуют в природе, даже если полностью отказаться от применения удобрений. Главное, чтобы содержание нитратов в растениеводческой продукции не превышало предельно допустимых уровней. Растения обычно не страдают от избытка в них нитратов и нитритов, но эти соединения весьма токсичны для животных и человека.

Уровень содержания нитратов в растениях поддается регулированию с помощью различных агрохимических и агротехнических мероприятий. На накопление нитратов в растениях оказывает влияние более 30 факторов, каждый из которых в конкретных условиях может иметь решающее значение.

По имеющимся данным, доля азота удобрений среди всех факторов, влияющих на накопление нитратов в растениеводческой продукции, составляет почти половину (47%). Поэтому применение экологически безопасных доз азотных удобрений в оптимальные приемы и сроки является гарантией получения качественной продукции.

К числу регулируемых факторов, влияющих на накопление NO_3 в растениях, принадлежит обеспеченность растений фосфором, калием, а также микроэлементами (Mo, Cu, Mn), которые участвуют в процессе восстановления NO_3 до NH_3 в растениях.

Накопление нитратов в растениеводческой продукции определяется видовыми и сортовыми различиями. Больше их накапливается в овощных культурах. Сортовые различия в отношении накопления нитратов у томата достигают 200-300%, у свеклы – 200%, у редиса – 55%.

Среди факторов внешней среды, влияющих на накопление нитратов в растении, можно отметить свет, влажность, температуру воздуха и почвы. Оптимизация этих факторов является од-

ним из решающих условий ассимиляции нитратов в растениях и снижение их концентрации.

Кроме того, весь агротехнический комплекс (способы посева, площадь питания, интегрированная защита растений от болезней и вредителей и др.) может обеспечивать максимальную фотосинтетическую деятельность растений, а, следовательно, превращение нитратного азота в органический.

На концентрацию нитратов влияют сроки, условия хранения и технология их переработки. Например, после 6-месячного хранения столовой свеклы и моркови содержание нитратов снижается в 1,5-2,0 раза. При кулинарной обработке овощей и картофеля содержание нитратов уменьшается на 25%.

В отличие от нитратов тяжелые металлы, накапливаясь в растениях в больших количествах, оказывают на них токсическое влияние. Механизм такого влияния тяжелых металлов на растения заключается в их денатурирующем действии на белки, участвующие в обмене веществ. Тяжелые металлы – протоплазматические яды. Например, кадмий ослабляет у растений процесс фотосинтеза, транспирации, ртуть оказывает на растения мутагенное действие, свинец замедляет рост корневой системы. Все это приводит к снижению продуктивности растений и качества растениеводческой продукции.

Человек, животное. Источником поступления нитратов, нитритов, тяжелых металлов и др. веществ в организм человека является растениеводческая продукция, питьевая вода, животноводческая продукция, с ними поступает 70-80%, 10-15%, 5-10% агрохимикатов соответственно.

Нитраты. Повышенное содержание нитратов и нитритов в продуктах питания обладает широким спектром негативного влияния на организм человека.

Избыточное поступление нитратов и нитритов в организм человека вызывает метгемоглобинемию (синюшность или удушье). Она является следствием окисления в крови человека двухвалентного железа в трехвалентное: $Fe^{2+} + N[O_3^-] + N[O_2^-] \rightarrow Fe^{3+}$. Образующийся под действием нитратов и нитритов метгемоглобин не способен переносить кислород в организме человека. Замещение на 20% гемоглобина метгемоглобином вызывает отравление, сопровождающееся кислородной недостаточностью.

При 80% замещении гемоглобина наступает смерть от удушья. Этому заболеванию подвергаются прежде всего дети.

Заболевания метгемоглобинемией встречаются редко, но длительное употребление воды, продуктов питания, содержащих повышенное количество нитратов, может вызвать болезни обмена веществ, опорно-двигательной, нервной и иммунной системы.

Употребление в пищу продуктов, богатых нитратами и нитритами, приводит к острым желудочно-кишечным расстройствам, отравлениям и хроническим заболеваниям.

Избыточное количество нитратов и нитритов в растениях в кислой среде реагируют со вторичными аминами, образуя нитрозоамины. Эти вещества могут образовываться в пищевых продуктах при технологической их обработке, а также и в организме животного и человека, так как в желудке присутствуют бактерии, трансформирующие нитраты в нитриты и далее в нитрозоамины. Эти соединения обладают канцерогенными и мутогенными свойствами и могут вызывать раковые заболевания у человека.

Определенный вред наносят нитраты и животноводству. Избыток их отрицательно сказывается на здоровье и продуктивности животных. В этом случае ослабевает сердечная деятельность, ухудшается переваримость каротина. Симптомы отравления – обильное слюнотечение, рвота, частое дыхание. У беременных животных могут происходить abortionы и рождаться мертвые приплоды.

С образованием метгемоглобина связано изменение крови с красного до шоколадно-коричневого. Наличие более 25% метгемоглобина крови указывает на заболевание у животных. Ориентировочные разовые токсические дозы NO_3 (г/100 кг массы) составляют: КРС – 50-90, свиньи – 60-90, лошади 60-70, птица – 90-130. Еще более опасны нитриты. Они вызывают токсикоз у животных при содержании в 5-15 раз меньше, чем нитраты.

С целью ограничения поступления в организм человека Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) установила предел поступления нитратов для человека – 3,5 мг на 1 кг массы человека. По данным ученых, лучше, чтобы дневной «паек» нитратов не превышал 120-140 мг в сутки.

Поскольку овощи, фрукты и корма накапливают максимальное количество нитратов именно для этой продукции в Беларуси, как и в других странах, разработаны ПДК NO_3 (мг/кг сырого вещества) (таблица 20.2.4).

