

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

О.А. Ульянова, Е.Н. Белоусова

СИСТЕМА ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ

Рекомендовано научно-методическим советом федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Красноярский государственный аграрный университет» для внутривузовского использования в качестве учебно-методического пособия для студентов, обучающихся по направлению 35.03.03 «Агрохимия и агропочвоведение»

Красноярск 2017

ББК 40.40
У 51

Рецензенты:

*Е.В. Лозневая, канд. биол. наук, консультант отдела развития растениеводства и инженерно-технического обеспечения министерства сельского хозяйства Красноярского края
Л.П. Столяр, канд. с.-х. наук, глава представительства ЗАО Фирма «Август» по Красноярскому краю*

Ульянова, О.А.
У 51 **Система применения удобрений:** учеб.-метод. пособие /
О.А. Ульянова, Е.Н. Белоусова; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2017. – 124 с.

В учебно-методическом пособии отражено содержание основных разделов и методических подходов при разработке системы применения органических и минеральных удобрений в севообороте. Приведен перечень заданий для выполнения курсовой работы. В приложениях даны вспомогательные материалы для оценки обеспеченности почв элементами питания, расчета уровня планируемой урожайности, выноса питательных веществ с растениеводческой продукцией, расчета агрономической, экономической и энергетической эффективности применения удобрений.

Предназначено для студентов очной и заочной форм обучения по направлению 35.03.03 «Агрохимия и агропочвоведение».

ББК 40.40

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ КУРСОВОЙ РАБОТЫ	6
2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ СИСТЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ.....	7
3. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ОСНОВНЫХ РАЗДЕЛОВ КУРСОВОЙ РАБОТЫ.....	11
3.1. Агрохимическая характеристика почвы севооборота.....	13
3.2. Определение продуктивности севооборота	19
4. НАКОПЛЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ, ИХ ПРИГОТОВЛЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ ВНЕСЕНИЯ	21
5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТРЕБНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР СЕВООБОРОТА В МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЯХ ...	26
5.1. Расчет норм минеральных удобрений под сельскохозяйственные культуры.....	26
5.2. Определение баланса элементов питания в севообороте и уровня возмещения выноса из почвы удобрениями	29
5.3. Баланс гумуса в севообороте и потребность в органических удобрениях	31
5.4. Рациональное распределение удобрений в севообороте и расчет потребности в туках	35
5.5. Агрохимическое обоснование системы удобрения севооборота и отдельных культур	38
5.6. Биологические особенности основных сельскохозяйственных культур в связи с их питанием и применением удобрений	39
5.6.1. Зерновые культуры	39
5.6.2. Зерновые бобовые культуры.....	42
5.6.3. Крупяные культуры	43
5.6.4. Кормовые культуры	45
5.6.5. Особенности питания и удобрения овощных культур	49
5.7. Приемы внесения удобрений.....	52
5.8. Технология применения минеральных удобрений	64
5.9. Технологии внесения жидких удобрений	70
6. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ	75
6.1. Агрономическая эффективность удобрений.....	75
6.2. Экономическая эффективность удобрений.....	76
6.3. Оценка энергетической эффективности	77
ЗАДАНИЯ ДЛЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ	81
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	103
ЛИТЕРАТУРА	104
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ.....	108
ПРИЛОЖЕНИЕ	109

ВВЕДЕНИЕ

Оптимизация минерального питания сельскохозяйственных культур с целью получения высоких и стабильных урожаев хорошего качества – одна из основных задач, стоящих перед сельским хозяйством. Достижение этой цели невозможно без серьезных знаний о свойствах почвы, биологических особенностях культур, способах и формах применяемых удобрений и их взаимодействии между собой и с другими объектами окружающей среды. Как свидетельствуют данные В.И. Титовой (2016), в современных условиях принципиальные положения системы удобрения, не потеряв смыслового содержания, претерпевают значительные изменения в форме их реализации. В последние годы существенно уменьшился общий объем образования отходов животноводства, изменилась и их характеристика.

Важнейший вопрос системы удобрений – удобрения в альтернативных системах земледелия и технологиях, основанных на минимизации обработки почвы. Применение удобрений в технологиях Mini-till и Strip-till имеет свои особенности. Технология No-till в этом направлении является наиболее проблемной, так как значительно осложняет возможности работы с удобрениями (прежде всего с фосфорсодержащими) и агроулучшителями.

В соответствии с традиционными технологиями возделывания сельскохозяйственных культур удобрения вносят или без учета уровней агрохимических показателей почвы, или принимают во внимание усредненные данные агрохимического обследования согласно агрохимическим паспортам полей. Внесение удобрений усредненными по полю (фиксированными) дозами не отвечает требованиям отдельных растений к уровню минерального питания. Технологии точного земледелия предусматривают внесение удобрений по отдельным контурам почвенного плодородия с использованием спутниковой навигации. Исследования зарубежных и отечественных ученых свидетельствуют о повышении и выравнивании урожайности культур при мелко-дифференцированном внесении азотных удобрений.

Достижения научно-технического прогресса в XX веке позволили решать задачи, которые связаны с внедрением высоких технологий в современное земледелие, включая дифференцированное применение средств химизации. Поэтому наряду с решением вопросов, связанных с приобретением и освоением техники нового поколения, большое значение имеет научно-информационное обеспечение технологий точного земледелия. Вероятно, именно в России, с ее просторами и «пестропольем», технологии точного земледелия найдут наибольшее применение.