Таблица 20.2.4 – ПДК нитратов в овощах, фруктах и кормах, мг/кг сырого вещества (СанПиН 13-10 РБ, 2009)

Наименование	Открытый грунт
Овощи	
Картофель	250
Капуста ранняя	900
Капуста поздняя	500
Лук репка	80
перо	400/800*
Томаты	150/300*
Огурцы	150/400*
Морковь ранняя	400
Морковь поздняя	250
Свекла	1400
Перец сладкий	200
Кабачки	400
Листовые овощи	2000/3000*
Фрукты	
Яблоки, груши, арбузы	60
Дыни	90
Детское питание	50
Вода	45 (мг/л)
Корма	
Силос, сенаж	500
Сено	1000
Зеленый корм	300
Кормовая свекла	1500
Кормовой картофель	300

Примечание. * - закрытый грунт

Кроме содержания нитратов в кормах регламентировано и количество фосфора и калия. Оптимальное для животных содержание фосфора в сухом веществе пастбищного и лугового

корма 0,6-0,7%= P_2O_5 . Содержание калия в корме не должно превышать 3,0% K_2O . Высокие дозы калийных удобрений снижают содержание кальция и магния в растениях, а отношение K : (Ca+Mg) превышает норму – 2,2. Такой корм вызывает заболевание скота гипомагниевой тетанией (пастищной тетанией).

Тяжелые металлы. Среди широкого спектра загрязнителей окружающей среды наиболее опасными являются тяжелые металлы. Наиболее токсичными для человека и животных является так называемая «большая четверка» – мышьяк (As), ртуть (Hg), кадмий (Cd), свинец (Pb).

Тяжелые металлы являются протоплазматическими ядами. При повышенном поступлении кадмия в организм человека наблюдается повреждение почек, носовое кровотечение. Он обладает канцерогенным действием. При свинцовом токсикозе поражаются в первую очередь органы кровообращения (анемия), нервная система, почки, при ртутном токсикозе наблюдается нарушение обмена веществ и поражение печени.

С целью предотвращения избыточного поступления тяжелых металлов в организм человека их содержание в продуктах питания регламентировано (табл. 20.2.5).

Таблица 20.2.5 – Гигиенические нормативы качества и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов по содержанию тяжелых металлов, (мг/кг) (СанПиН 11-63 РБ-98)

Продукты питания	Свинец	Мышьяк	Кадмий	Ртуть	Медь	Цинк
1	2	3	4	5	6	7
Зерно продовольственное (пшеница, рожь, тритикале, овес, ячмень, просо, гречиха, рис, кукуруза, сорго)	0,5	0,2	0,10	0,03	10,0 15,0 (гречиха)	50,0
Семена зернобобовых (горох, фасоль, маш, чина, чечевица, нут, соя)	0,5	0,3	0,10	0,02	10,0	50,0

Продолжение таблицы 20.2.5

1	2	3	4	5	6	7
Крупа, толокно, хлопья	0,5	0,2	0,10	0,03	10,0 15,0 (гречиха)	50
Мука всех видов, в т.ч. для макаронных изделий	0,5 1,0 (соевая)	0,1 0,2 (соевая)	0,20 0,1 (соевая)	0,03 0,02 (соевая)	15,0 10,0 (гречиха)	30,0 50,0 (соевая)
Хлеб, булочные и сдобные изделия	0,35	0,1	0,05	0,01	5,0	25,0
Свежие и свежемороженые овощи, картофель, бахчевые фрукты, ягоды, грибы	0,5 0,4 (ягоды, фрукты)	0,2 0,5 (грибы)	0,03 0,01 (грибы)	0,05 0,05 (грибы)	5,0 10,0 (грибы)	10,0 20,0 (грибы)

Для оценки безопасности кормов в республике введен ветеринарно-санитарный норматив «Показатели безопасности кормов», который включают допустимые уровни тяжелых металлов в кормах, рассчитанные с учетом вида корма, целевого направления животноводства, его продуктивности (табл. 20.2.6).

Токсическим действием для человека в повышенных концентрациях обладает и фтор. Человек ежедневно должен употреблять 3 мг фтора в сутки. С одной стороны, при недостатке фтора у человека возникает кариес зубов. В Беларуси в воде содержится мало фтора, и это заболевание получило широкое распространение. Поэтому внесение фосфорных удобрений (с точки зрения источника фтора) является полезным. С другой стороны, при избытке фтора в воде (выше 2 мг/л) наблюдается заболевание флюороз (разрушение у человека эмали зубов), а выше 8 мг/л – флюороз скелета.

К вредным примесям, содержащимся в калийных удобрениях, относится хлор. В небольших количествах хлор необходим для животных и человека. Суточная потребность человека в хлоре составляет 5-7 г.

Таблица 20.2.6 – Допустимый уровень содержания некоторых химических элементов в кормах для сельскохозяйственных животных, мг/кг

Наименование корма или сырья	Ртуть	Кадмий	Свинец	Мышьяк	Медь	Цинк	Никель	Селен
Комбикорма для свиней	0,10 (0,05)	0,40 (0,20)	5,00 (2,00)	1,00 (0,50)	100,0 (50,0)	150,0 (75,0)	3,0 (1,0)	1,0 (0,5)
Комбикорма для птицы (откорм)	0,10 (0,05)	0,40 (0,20)	5,00 (2,00)	1,0 (0,50)	100,0 (50,0)	150,0 (75,0)	3,0 (1,0)	1,0 (0,5)
Комбикорма для птицы (айценоская)	0,05 (0,05)	0,30 (0,20)	3,00 (2,00)	0,50 (0,50)	100,0 (50,0)	100,0 (50,0)	1,0 (1,0)	0,5 (0,5)
Комбикорма для крупного и мелкого рогатого скота (откорм)	0,10 (0,05)	0,40 (0,20)	5,00 (2,00)	1,00 (0,50)	30,0 (30,0)	100,0 (50,0)	3,0 (1,0)	1,0 (0,5)
Комбикорма для крупного и мелкого рогатого скота (молочный)	0,05 (0,05)	0,30 (0,20)	3,00 (1,50)	0,50 (0,50)	30,0 (30,0)	75,0 (50,0)	1,0 (1,0)	0,5 (0,5)
Комбикорма для других видов животных	0,10	0,30	5,00	1,00	30,0	50,0	3,0	1,0
Зерно, зернофураж	0,10 (0,05)	0,30 (0,10)	4,00 (2,00)	0,50 (0,50)	30,0 (20,0)	50,0 (50,0)	1,0 (1,0)	0,5 (0,5)

Продолжение таблицы 20.2.6

Наименование корма или сырья	Ртуть	Кадмий	Свинец	Мышьяк	Медь	Цинк	Никель	Селен
Жмыхи, пророты	0,10 (0,05)	0,40 (0,10)	4,00 (2,00)	0,50 (0,50)	50,0 (20,0)	75,0 (50,0)	1,0 (1,0)	0,5 (0,5)
Грубые корма	0,05 (0,05)	0,25 (0,15)	2,00 (1,00)	0,50 (0,50)	30,0 (20,0)	30,0 (20,0)	3,0 (1,0)	1,0 (0,5)
Зеленые корма	0,05 (0,05)	0,10 (0,07)	0,60 (0,30)	0,50 (0,50)	5,0 (5,0)	10,0 (10,0)	1,0 (1,0)	1,0 (0,5)
Сенаж	0,05 (0,05)	0,20 (0,10)	0,80 (0,50)	0,50 (0,50)	9,0 (9,0)	15,0 (10,0)	1,0 (1,0)	1,0 (0,5)
Силос	0,05 (0,05)	0,15 (0,10)	0,60 (0,30)	0,50 (0,5)	7,0 (7,0)	10,0 (10,0)	1,0 (1,0)	1,0 (0,5)

Примечание: В скобках указаны допустимые уровни в кормах для сельскохозяйственных животных и сельскохозяйственной продукции, используемых для производства продуктов детского и диетического питания.

Контроль содержания ртути, кадмия, свинца и мышьяка обязателен, других элементов – при необходимости.

Допустимая максимальная суточная доза в рационе для молочного скота составляет (мг): свинца – 28 (1,5), кадмия – 5,5 (3,5), в рационе для откормочных животных: свинца – 40 (2,5), кадмия – 4,5 (3,0).

Патогенные микроорганизмы, содержащиеся в свежем на-вазе, могут вызывать эпидемии и эпизоотии. По данным Всемирной организации здравоохранения, экскременты животных определены как фактор подачи более 100 возбудителей болезней животных, птиц и человека с большим сроком выживаемости, в том числе микробактерии туберкулеза (более 25 лет), сальмонеллы паразитов и брюшного тифа (2-3 года), бациллы сибирской язвы (более 60 лет).

20.3. Приемы снижения негативного воздействия удобрений на окружающую среду

Концепция современного экологически безопасного земледелия предусматривает такую систему применения удобрений, которая обеспечивала бы получение растениеводческой продукции высокого качества с допустимым содержанием нитратов, тяжелых металлов и других поллютантов (загрязняющих веществ), исключала бы загрязнение окружающей среды и в то же время гарантировала бы планируемую урожайность сельскохозяйственных культур.

Учеными многих стран, в том числе и белорусскими, разработан комплекс мероприятий, направленный на предотвращение загрязнения биосфера удобрениями, обусловленного рядом причин, рассмотренных в разделе 20.1.

Среди основных мероприятий по охране окружающей среды при использовании удобрений можно выделить следующие:

- организационные;
- агротехнические;
- биологические;
- химико-технологические;
- контролирующие.

Организационные мероприятия направлены на организацию экологически безопасной перевозки, хранения и внесения удобрений. Перевозить удобрения от завода до поля необходимо в специально оборудованном транспорте, исключающем потери удобрений. Необходимо организовать экологически безопасное хранение удобрений. Лучший способ хранения минеральных

удобрений – в складах или на специально оборудованных площадках для хранения удобрений. Необходим комплекс работ по дополнительному строительству, ремонту и модернизации складского хозяйства РО «Агросервис». Одним из путей решения проблемы складских помещений может быть использование для хранения азотных и фосфорных удобрений специальных мягких пластиковых контейнеров типа «Биг-бэг» с последующим складированием их на приспособленных площадках.

При хранении органических удобрений необходимо строго соблюдать условия их хранения. Подстилочный навоз, компосты лучше хранить на площадках с твердым покрытием, препятствующим инфильтрации удобрений в почву и грунтовые воды, жидкий навоз – в специальных накопителях секционного типа (навозохранилищах).

В целях снижения потерь биогенных элементов и уровня загрязнения воздуха токсическими газами (аммиаком, сероводородом и т.д.) бурты твердых органических удобрений при хранении необходимо покрыть слоем адсорбирующих материалов торфом, опилками, соломой.

При хранении бесподстилочного навоза, помета в открытых накопителях на поверхность следует добавлять перлитовую крошку, обладающую высокой поглотительной способностью и на 90-96% снижающую загрязнение воздуха аммиаком, сероводородом, углекислым газом, метаном.

Применяемые органические удобрения должны быть обеззаражены. В настоящее время разработаны биологические, химические и физические способы дезинфекции. Среди биологических способов наиболее распространены: длительное компостирование, биотермический метод, анаэробная термофильная ферментация.

Химическое обеззараживание применяют в основном для жидких удобрений при этом можно использовать аммиак, формальдегид, хлор, озон.

Физические способы практикуются реже. К ним относятся высушивание, обработка высокими температурами, применение электромагнитных полей.

Необходимо использовать технику для внесения удобрений, обеспечивающую равномерное их внесение. В настоящее время

этим требованиям соответствует техника для внесения растворов удобрений: различные марки опрыскивателей, обеспечивающие неравномерность внесения на уровне 5-10%. Созданы отечественные машины для внесения твердых удобрений: СУ-12, РШУ-12 и др., характеризующиеся аналогичной неравномерностью внесения. Требованиям высокой равномерности внесения отвечают все импортные машины для внесения удобрений.

Агротехнические мероприятия включают элементы научно обоснованной системы удобрений:

- применение дифференцированных (расчетных) доз удобрений под каждую культуру;
- соблюдение технологической дисциплины (приемов, сроков и способов внесения удобрений);
- использование оптимальных форм удобрений, обеспечивающих максимальное использование и минимальные потери элементов питания.