Устойчивое развитие сельского хозяйства достигается использованием систем земледелия, которые более адаптированы к специфическим условиям агроландшафтов, продуктивны, экологически безопасны, биологизированы, рентабельны, технологичны, совместимы с социально-экономическим укладом. Эти принципы в наибольшей мере свойственны адаптивно-ландшафтной системе земледелия, получившей распространение в России [Агроэкологическая оценка земель..., 2005; Зинякова, 2014].

Учебно-методическое пособие включает как теоретический, так и практический материал, позволяющий студентам освоить общетеоретические вопросы необходимости применения удобрений.

Данное учебно-методическое пособие позволяет реализовать следующие компетенции:

- готовность участвовать в проведении почвенных, агрохимических и агроэкологических обследований земель (ПК-1);
- способность провести анализ и оценку качества сельскохозяйственной продукции (ПК-7);
- способность к проведению растительной и почвенной диагностики, принятию мер по оптимизации минерального питания растений (ПК-8);
- способность определять экономическую эффективность применения удобрений, химических средств мелиорации и технологических приемов возделывания сельскохозяйственных культур (ПК-11);
- способность к проведению почвенных, агрохимических и агроэкологических исследований (ПК-15).

В учебно-методическом пособии изложены принципы, методические подходы, механизмы расчета ряда показателей. Это поможет студентам и даст возможность выполнить курсовую работу самостоятельно.

Задание для выполнения курсовой работы студент получает от преподавателя в 6-м семестре. Оно находится в главе «Задания для курсовой работы». Они сгруппированы согласно природно-климатическому районированию по геоморфологическим округам Красноярского края. На основании этого студент должен выбрать задание для определенного района конкретного хозяйства, для которого предлагается разработать систему применения удобрений на примере двух севооборотов (полевого и овощного или кормового и овощного). После выполнения курсовой работы в 7-м семестре проводится ее защита. Комиссии из числа преподавателей представляется устный доклад по выполненной работе. Преподаватели, принимающие работу, задают вопросы и оценивают ее. Критерии оценивания курсовой работы представлены в фонде оценочных средств.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Целью курсовой работы является формирование умений у обучающихся применять полученные теоретические знания при решении практических задач в химизации земледелия.

При выполнении курсовой работы студенты приобретают навыки самостоятельной работы при разработке системы удобрения в севооборотах. В результате ее выполнения обучающийся должен:

- привести общие сведения о хозяйстве, для которого будет разрабатываться система удобрений;
- дать характеристику почвенно-климатическим условиям хозяйства;
- определить накопление органических удобрений в хозяйстве;
- выявить нуждаемость почв в химической мелиорации и провести расчеты норм мелиорантов;
- освоить методы расчета норм удобрений под сельскохозяйственные культуры и потребности удобрений в севообороте;
- разработать на примере двух севооборотов систему применения удобрений на основе оптимальных рекомендуемых норм удобрений под сельскохозяйственные культуры в регионе с учетом их биологических особенностей питания и последствий удобрения в севообороте;
- составить на основе разработанной системы план применения удобрений на год;
- дать научное обоснование выбранных сроков, способов, доз и форм вносимых удобрений, исходя из агрохимических свойств почв, биологических особенностей питания культур;
- рассчитать баланс питательных элементов и гумуса, а также интенсивность баланса;
- рассчитать агрономическую и экономическую эффективность применения удобрений в севообороте;
- привести список литературных источников, использованных при выполнении курсовой работы.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ СИСТЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ

Интенсификация земледелия усложняет процессы управления плодородием почв и продуктивностью агроценозов вследствие ряда причин. Важнейшей задачей агрохимии становится глубокое познание процессов в почвах при их использовании, анализ качеств почв, ограничивающих продуктивность сельскохозяйственных культур.

С тех пор как человек стал заниматься земледелием, он использует накопленное природой естественное плодородие, выращивая выгодные ему растения, уничтожая другие сообщества, вмешиваясь в естественный круговорот, использует по-своему содержащиеся в почве питательные вещества, получая, исходя из своих знаний и опыта, высокие урожаи. По мере уменьшения запаса питательных веществ в почве урожаи снижаются, и рано или поздно земледелец должен обратить внимание на то, чтобы питательные вещества находились в распоряжении растений в нужных количествах и в нужное время. «Для получения высокого урожая надлежащего качества, – отмечал Д.Н. Прянишников, – необходимо, чтобы все факторы роста растений были представлены в определенных гармонических сочетаниях, наиболее отвечающих потребностям растений в соответствующие периоды их роста».

«Нельзя воздействовать на круговорот веществ в земледелии, – отмечал А.В. Соколов, – не зная масштаба круговорота отдельных химических элементов. Нельзя говорить о потребности сельского хозяйства в удобрениях, не зная, сколько и каких нужно удобрений для получения определенных урожаев в конкретных природных условиях, создавая сбалансированное питание с учетом фактического содержания элементов в почве» [Цит. по: Ермохин, 2002].

Между тем, как свидетельствуют материалы И.Г. Юлушева (2005), альтернативы удобрениям нет, без удобрений невозможно прибыльно работать на земле. Важное условие рационального использования удобрений – разработка и освоение системы удобрений. Система удобрения состоит в обосновании выбора оптимальных, экономически выгодных, экологически безопасных вариантов применения удобрений в непредсказуемых погодных условиях, на различных почвах, под различные культуры и сорта, комбинации которых даже в пределах отдельного хозяйства исчисляются сотнями.

Под термином «система удобрения» как составной части научно обоснованной, адаптивно-ландшафтной системы земледелия понимается комплекс мероприятий по накоплению, заготовке, маркетингу, приобретению, приготовлению, хранению и использованию удобрений и мелиорантов, направленных на повышение урожайности растений, плодородия почв и охрану окружающей среды. Основными задачами системы удобрения являются:

- 1) производство рентабельного урожая;
- 2) получение растениеводческой продукции, биологически сбалансированной по элементному составу, по содержанию биохимических соединений, с хорошими технологическими свойствами;
- 3) сохранение и улучшение плодородия почвы и экологической ситуации в ландшафтах;
- 4) снижение затрат на химизацию.

Система удобрения в хозяйстве представляет собой комплекс агрономических, экономических и организационно-хозяйственных мероприятий по рациональному использованию удобрений и мелиорантов в целях оптимизации плодородия почвы, повышения продуктивности и качества растениеводческой продукции на определенный срок, который конкретизируется в системе удобрения в севооборотах и в годовых планах применения удобрений. Этот комплекс мероприятий включает наличие научно обоснованной системы удобрений в севооборотах, наличие складов для правильного хранения минеральных удобрений с механизированной погрузкой, разгрузкой и тукосмешиванием, организацию накопления и правильного хранения органических удобрений, наличие сельскохозяйственной техники по перевозке и внесению удобрений и мелиорантов. Различают три типа системы удобрений: минеральную, органическую и органо-минеральную [Минеев, 2006].

Система удобрения в севообороте – это многолетний план применения удобрений и мелиорантов по полям севооборота с учетом плодородия почвы, биологических особенностей сельскохозяйственных культур, состава и свойств удобрений, составляемый на полную ротацию каждого севооборота хозяйства. Система удобрения в севообороте является частью общей системы удобрения в хозяйстве. Применение удобрений в севообороте увеличивает их эффективность на 20–30 %.

Севооборот (букв. – оборот сева) – научно обоснованное чередование сельскохозяйственных культур и пара во времени и про-

странстве или только во времени. Чередование культур во времени – это смена их по годам на одном поле. Чередование по полям означает, что каждая культура севооборота последовательно проходит через все поля. Все причины, вызывающие необходимость чередования культур, Д.Н. Прянишников (1945) разделил на четыре группы: биологического, физического, химического и экономического порядка.

Причины биологического порядка определяются различным отношением сельскохозяйственных культур к вредителям, болезням и сорным растениям. Они связаны с тем, что каждой культуре на полях соответствуют свои болезни, вредители и сорняки. Фитосанитарная роль севооборота в условиях экологизации земледелия приобретает все большее значение.

Причины физического порядка необходимости севооборота обусловлены различным их влиянием на агрофизические свойства почвы, прежде всего ее оструктуренность, плотность, строение и мощность пахотного слоя. Они связаны с различиями в биологии и морфологии, технологиях возделываемых культур и прежде всего с массой и распространением корней в почве, условиями их разложения, обработкой почвы.

Причины химического порядка необходимости чередования культур связаны с различиями в химическом составе почвы на полях после уборки различных культур. Для формирования урожая культуры потребляют разное количество питательных элементов из почвы и в разном соотношении. Но и после уборки урожая растения оставляют разное количество корней и пожнивных остатков, которые имеют неодинаковый химический состав, поэтому по-разному обогащают почву питательными веществами.

Экономические причины необходимости чередования культур обусловлены тем, что в результате повышения урожайности культур в севообороте по сравнению с повторными и бессменными посевами увеличивается выход продукции с 1 га севооборотной площади [Шеуджен, Бондарева, Кизинек, 2013].

Система удобрений для каждой культуры севооборота должна предусматривать необходимые виды удобрений, целесообразные дозы, а также наиболее эффективные сроки и способы их внесения.

Основные положения научной системы удобрений следующие:

– наибольшая эффективность удобрений проявляется на фоне высокой культуры земледелия с применением всего комплекса агротехнических мероприятий;

– все растения в течение вегетационного периода должны получить оптимальное сбалансированное количество питательных элементов;

– важно обеспечить послойное размещение питательных элементов в почве в зоне наибольшего развития корневой системы растений;

– необходимо правильно распределять удобрения с учетом специализации севооборота (в первую очередь удобрениями обеспечивают овощные севообороты);

– органические и минеральные удобрения при длительном применении примерно одинаково эффективны;

– систематическое внесение фосфорных удобрений приводит к накоплению подвижных фосфатов в почве и резкому повышению эффективности применения азотных удобрений;

– научная система удобрений в севообороте предусматривает постоянный контроль за воспроизводством плодородия почвы, балансом элементов питания и гумуса почвы, добиваясь оптимального их содержания с учетом требований культуры и реализации их потенциальной продуктивности.

Сложная система «почва – растение» существует в определенных погодно-климатических условиях, в формировании урожая участвует множество факторов, которые характеризуются многомерностью, взаимовлияние и взаимодействие этих факторов отличается динамичной нелинейностью. Агрохимическая наука установила направление, характер этого взаимодействия, а размерность (интенсивность) их воздействия на урожай непредсказуема и проявляется индивидуально. Плато оптимального уровня каждого фактора роста и развития растений имеет различную протяженность.

3. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ОСНОВНЫХ РАЗДЕЛОВ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Структура и содержание разделов курсовой работы

Введение.

1. Общие сведения о хозяйстве.
2. Агрохимические свойства почв севооборотов в хозяйстве.
3. Определение продуктивности севооборота.
4. Накопление органических удобрений, их приготовление и хранение.
5. Определение потребности и расчет доз минеральных удобрений.
6. Определение баланса элементов питания в севообороте.
7. Определение баланса гумуса.
8. Рациональное распределение удобрений в севообороте.
9. Агрохимическое обоснование системы удобрения севооборота и отдельных культур.
10. Оценка эффективности применения удобрений.