Загрязнение окружающей среды не наблюдается, если минеральные удобрения вносят в строгом соответствии с планами их применения, разработанными на ЭВМ для каждого хозяйства, в которых дозы и соотношение элементов минерального питания установлены с учетом уровня планируемой урожайности и выноса элементов питания сельскохозяйственными культурами, основных почвенных характеристик: типа и гранулометрического состава, запаса питательных веществ, степени кислотности, предшественника. Такая система удобрений обязательно содержит ограничения максимальных доз азотных удобрений, а также экологические регламенты, предусматривающие максимальное поступление азота с органическими и минеральными удобрениями, ограничения на внесение фосфорных, калийных и микроудобрений (табл. 20.3.1 и 20.3.2).

При возделывании зерновых культур рекомендуемые дозы азота необходимо корректировать по данным почвенной и растительной диагностики, что позволит регулировать состояние азотного режима почвы в течение всего периода.

Основным критерием применения жидких органических удобрений должна быть предельно допустимая нагрузка по азоту – 200 кг/га, а в условиях орошения – 300 кг/га. Обеспечить

такую нагрузку возможно при соблюдении максимальной плотности поголовья на 1 гектар сельхозугодий.

Таблица 20.3.1 – Экологические ограничения применения удобрений на дерново-подзолистых почвах

Ограничения	Почвы		
	суглинистые	супесчаные	песчаные
1. Максимальное поступление азота с органическими и минеральными удобрениями, кг/га	250	200-250	160-180
2. Ограничения на внесение удобрений при содержании элементов в почве больше указанных значений, мг/кг почвы:			
P ₂ O ₅	400	300	250
K ₂ O	400	300	200
B	1	1	1
Cu	5	5	5
Zn	10	10	10
3. На известкование при pH _{KCl} больше	6,7	6,2	5,8

Таблица 20.3.2 – Экологически безопасные дозы азота под сельскохозяйственные культуры (данные БелНИИПА, БелНИИ картофелеводства и плодоовощеводства)

Культура	Доза азота, кг/га
1	2
Зерновые	120
Картофель	120
Сахарная свекла	150
Кукуруза	150
Рапс	150
Кормовые корнеплоды	180
Многолетние злаковые травы	180

Продолжение таблицы 20.3.2

1	2
Овощи:	
морковь	90
огурец	90
свекла столовая	90
томат	90
лук	90
капуста	120

В странах Западной Европы разработаны нормативы максимальной плотности поголовья на 1 га (табл. 20.3.3).

Таблица 20.3.3 – Максимальная плотность поголовья на 1 гектар сельхозугодий

Страна	КРС	Свиньи
Швеция	1,5	10,5
Бельгия	2,0	-
Германия	3,0	-

В настоящее время (2011 г.) в Беларуси на 1 га сельхозугодий приходится 0,4 голов КРС и 0,3 головы свиней, в отдельных хозяйствах этот показатель составляет 0,7-0,9 и 2,7-2,9 соответственно.

При использовании жидкого навоза необходимо иметь в виду, что его лучше вносить под многолетние травы дробно под укосы. Наиболее оптимальным сроком внесения этого удобрения считается весенний период. Не допускается внесение жидкого навоза на участках с уклоном 3⁰, особенно на песчаных и супесчаных почвах, подстилаемых песками, так как может иметь место внутрипочвенный сток. В природоохранных целях между зоной применения жидкого навоза и водоемами следует оставлять защитную полосу шириной 20-100 м в зависимости от местных водоохранных условий.

Применение оптимальной системы удобрения должно проводиться на фоне соблюдения других технологических опера-

ций: обработки почвы, оптимальных сроков посева и нормы высе- сева, севооборота, интегрированной защиты растений.

Для снижения эрозионных потерь удобрений необходимо применение контурно-экологического земледелия, включающе- го почвозащитные севообороты и систему противоэррозионной обработки почвы: безотвальная, плоскорезная, минимальная, контурная, чизельная и т.д.

Как отмечает В.А. Ковда (1976), для защиты океана, озер, рек от загрязнения взвешенными и растворимыми веществами наиболее целесообразна максимальная «биологизация» поверх- ности суши, т.е. закрытие ее живым растительным покровом, обогащение почв корнями и дерниной, увеличение растительной биомассы и содержания гумуса в почве.

Биологические мероприятия. В связи с ориентацией расте- ньеводства на экологическую и экономическую целесообраз- ность возрастает значение биологического азота в земледелии: симбиотической, ассоциативной азотфиксации. Важным аргу- ментом в пользу применения бактериальных симбиотических и ассоциативных удобрений являются полная безопасность для человека и окружающей среды, исключение экологического риска и возможность ограничения доз минеральных удобрений. Бактериальные удобрения обеспечивают повышение урожайно- сти и качества растениеводческой продукции за счет биологиче- ской мобилизации основных элементов питания, стимуляции роста, а также выполнения фитосанитарной функции, повышая устойчивость растений к корневым инфекциям. В республике хорошо используются сапронит (штаммы клубеньковых бакте- рий), азобактерин, ризобактерин (ассоциативные азотфиксато- ры), фитостимофос (фосфатмобилизующие бактерии), калиплант (калиемобилизующие бактерии).

Возделывание многолетних трав, использование подстилоч- ного навоза, соломы и других органических удобрений обес- печивает сохранение почвенного плодородия, уменьшает по срав- нению с минеральными удобрениями экологическую нагрузку.

Возделывание промежуточных культур позволяет сберечь в почве от 25 до 75 кг/га элементов питания.

Подбор культур, менее всего накапливающих тяжелые ме- таллы, является одним из биологических приемов снижения (в 2-

3 раза) накопления их в растениеводческой продукции. Почвы с высоким содержанием тяжелых металлов рекомендуется отводить под посевы рапса на маслосемена, озимую рожь, пшеницу, из многолетних трав – ежу сборную, тимофеевку луговую.

Биологические мероприятия включают адаптивную селекцию, направленную на выведение сортов, во-первых, с низким уровнем поглощения агрохимикатов, во-вторых, устойчивых (толерантных) к повышенной концентрации в почве и атмосфере.