Заключение.

Литература.

Общий объем курсовой работы (текст с таблицами) должен составлять около 25–30 страниц.

Во введении, используя литературные данные, кратко охарактеризуйте роль и значение удобрений в повышении урожайности сельскохозяйственных культур и их качества, плодородия почв и загрязнения окружающей среды. Дайте определение и характеристику основных принципов рациональной системы удобрения севооборота, укажите основные задачи, которые можно решить благодаря рациональной системе удобрений.

1. Привести общие сведения о хозяйстве, по которому выполняется курсовая работа. Указать географическое положение и рынки сбыта продукции. Кратко описать землепользование хозяйства и его специализацию. Дать краткую характеристику природно-климатических условий хозяйства, информацию о которых можно получить из агроклиматических справочников, систем земледелия, а также результатов агрохимического обследования почв. Сделать выводы о возможности возделывания тех или иных сельскохозяйственных культур и их сортов в данной зоне, а также об особенностях

применения удобрений в зависимости от агроклиматических ресурсов (обеспеченности теплом и влагой) согласно «Системе земледелия Красноярского края...» (2015).

2. На основе исходных данных дать подробную агрохимическую характеристику почв, на которых расположены севообороты. Установить потребность в химических мелиорациях (известковании и гипсовании); определить возможность применения фосфоритной муки по графику Б.А. Голубева и потребности в ней для оптимизации плодородия почвы по фосфору. Провести оценку обеспеченности почвы основными элементами питания (азотом, фосфором и калием).

3. Произвести расчет и анализ планируемой урожайности сельскохозяйственных культур в севообороте, учитывая средние запасы продуктивной влаги в почве перед посевом в зависимости от предшествующей культуры, количество выпавших осадков за вегетационный период, а также коэффициенты водопотребления.

4. Рассчитать накопление органических удобрений в хозяйстве. Установить норму, место и периодичность внесения органических удобрений в севооборотах.

5. Определить потребность сельскохозяйственных культур, выращиваемых в севообороте, в питательных веществах с учетом получения планируемых урожаев, принятых критериев баланса и чередования культур в севообороте.

6. Рассчитать баланс питательных веществ и гумуса в предложенной системе удобрения.

7. Составить общую схему системы удобрения севооборота, рационально распределив требуемое количество удобрений между культурами с учетом их чередования, роли предшественника, биологических особенностей культур, цели возделывания, последствий в севообороте.

8. Обосновать разработанные системы удобрения. Описать особенности минерального питания культур севооборота. Выбрать формы удобрений, привести их взаимодействие с почвами. Указать рациональные приемы внесения выбранных удобрений (сроки, способы, машины и агрегаты).

9. Определить агрономическую, экономическую и энергетическую эффективность разработанной системы удобрения.

3.1. Агрохимическая характеристика почвы севооборота

Агрохимическая характеристика почв – оценка их состава, свойств и режимов с точки зрения условий питания растений, применения удобрений и их превращения в почве, влияния удобрений на свойства почв, определяющая эффективность применения удобрений и развитие растений.

В данном разделе указывается, на какой почве расположен севооборот, для которого проектируется система удобрения. Дается подробная агрохимическая характеристика почв по каждому полю севооборота на основе градаций: содержание гумуса, актуальная, обменная и гидролитическая кислотность, степень насыщенности основаниями, обеспеченность почв подвижными формами основных питательных веществ. Материалы таблицы 1 следует описывать в следующем порядке.

Таблица 1 – Агрохимическая характеристика почвы в полевом (кормовом, овощном) севообороте. Почва ... Площадь...

Номер поля	Культура	Гумус, %	pH _{kcl}	Нг	ЕКО	Na ⁺	V, %	N-NO ₃ , мг/кг	P ₂ O ₅	K ₂ O
				ммоль/100 г					По методу, мг/100 г	

1. Количественные значения содержания гумуса в почве полей севооборотов оцениваются по соответствующим критериям, данным в приложениях (табл. П. 1). Обсуждается роль показателя для характеристики и оценки плодородия почв. При анализе этих данных обращается внимание на выявление причин, приведших к изменению содержания гумуса в почве севооборота. Привлекается литература из научных публикаций с обязательными ссылками на них.

2. Среди комплекса свойств почв, оказывающих влияние на условия питательного режима и применение удобрений, важное значение имеют физико-химические свойства – реакция почвы, величина емкости поглощения, степень насыщенности основаниями и буферные свойства.

Используя выданные преподавателем данные:

– установите потребность почвы полей севооборотов в известковании по степени насыщенности основаниями (V) и величине обменной кислотности (pH_{KCl}). Для этого необходимо рассчитать емкость катионного обмена (ЕКО) и степень насыщенности почвы основаниями ($V, \%$);

– если почва нуждается в известковании, необходимо рассчитать дозу извести с учетом степени нуждаемости в известковании и гранулометрического состава почвы, введя поправочный коэффициент к средней дозе извести ($CaCO_3, т/га$);

– составьте план известкования в зависимости от чувствительности каждой культуры севооборота к реакции среды, указав место внесения (поле севооборота) рассчитанной дозы известкового мелиоранта.

Общее представление об обменной кислотности можно получить, определяя pH солевой вытяжки (pH_{KCl}). Установлено, что:

– при $pH_{KCl} < 4,5$ почва сильно нуждается в известковании;

– pH_{KCl} от 4,5 до 5,5 – средняя нуждаемость;

– $pH_{KCl} > 5,5$ – известкование становится ненужным.

Степень кислотности почвы – важный, но не единственный показатель, характеризующий потребность почв в известковании. Наиболее надежно необходимость известкования диагностируется по величине степени насыщенности основаниями ($V, \%$)

$$V = S \times 100 / S + H_r,$$

где S – сумма поглощенных оснований, ммоль/100 г почвы;

H_r – величина гидrolитической кислотности, ммоль/100 г почвы. Потребность почв в известковании в зависимости от их насыщенности основаниями, установленная эмпирически, выражается следующей шкалой [Возбуцкая, 1968]. Почвы, у которых:

$V < 50 \%$ – сильно нуждаются в известковании;

$V = 51–70 \%$ – в средней степени нуждаются во внесении извести;

$V > 80 \%$ – не нуждаются в известковании.

При известковании необходимо учитывать биологические особенности сельскохозяйственных культур. По отношению к реакции среды растения могут быть сгруппированы следующим образом.

К *первой* группе относят культуры, характеризующиеся очень высокой чувствительностью к кислой реакции среды почв. Они хорошо растут только при нейтральной или слабощелочной реакции и

характеризуются высокой отзывчивостью на их известкование – это люцерна, эспарцет, клевер, сахарная и столовая свекла.

Во *вторую* группу входят культуры, отличающиеся умеренной чувствительностью к кислотности почв (произрастают при слабокислой или нейтральной реакции) и хорошо отзываются на известкование – яровая пшеница, кукуруза, соя, фасоль, горох, подсолнечник, лук.

К *третьей* группе относят растения, удовлетворительно растущие в широком интервале рН – слабочувствительные к кислотности почв (рожь, овес, просо, гречиха, тимофеевка). Они положительно реагируют на применение высоких доз извести.

Четвертую группу составляют культуры:

а) не переносящие избытка кальция в почве – лен;

б) удовлетворительно переносящие кислотность почв и не нуждающиеся в их известковании – картофель.

По отношению к реакции среды почв различаются не только виды растений, но и разные сорта одного и того же вида. Наивысшей отзывчивостью на известкование отличаются сорта, выведенные на почвах, имеющих нейтральную и щелочную среду. Агроэкологические условия растений, произрастающих на кислых почвах, во многом определяются в них отдельными «кислотоопределяющими» элементами.

Расчет дозы извести, необходимой для нейтрализации почвы, зависит от величины гидролитической кислотности (табл. П. 2), выраженной в ммоль на 100 г почвы. Дозу извести вычисляют по формуле

$$\text{CaCO}_3 (\text{т/га}) = \text{H}_Г \times 0,05 \times d \times h,$$

где $\text{H}_Г$ – величина гидролитической кислотности, ммоль /100 г почвы;

0,05 – количество извести в граммах, соответствующее 1 ммоль почвенной кислотности;

d – плотность сложения мелиорируемого слоя, г/см³;

h – высота мелиорируемого слоя, см.

Устанавливая дозу извести, учитывают гранулометрический состав почвы, биологические особенности растений и степень нужды почвы в известковании.

При *сильной нужды* применяется полная расчетная доза извести, при *средней* – 1/2 или 3/4, при *слабой* – 1/3 или 1/4 дозы.

С учетом количества CaCO_3 (%) в известьсодержащем материале (табл. П. 3), содержания частиц >1 мм (П, %) и влаги (W, %) рассчитывается физическая доза извести (M, т/га) по формуле

$$M = \text{CaCO}_3 \times 10^6 / \text{CaCO}_3, \% \times (100 - \text{П}) \times (100 - \text{W}).$$

Химические мелиоранты – удобрения длительного действия. Полная доза извести оказывает положительное действие на урожай растений на средне- и тяжелосуглинистых почвах в течение 15–20 лет, а на почвах легкого гранулометрического состава – 8–10 лет. Главное условие – необходимо, чтобы максимальный сдвиг показателя рН в сторону щелочного интервала по времени совпал с размещением на известкованном поле культуры, наиболее отзывчивой на это мероприятие. И наоборот, культуры, на которые известкование оказывает отрицательное действие, должны размещаться на этом поле в момент затухания действия мелиоранта.

3. Большое значение рассмотренные особенности физико-химических свойств почв имеют при объяснении эффективности применения труднорастворимых фосфатов в виде фосфоритной муки, где фосфор представлен соединениями $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$.

В Красноярском крае площади почв с низким и очень низким содержанием подвижного фосфора составляют 47 % от обследованных, со средним содержанием – 26 %, с повышенным – 27 % [Танделов, 2012]. В составе пахотных угодий Красноярского края доля кислых почв невелика. Возможность замены водорастворимого суперфосфата нерастворимой в воде фосфоритной мукой и эффективность ее действия напрямую зависит от степени кислотности почвы и насыщенности почвы основаниями. Для производства фосфоритной муки можно использовать местную сырьевую базу. На территории Красноярского края разведаны уникальные месторождения фосфоритных руд – Обладжанское, Сейбинское, Телекское, Тамалыкское, Татарское, отличающиеся высоким содержанием фосфора. Однако в настоящее время нет разработанной технологии переработки низкопроцентных фосфатных руд в водорастворимые фосфорные удобрения. Низкопроцентные фосфориты могут быть использованы после их размола и обогащения в виде фосфоритной муки. Это технически вполне доступный и экономически оправданный путь резкого снижения дефицита фосфора в земледелии Приенисейской Сибири [Рудой, 2010]. В то же время ограничивающим условием эффективного дей-

ствия фосфоритной муки на почвах края является высокая степень насыщенности основаниями, низкая кислотность и нейтральная или близкая к нейтральной реакция почвы.