Химико-технологические мероприятия. Суть этих мероприятий сводится к устраниению недостатков минеральных удобрений. Совершенствование химического состава и ассортимента минеральных удобрений происходит путем создания и применения медленнодействующих форм азотных удобрений, обеспечивающих минимальные потери азота и максимальное его усвоение. Азотнотуковая промышленность уже выпускает медленнодействующие удобрения: мочевину с гидрогуматом, сульфат аммония с защитным покрытием. Кроме того, снижение экологической нагрузки обеспечивает создание и применение удобрений с минимальным количеством тяжелых металлов и других сопутствующих элементов, а также использование химически нейтральных комплексных удобрений с хорошими физическими и механическими свойствами.

Контролирующие мероприятия. Важнейшим условием не только сохранения, но и улучшения природной среды является хорошо наложенная служба контроля за содержанием остатков средств химизации в объектах окружающей среды.

Контроль за качеством продукции в республике осуществляют областные лаборатории аналитического контроля (Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды), агрохимслужба (Минсельхозпрод) и центры гигиены, эпидемиологии и охраны общественного здоровья (Минздрав).

Организация контроля осуществляется в следующем порядке:

1. Выбор объекта контроля.
2. Контроль за содержанием нитратов, тяжелых металлов и других остатков применения удобрений в почве, продукции

- таких растениеводства, животноводства и в водных объектах, атмосфере.
3. Оценка результатов контроля с использованием нормативов допустимого содержания (ПДК, МДУ) агрохимикатов в объектах окружающей среды.
 4. Прогнозирование загрязнения объектов окружающей среды агрохимикатами.
 5. Разработка рекомендаций по предотвращению загрязнения контролируемых объектов средствами химизации.

Комплексное решение экологических проблем в современном земледелии возможно на основе учета большого разнообразия почвенно-климатических агробиоценозов и всей совокупности компонентов «почва – атмосфера – вода – растения – животное – человек», т.е. на организации агроэкологического мониторинга (наблюдение, оценка, прогноз состояния окружающей среды).

Информация, полученная на основе мониторинга по изучению влияния удобрений на почву, растения, водные источники, атмосферу позволяет сформировать единую базу данных и разработать экологически безопасные системы удобрений, обеспечивающие получение высококачественной растениеводческой продукции и сохранение окружающей среды.

Решение экологических проблем невозможно без высокой ответственности, профессионального мастерства и экологической подготовки специалистов агропромышленного комплекса.

21. ОХРАНА ТРУДА ПРИ РАБОТЕ С УДОБРЕНИЯМИ

Планирование и решение производственных задач должно быть направлено на обеспечение экономической эффективности применения средств химизации при сохранении здоровья людей.

Ежегодно специалисты хозяйств составляют конкретный план применения удобрений с учетом принятых нормативов при консультации с проектно-изыскательскими станциями химизации и утверждают их с руководителями хозяйств. В этих планах предусматривают дозы и способы внесения средств химизации. Указанные планы подлежат строгому исполнению. Все изменения, связанные с обеспечением технологического процесса со-

гласовывают с главными специалистами хозяйства.

При работе со средствами химизации необходимо хорошо знать санитарные правила и технику безопасности по разгрузке-погрузке, транспортировке и внесению минеральных, органических удобрений и мелиорантов.

Работающим с минеральными удобрениями необходимо иметь представление о химической и санитарной характеристике средств химизации, с которыми предстоит работать. В хозяйствах должен быть организован строгий учет поступления и расхода всех средств химизации с сертификатами и характеристиками препаратов. Ответственные за эту работу лица назначаются специальным приказом соответствующей организации, они несут материальную и иную ответственность согласно действующему законодательству.

К работе со средствами химизации могут быть допущены лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинский осмотр и имеющие при этом медицинскую справку. Запрещается использование труда беременных женщин на любых работах в контакте с минеральными удобрениями, а также лиц, имеющих противопоказания для работы с минеральными удобрениями.

Организация и проведение предварительных (при поступлении на работу) и периодических медосмотров работающих обеспечивается руководителями предприятий. Лечебно-профилактическое обслуживание должно осуществляться учреждениями сети в районе размещения предприятия.

Перед началом работ необходимо проводить инструктаж по технике безопасности с работниками, непосредственно выполняющими операции по хранению, транспортировке и применению средств химизации. Проведение инструктажа нужно фиксировать в специальном журнале, где инструктируемый обязательно должен расписываться. Правила техники безопасности и санитарные правила при обращении с удобрениями вывешиваются в помещении склада.

Работник сельскохозяйственного предприятия, приобретая средства химизации, должен пройти инструктаж на выполнение той или другой операции по их применению в районном объединении по химизации.

Для получения и транспортировки с прирельсового (при-

станционного) склада, с завода или базы химизации минеральных удобрений, известковых материалов должен быть задействован специализированный транспорт. Для перевозки химических препаратов выпускаются закрытые автомобили-самосвалы и специализированные автомобили.

Транспортное средство должно быть укомплектовано аптечкой первой помощи, средствами индивидуальной защиты (спецодежда, защитные перчатки, респиратор, противогаз при необходимости).

К управлению транспортом при перевозке минеральных удобрений допускаются водители со стажем работы не менее 3-х лет, прошедшие медицинское обследование в установленном порядке. Водитель, временно привлекаемый к перевозке опасных грузов, обязан пройти специальный инструктаж и медицинский осмотр.

Перевозка аммиачной селитры с другими минеральными удобрениями, пестицидами, контакт и взаимодействие которых может привести к самовозгоранию, не допускается.

При возникновении дорожно-транспортного происшествия при перевозке минеральных удобрений необходимо принимать меры по сбору и удалению или обезвреживанию россыпей и разливов, важно оповестить центры гигиены и эпидемиологии о возникшей опасности отравления людей.

После перевозки минеральных удобрений кузова автомашин, прицепы, вагоны и т.д. должны быть очищены от остатков удобрений и промыты водой под напором из шланга. Промывка транспортных средств осуществляется на специальных площадках с твердым покрытием и организованным стоком воды в отстойники.