Зависимость между указанными свойствами почв и возможностью более эффективного применения фосфоритной муки определяют с помощью графика Б.А. Голубева (рис. 1).

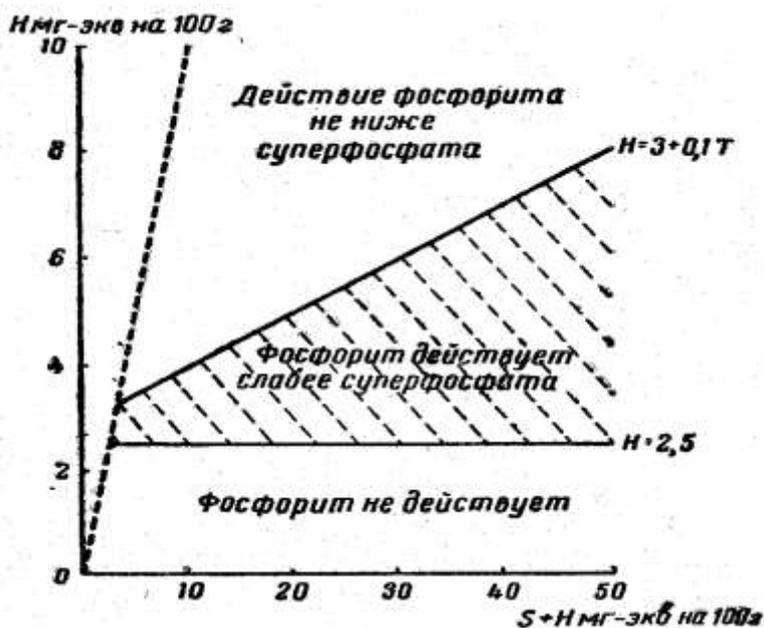


Рисунок 1 – График Б.А. Голубева для прогноза действия фосфора фосфоритной муки

В фосфоритной муке фосфор находится в соединении $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, недоступном для растений на почвах с гидролитической кислотностью ниже 2,5 ммоль /100 г почвы. В этом случае фосфоритную муку применяют только после компостирования с навозом, торфом.

Фосфорит действует слабее суперфосфата – его применяют в смеси с физиологически кислыми удобрениями, с навозом, торфом.

При высоких значениях потенциальной кислотности и ненасыщенности почвы основаниями действие фосфорита не ниже суперфосфата, поэтому фосфоритную муку применяют в чистом виде.

Используя данные о гидролитической кислотности и емкости поглощения, определите возможность применения фосфоритной муки по графику Б.А. Голубева. Предложите наиболее эффективный способ применения фосфоритной муки на данной почве, укажите место этого удобрения в севообороте.

В значительной мере дефицит в фосфорных удобрениях может быть покрыт внесением фосфоритной муки из местных фосфоритов.

Доза внесения должна повысить фактическое содержание подвижных фосфатов в почве до планируемого уровня. Она рассчитывается по формуле

$$D = (P - \Phi) \times R,$$

где D – доза P_2O_5 , мг/кг;

P – планируемый уровень P_2O_5 , мг/кг;

Φ – фактическое содержание P_2O_5 в почве, мг/кг;

R – расход P_2O_5 для повышения содержания подвижного фосфора на 1 мг/кг (табл. 2).

Таблица 2 – Расход питательного вещества для повышения содержания подвижного фосфора в почве на 1 мг в 100 г (по данным Л.Л. Убугунова, М.Г. Меркушевой, Н.Е. Абашеевой с соавт., 2013)

Почвы	Гранулометрический состав	Расход P_2O_5 , кг/га
Дерново-подзолистые	Песчаные и супесчаные	5–6
	Легко- и среднесуглинистые	7–9
	Глинистые и тяжелосуглинистые	10–12
Дерново-подзолистые глеевые	Средние суглинки	15–16
Серые лесные	Песчаные и супесчаные	7–8
	Легко- и среднесуглинистые	9–11
	Глинистые и тяжелосуглинистые	12–14
Черноземы оподзоленные и выщелоченные	Песчаные и супесчаные	8–9
	Легко- и среднесуглинистые	9–10
	Глинистые и тяжелосуглинистые	10–12

Зная процентное содержание P_2O_5 , рассчитывают дозу фосфоритной муки в физическом весе.

Пример. Почва – дерново-подзолистая, среднесуглинистая, $pH_{\text{сол.}}$ – 4,3, количество P_2O_5 по Кирсанову – 150 мг/кг, планируемый уровень – 200 мг/кг.

$$D = (200-150) \times 8 = 400 \text{ кг/га } P_2O_5.$$

Если в фосфоритной муке содержится 20 % P_2O_5 , то доза $P_{\text{ф}}$ составляет: $400 \times 100/20 = 2000$ кг/га, или 2 т/га.

4. Дайте оценку обеспеченности почв доступным азотом, учитывая роль предшественника и содержание гумуса (табл. П. 4). Опреде-

лите потребность сельскохозяйственных культур, выращиваемых в севооборотах, в нитратном азоте ($N-NO_3$), пользуясь разработанными градациями (табл. П. 5). Укажите мероприятия, способствующие накоплению азота в почве (введение паровых полей, посев многолетних трав, сидератов, внесение органических и бактериальных удобрений и т. д.).

5. На основании агрохимических картограмм содержания в почве подвижных фосфатов (P_2O_5) и обменного калия (K_2O), а также данных таблицы 1, проведите анализ обеспеченности почв этими элементами питания по местным градациям (табл. П. 6, П. 7), указав метод их определения (Ф.В. Чириков, А.Т. Кирсанов, Б.П. Мачигин).

3.2. Определение продуктивности севооборота

Оптимальное минеральное питание растений должно основываться на научном прогнозировании, планировании и практической реализации поставленной задачи путем выполнения комплекса мероприятий в конкретных природных условиях. Эти три положения взаимосвязаны, взаимообусловлены и влияют на конечный результат – получение запрограммированного урожая высокого качества.

При планировании урожайности следует помнить, что в районах недостаточного увлажнения лимитирующим фактором урожайности сельскохозяйственных культур является в первую очередь почвенная влага. Поэтому определение величины планируемой урожайности необходимо вести с учетом продуктивных запасов влаги в почве, количества атмосферных осадков за вегетационный период, а также использования влаги растениями.

При таких условиях урожайность определяется согласно формуле

$$Y_{\text{п}} = K \times \frac{(ПВ + АО)}{Н}, \text{ ц/га,}$$

где K – коэффициент использования влаги культурами при применении удобрений (табл. П. 8);

$ПВ$ – запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы, мм (табл. П. 9);

$АО$ – атмосферные осадки за вегетационный период (до созревания растений), мм (табл. П. 10);

$Н$ – расход влаги (норматив затрат) влаги на создание 1 ц основной продукции с учетом побочной, мм (табл. П. 11).

Планируемая урожайность (Уп) рассчитывается для всех культур севооборота.

Планируемая прибавка урожая (Пу) в условиях Красноярского края при рациональных способах внесения удобрений составляет:

- в зоне тайги и подтайги – 35 %;
- лесостепи – 30 %;
- степи – 25 %.

Для расчета прибавки урожая составляем пропорцию:

Уп – 100 %;

Пу – 25–35 % (в зависимости от почвенно-климатической зоны).

Для оценки общей продуктивности севооборота и подсчета эффективности системы удобрения используют коэффициенты перевода урожая в зерновые единицы (табл. П. 12). Прибавка в зерновых единицах рассчитывается умножением планируемой прибавки (ц с 1 га) на коэффициент перевода в зерновые единицы. Затем рассчитывается суммарная за севооборот прибавка урожая в зерновых единицах. Все результаты следует занести в таблицу 3, провести анализ изменения величины урожайности полевых, кормовых и овощных культур севооборота, сформулировать выводы.

Таблица 3 – Продуктивность севооборота

Севооборот	Площадь поля, га	Планируемый урожай, ц/га	Планируемая прибавка, ц/га	Коэффициент перевода в зерновые единицы	Прибавка в зерновых единицах, ц з. е./га
1.					
2.					
...					
Итого:					

На величину урожая различных культур влияет не только количество осадков за вегетационный период, но и характер их распределения: при отсутствии в мае и июне – страдают зерновые, а при засушливой второй половине лета (июль, август) – пропашные. По мере уменьшения среднегодовой суммы осадков и нарастания засушливости климата выявлено снижение эффективности азотных удобрений и усиление действия фосфорных туков. Во влажные годы возрастает роль азотных удобрений, а при недостатке инсоляции – калийных.

4. НАКОПЛЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ, ИХ ПРИГОТОВЛЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ ВНЕСЕНИЯ

В настоящее время удобрение почв – это реальная необходимость, так как плодородие земель сельскохозяйственных угодий ощутимо снижается. И хотя практическая реализация этого осложнена финансовыми трудностями, крайне важно обеспечить внесение в почву прежде всего органических удобрений. Применение органических удобрений во всех почвенно-климатических районах Сибири – важнейшее условие повышения урожайности сельскохозяйственных культур. Исследованиями установлено, что на дерново-подзолистых почвах прибавка урожая первой культуры от навоза составляет 25–42 %, и распределение этих прибавок по годам зависит от особенностей севооборота. На черноземных почвах урожайность первой культуры возрастает на 19–26 %, а от последействия – на 74–81 %. По данным ВИУА, эффективность навоза увеличивается в ряду севооборотов: зернотравяные – зернопаровые – зернопропашные – зернопаропропашные – плодосменные – пропашные. Поэтому в первую очередь органическими удобрениями обеспечивают следующие севообороты: овощные, кормовые с большим набором пропашных культур, специализированные с техническими культурами (сахарная свекла).

Насыщенность органическими удобрениями полевых севооборотов с преобладанием зерновых хлебов, льна-долгунца, а также лугопастбищных севооборотов значительно меньше, чем овощных. При распределении органических удобрений по полям севооборота учитывают тип и плодородие почвы, обеспеченность хозяйства навозом, его качество, отзывчивость культуры и предшественник.

Составление плана начинают с определения полей для внесения органических удобрений, учитывая при этом, что дальность их перевозки не должна превышать 5 км. Размещение удобрений в севооборотах следует начинать с определения культур, под которые будет внесен навоз. В полевом севообороте лучшее поле для внесения навоза, торфа, компостов – паровое, затем пропашные культуры (кукуруза, подсолнечник, картофель). Следует избегать непосредственного внесения навоза под лен, горох, зерновые с подсевом многолетних трав. В овощных севооборотах слаборазложившийся навоз можно вносить под огурцы и капусту, а корнеплоды, лук, томаты размещать на следующий год или использовать для удобрения перепревший навоз или перегной. В северных районах применяют более высокие дозы навоза, чем в южных и засушливых районах.