Перед началом работ должно быть проведено сквозное проветривание всех помещений склада, где проводятся разгрузочно-погрузочные работы. При работе с удобрениями на складе и вне его все работающие должны быть обеспечены рекомендуемой для данного вида работы спецодеждой и средствами индивидуальной защиты (комбинезон, рукавицы, очки, респираторы) при работе с жидким аммиаком (противогазы). При работе с жидкими минеральными удобрениями для защиты рук следует использовать резиновые перчатки, для защиты ног – резиновые сапоги.

Комплекты спецодежды и средств индивидуальной защиты должны быть индивидуально подобраны каждому работнику. Они должны храниться раздельно с повседневной одеждой в индивидуальных шкафчиках в специально выделенных помещениях. Спецодежда и средства индивидуальной защиты не должны использоваться вне работы.

При непрерывной работе в респираторе с удобрениями рекомендуется делать пятиминутные перерывы через каждые полчаса работы.

По окончании работ с минеральными удобрениями спецодежда и индивидуальные средства защиты очищаются, промываются и сдаются на склад.

На складах и местах работ с минеральными удобрениями должны быть установлены умывальники с мылом, бачки для питьевой воды и аптечки с необходимым набором медикаментов.

В складе, где хранят аммиачную селитру, нельзя курить, пользоваться открытым огнем и обогревательными приборами. Возникший пожар следует тушить только водой. При тушении пожара необходимо пользоваться противогазом, чтобы избежать отравления выделяющимися окислами азота.

При попадании жидкых азотных удобрений на кожу их необходимо быстро смыть водой. При сильном поражении кожи аммиаком в этих местах делают примочки 5%-ым раствором уксусной, лимонной или соляной кислоты. При отравлении газовой аммиачной смесью пострадавшего до прихода врача следует вывести на чистый воздух и отпаивать теплым молоком с водой (1 чайная ложка на стакан молока). При прекращении дыхания пострадавшему необходимо немедленно сделать искусственное дыхание.

Перевозка продуктов питания, питьевой воды и предметов домашнего обихода вместе с минеральными удобрениями запрещается.

Запрещается перевозить людей в кузовах прицепов, разбрасывателей, на прицепных устройствах, крыльях тракторов, лестницах минераловозов, на подножках, в самосвалах и кузовах, специально не оборудованных бортовых автомобилей и т.д.

Машины и инвентарь, используемые для работ с минеральными удобрениями, должны храниться в специально отведенных местах. Запрещается работать на технически неисправном оборудовании. При возникновении сложных поломок оборудования оно освобождается от удобрений, проводится его промывка и ремонт на ремонтной базе. Все приводы машин должны быть закрыты щитами. Смазку и регулировку рабочих органов следует проводить при полной остановке машин и включенном двигателе трактора. Загрузку машин удобрениями можно проводить только при полной их остановке. При ручной загрузке агрегатов, туковых сеялок, затаренными удобрениями масса одной упаковки не должна превышать 10 кг. При механизированной загрузке минеральных удобрений в бункера самолета (при использовании сельскохозяйственной авиации) масса мешков не должна превышать 20 кг.

Во время внесения удобрений нельзя находиться вблизи разбрасывающих органов машины (не ближе 50-80 м от них). Нельзя находиться между трактором и машиной при транспортировке и внесении удобрений. Скорость движения машины при внесении удобрений не должна быть выше установленной техническими условиями.

Запрещается вносить жидкие органические удобрения дождеванием или разбрасыванием в 30-метровой зоне от линий электропередач.

По окончании работ все площадки, машины, инвентарь должны быть освобождены от остатков минеральных удобрений, очищены и промыты водой под напором из шланга. Эта работа проводится на моечных площадках.

Работы, связанные с утилизацией навоза, нужно выполнять в спецодежде. Категорически запрещается спускаться в колодец или навозосборник без противогаза и предохранительного пояса с веревкой. Предварительно соблюдая меры безопасности, скопившийся в колодце газ удаляют выжиганием.

Строгое соблюдение правил техники безопасности и санитарных правил предотвращает несчастные случаи и производственные травмы у работающих с удобрениями и другими химическими средствами.

Основная литература

1. Агрохимическое обслуживание сельскохозяйственного производства: учебное пособие для вузов /С.П. Кукрещ, С.Ф. Кукрещ. – Минск, 1995. – 133 с.
2. Агрохимия в вопросах и ответах./А.А. Калининский [и др.]. – Минск: Ураджай, 1991 – 237 с.
3. Агрохимия. Практикум: учебное пособие / под ред. И.Р. Вильдфлуша, С.П. Кукреща – Минск «ИВЦ Минфина», 2010. – 367 с.
4. Агрохимия. Система применения удобрений: Методические указания по выполнению курсовой работы студентами высших, учащимися средних специальных учреждений образования по специальностям 74 02 01 «Агрономия», 74 02 04 «Плодоовощеводство», 74 02 03 «Защита растений и карантин» и 74 02 05 «Агрохимия и почвоведение» /Ф.Н. Леонов [и др.]. – Гродно: ГГАУ, 2006. – 154 с.
5. Агрохимия: учебник для вузов /И.Р. Вильдфлуш [и др.]/ - 2-е изд. – Минск: Ураджай, 2001. – 487 с.
6. Ефимов, В.Н. Система удобрения: учебник для вузов / В.Н. Ефимов, И.Н. Донских, В.П. Царенко. – М. : Колос, 2002. – 319 с.
7. Ионас, В.А. Система удобрения сельскохозяйственных культур: учебное пособие для вузов /В.А. Ионас, И.Р. Вильдфлуш, С.П. Кукрещ. – Минск: Ураджай, 1998. – 287 с.
8. Минеев, В.Г. Агрохимия: учебник для вузов /В.Г. Минеев – М.: Изд-во Московского университета, 1990. – 563 с.
9. Муравин, Э.А. Агрохимия: учебник для вузов /Э.А. Муравин, В.И. Титова. – М.: Колос, 2009. – 462 с.
10. Практикум по агрохимии: учебное пособие /ред. И.Р. Вильдфлуш, С.П. Кукрещ [и др.]. – Минск: Ураджай, 1998. – 269 с.
11. Практикум по агрохимии: учебное пособие для вузов / Б.А. Ягодин [и др.], под ред. Б.А. Ягодина. – М.: Агропромиздат, 1987. – 511 с.
12. Практикум по агрохимии: учебное пособие для вузов / под ред. В.В. Кидина. – Москва: КолосС, 2008. – 598 с.

13. Справочник агрохимика / В.В. Лапа [и др.], под ред. В.В. Лапы. – Минск: Белорусская наука, 2007. – 389 с.
14. Ягодин, Б.А.. Агрохимия: учебник для вузов /Б.А. Ягодин. – М.: Колос, 1989. – 635с.

Дополнительная литература

1. Босак, В.Н. Краткий нормативный агрохимический справочник. – Минск: Институт почвоведения и агрохимии, 2003. – 68 с.
2. Босак, В.Н. Система удобрения в севооборотах на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах. – Минск, 2003. – 176 с.
3. Вильдфлущ, И.Р. Рациональное применение удобрений : учебное пособие / И.Р. Вильдфлущ, А.Р. Цыганов, В.В. Лапа. – Горки: БГСХА, 2002. – 321 с.
4. Вильдфлущ, И.Р. Фосфор в почвах и земледелии Беларуси /И.Р. Вильдфлущ, А.Р. Цыганов, В.В. Лапа. – Минск: Белорусское издательское Товарищество Хата, 1999. – 190 с.
5. Дерюгин, И.П. Агрохимические основы системы удобрения овощных культур /И.П. Дерюгин, А.Н. Кулюкин. – М.: Агропромиздат, 1988. – 28 с.
6. Дукаревич, Б.И. Удобрение овощных культур. – М., 1990.
7. Журналы «Агрохимия», «Белорусское сельское хозяйство, «Земляробства і ахова раслін».
8. Инструкция о порядке известкования кислых почв сельскохозяйственных земель /В.В. Лапа [и др.]. – Минск: Институт почвоведения и агрохимии, 2008. – 29 с.
9. Инструкция по использованию сапропеля в сельскохозяйственном производстве /В.В. Бамбалов [и др.]. – Минск: БНИВНФХ в АПК, 2007. – 30 с.
10. Инструкция по использованию торфа в сельскохозяйственном производстве /В.В. Лапа [и др.]. – Минск: БНИВНФХ в АПК, 2006. – 25 с.
11. Клебанович, Н.В. Известкование почв Беларуси /Н.В. Клебанович, Г.В. Василюк. – Минск.: Изд-во БГУ, 2003. – 322 с.
12. Крупномасштабное агрохимическое и радиологическое обследование почв сельскохозяйственных земель Республики

- Беларусь: методические указания /Богдевич И.М. [и др.]. – Минск, 2006. – 63 с.
13. Кулаковская, Т.Н. Оптимизация агрохимической системы почвенного питания растений /Т.Н. Кулаковская. – М.: ВО Агропромиздат, 1990. – 218 с.
 14. Лапа, В.В. Минеральные удобрения и пути повышения их эффективности /В.В. Лапа, В.Н. Босак. – Минск: Институт почвоведения и агрохимии, 2002. – 184 с.
 15. Лапа, В.В. Применение удобрений и качество урожая / Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси / В.В. Лапа, В.Н. Босак. – Минск, 2006. – 120 с.
 16. Мееровский, А.С. Создание и использование сенокосов / А.С. Мееровский, А.Л. Бирюкович, Р.Т. Пастушок/ – Минск: Институт мелиорации и луговодства НАН Беларуси, 2005. – 72 с.
 17. Методика расчета баланса гумуса в земледелии Республики Беларусь /В.В. Лапа [и др.]. – Минск: Институт почвоведения и агрохимии, 2007. – 19 с.
 18. Методика расчета баланса элементов питания в земледелии Республики Беларусь /В.В. Лапа [и др.]. – Минск: РУП БНИВНФХ в АПК, 2007. – 18 с.
 19. Методические указания по учету и применению органических удобрений /В.В. Лапа [и др.]. – Минск: РУП БНИВНФХ в АПК, 2007. – 15 с.
 20. Минеев, В.Г. Химизация земледелия и природная среда /В.Г. Минеев. – М.: ВО Агропромиздат, 1990. – 287 с.
 21. Основы энергосбережения в системе применения удобрений /С.П. Кукрещ, С.Ф. Ходяникова, В.В. Лапа. – Горки: БГСХА, 2001. – 60 с.
 22. Персикова, Т.Ф. Биологический азот в земледелии Беларуси / Т.Ф. Персикова, А.Р. Цыганов, И.Р. Вильдфлуш. – Минск: Белорусское издательское Товарищество «Хата», 2003. – 238 с.
 23. Применение органических удобрений в севооборотах /В.В. Лапа [и др.]. – Минск: РУП БНИВНФХ в АПК, 2006. – 20 с.
 24. Применение органических удобрений в севооборотах /В.В. Лапа [и др.]. – Минск: БНИВНФХ в АПК, 2006. – 20 с.

25. Применение удобрений на основе материалов агрохимического и радиологического обследования почв: пособие /С.П. Кукреш [и др.]. – Минск, 2003. – 131 с.
26. Программа мероприятий по сохранению и повышению плодородия почв в Республике Беларусь на 2011-2015 гг. / В.Г. Гусаков [и др.]; под ред. В.Г. Гусакова. – НАН Беларуси, МСХП РБ, Госкомимущества, Ин-т почвоведения и агрохимии; Минск, 2010. – 106 с.
27. Расчет доз удобрений на планируемую урожайность сельскохозяйственных культур /В.В. Лапа [и др.]. – Горки: БГСХА, 2003. – 36 с.
28. Санитарные правила и нормы по хранению, транспортировке и применению минеральных удобрений в сельском хозяйстве / Санитарные правила и нормы СанПИН 9-103 РБ 98. Минск, 1998. – С. 104-120.
29. Система применения удобрений. Дипломное и курсовое проектирование /С.Ф. Шекунова [и др.]. – Горки: БГСХА, 2005. – 136 с.
30. Современные ресурсосберегающие технологии производства растениеводческой продукции: сборник научных материалов /Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию; ред. кол. Ф.И. Привалов [и др.]. – 2-е изд. доп. перераб. – Минск: ИВЦ Минфина, 2007. – 431 с.
31. Современные технологии возделывания сельскохозяйственных культур : научно-практические рекомендации /К.В. Коледа [и др.], под общей ред. К.В. Коледы и А.А. Дудука. – Гродно: ГГАУ, 2010. – 340 с.
32. Справочная книга по производству и применению органических удобрений / А.И. Еськов [и др.]. – Владимир: ВНИПТНОУ, 2001. – 496 с.
33. Степуро, М.Ф. Ресурсосберегающая система удобрений овощных культур / М.Ф. Степуро, А.А. Аутко, В.А. Крапивка. – Минск, 2010. – 208 с.
34. Трепачев, Е.П. Агрохимические аспекты биологического азота в современном земледелии. – М., 1999. – 522 с.
35. Удобрения и качество урожая сельскохозяйственных культур /И.Р. Вильдфлущ, А.Р. Цыганов, В.В. Лапа, Т.Ф. Персикова. – Минск: УП Технопринт, 2005. – 276 с.

36. Цыганов, А.Р. Микроэлементы и микроудобрения: учебное пособие / А.В. Цыганов, Т.Ф. Персикова, С.Ф. Рейцкая. – Минск, 1998.
37. Экологические проблемы агрохимии: учебное пособие / А.Р. Цыганов, И.Р. Вильдфлущ, Т.Ф. Персикова. – Минск, 1997. – 75 с.

Содержание

Введение.....	3
1. Определение и задачи системы удобрения.....	5
2. Физиологические основы применения удобрений.....	9
2.1. Потребность растений в элементах питания.....	9
2.2. Минеральное питание культур и качество рас- тениеводческой продукции.....	18
2.3. Особенности питания в различные периоды их роста и развития.....	25
3. Приемы, способы и сроки внесения удобрений.....	30
4. Условия эффективного применения удобрений.....	37
5. Известкование почв в системе применения удобре- ний.....	48
5.1. Необходимость известкования почв и опреде- ление доз извести и известковых удобрений.....	48
5.2. Особенности известкования почв в севооборо- тах и других угодьях.....	60
6. Органические удобрения в системе применения удобрений.....	72
6.1. Определение потребности в органических удобрениях.....	72
6.2. Определение накопления органических удобре- ний в хозяйстве	75
6.3. Оценка качества хранения органических удоб- рений.....	81
6.4. Характеристика и применение основных видов органических удобрений.....	84
7. Определение потребности сельскохозяйственных культур в удобрениях.....	112
7.1. Использование питательных элементов расте- ниями из почвы.....	112
7.2. Использование питательных элементов из вно- симых удобрений, пожнивных и корневых остатков	115
7.3. Методы определения доз минеральных удобре- ний.....	121
8. Баланс питательных элементов в почве.....	138
8.1. Понятие и виды баланса.....	138

8.2. Расчет хозяйственного баланса.....	141
9. Баланс гумуса в почве.....	155
9.1. Гумус – фактор плодородия и продуктивности почвы.....	155
9.2. Определение баланса гумуса.....	160
10. Система удобрения основных сельскохозяйственных культур.....	179
10.1. Озимые зерновые культуры.....	179
10.2. Яровые зерновые культуры.....	188
10.3. Зернобобовые культуры.....	196
10.4. Просо.....	200
10.5. Гречиха.....	205
10.6. Лен-долгунец.....	206
10.7. Сахарная свекла.....	216
10.8. Кормовые корнеплоды.....	224
10.9. Кукуруза.....	226
10.10. Картофель.....	230
10.11. Озимый и яровой рапс.....	234
10.12. Однолетние травы.....	240
10.13. Многолетние травы.....	242
11. Удобрение сенокосов и пастбищ.....	248
12. Система применения удобрений на торфяных почвах.....	261
13. Применение удобрений на загрязненных радионуклидами почвах.....	275
14. Удобрение овощных культур в открытом грунте.....	288
15. Удобрение овощных культур в защищенном грунте.....	305
16. Удобрение плодовых и ягодных культур.....	316
16.1. Особенности питания плодовых и ягодных культур.....	316
16.2. Удобрение плодовых культур.....	320
16.3. Удобрение ягодных культур.....	325
17. Технология хранения, подготовки и внесения удобрений.....	328
17.1. Транспортировка и хранение минеральных и известковых удобрений.....	328
17.2. Технология внесения удобрений.....	335
18. Эффективность применения удобрений.....	350

19. Система удобрения в условиях ресурсосбережения..	359
20. Применение удобрений и окружающая среда.....	377
20.1. Основные причины загрязнения природной среды удобрениями.....	377
20.2. Негативное воздействие удобрений на компо- ненты окружающей среды.....	382
20.3. Приемы снижения негативного воздействия удобрений на окружающую среду.....	396
21. Охрана труда при работе с удобрениями.....	403
Литература.....	408

Учебное издание

Лапа Виталий Витальевич
Емельянова Валентина Николаевна
Леонов Федор Николаевич
Рак Михаил Васильевич
Золотарь Алла Казимировна
Шибанова Ирина Владимировна
Брилев Михаил Сергеевич
Юргель Сергей Иванович
Бородин Павел Владимирович

СИСТЕМА ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ

Учебное пособие

Корректор М.В. Кудлаш

Компьютерная верстка: Л.А. Сергеева

Подписано в печать 07.12.2011.

Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.

Печать Riso. Усл. печ. л. 24,18. Уч.-изд.л. 22,55.

Тираж 350 экз. Заказ № 2683.

ISBN 978-985-537-001-8



9 789855 370018 >

Учреждение образования
«Гродненский государственный
аграрный университет»
Л.И. № 02330/0548516 от 16.06.2009.
230008, г. Гродно, ул. Терешковой, 28.

Отпечатано на технике издательско-
полиграфического отдела
Учреждения образования
«Гродненский государственный
аграрный университет»
230008, г. Гродно, ул. Терешковой, 28.