Эффективность навоза возрастает от степной к таежной зоне. Навоз действует на урожай всем комплексом своих питательных веществ в Нечерноземной зоне и в основном фосфором – в засушливых районах, где зерновые культуры обычно не реагируют на внесение минерального азота и калия. Только на легких почвах отмечено преимущество навоза по сравнению с эквивалентным количеством элементов питания в минеральных удобрениях. Внесение навоза увеличивает урожайность озимых хлебов, а последствие его положительно влияет на урожай яровой пшеницы и многолетних трав. Под зерновые культуры вносят меньше навоза, чем под пропашные. Наиболее высокие дозы применяют под кормовые корнеплоды, силосные и овощные культуры (капуста, огурец).

На дерново-подзолистых и серых лесных почвах удобрения вносят под овощи, картофель, кормовые корнеплоды, кукурузу, сахарную свеклу, подсолнечник и другие пропашные культуры из расчета 30–60 т/га, под озимые – 20–30 т/га. Повышенные дозы органических удобрений (60–80 т/га) применяют на малоплодородных почвах для окультуривания.

Технологические схемы применения органических удобрений

В зависимости от места хранения навоза, удаленности полей, на которых будут разбрасываться удобрения, а также технических данных машин для погрузки, транспортировки и разбрасывания удобрений и обеспеченности хозяйств этими машинами при внесении твердых органических удобрений применяют две технологические схемы: прямоточную (ферма – навозоразбрасыватель – поле) и перевалочную (ферма – транспортное средство – место складирования у поля – навозоразбрасыватель – поле).

По *прямоточной технологической схеме* из прифермского хранилища навоз грузят в навозоразбрасыватели, которые вывозят его в поле и распределяют по поверхности почвы. Этот способ считается рациональным для внесения органических удобрений в прифермских севооборотах на расстоянии до 4 км.

По *перевалочной технологической схеме* навоз вывозят на расстояние более 4 км в поля в течение всего года, укладывают в бурты и хранят в штабелях, впоследствии распределяют по полю. В этом случае навозоразбрасыватели используют только для внесения удобрений, поэтому их сменная производительность значительно повышается.

Для погрузки твердых органических удобрений в транспортные средства и укладки в бурты применяют грейферные, фронтально-перекидные погрузчики и др. Вывозят органические удобрения автомобилями-самосвалами и тракторными прицепами-самосвалами.

Для внесения твердых органических удобрений применяют машины ПРТ-16, РОУ-5, РОУ-6, 1-ПТУ-4, РТУ-7000, Rauch-7000, «Торнадо» (Joskin), Johndeere, Flex III 20 SamsonAgroA/S (Дания).

В современных условиях значительно возросли требования к качеству внесения органических удобрений и требования к охране окружающей среды. Особое внимание уделяется оптимизации норм расхода удобрений, повышению равномерности их распределения. В значительной степени решению этих задач способствует оснащение современных машин для внесения органических удобрений бортовыми компьютерами, позволяющими автоматически регулировать технологические параметры работы.

Жидкие органические удобрения вносят с помощью МЖУ-16, МЖУ-20, Greenstar-10,2, Zunhammer, TerraGator, Piton-100, Piton-200. Преимущественное распространение среди машин получили прицепы-цистерны. Это обусловлено тем, что их применение обеспечивает низкие годовые расходы, отсутствие простоев, высокую технологическую гибкость, а также возможность использования на отдельных участках хозяйства. Внесение жидких органических удобрений осуществляется по следующим технологическим схемам [Васильев, Филиппова, 1988]:

А: прифермское навозохранилище – цистерна – поле
А: прифермское навозохранилище – цистерна – поле; цистерна-разбрасыватель – поле;

Б: прифермское навозохранилище – трубопровод – поле
Б: прифермское навозохранилище (гидрант) – цистерна-разбрасыватель – поле;

В: навозохранилище – трубопроводная сеть – дождевальная установка – цистерна-разбрасыватель – поле.

Схему А применяют при отсутствии трубопровода при перекачивании навоза из прифермского хранилища в поле.

Схема Б при отсутствии трубопроводной сети и дождевальных установок намного эффективнее первой. Транспортировка жидкого навоза из прифермского хранилища в поле по трубам с последующим внесением его цистернами-разбрасывателями позволяет намного снизить транспортные расходы и значительно повысить производительность труда. При удобрении полей по схемам А и Б навоз не разбавляют водой.

Схему В применяют при наличии трубопроводной сети и установки для дождевания. При этом используемый навоз разбавляют водой в соотношении 1:5–7.

1. Используя справочные материалы таблиц (табл. П. 13, П. 14), установите дозу, место и периодичность внесения органических удобрений в севообороте.

Для определения количества накапливаемого навоза используется формула

$$N = (V_d \times D_c \times Ч_c) / 1000,$$

где N – выход навоза, тонн;

V_d – выход свежего навоза, сутки, кг;

D_c – продолжительность стойлового периода в днях;

$Ч_c$ – численность стада (поголовье);

1000 – коэффициент перевода в тонны.

Выход подстилочного навоза определяется по средним показателям выхода от одной головы животного в зависимости от количества подстилки, продолжительности стойлового периода и поголовья животных (табл. П. 13), а также птичьего помета (табл. П. 14).

Численность поголовья животных определяется исходя из площади пашни (установлена в техническом задании). Согласно нормативным данным на 1 гектар пашни приходится 0,15 головы крупного рогатого скота (КРС), 0,30 головы молодняка крупного рогатого скота, 1,10 головы свиней.

Полученные данные систематизируйте в таблицу 4.

Таблица 4 – Накопление навоза (птичьего помета) на отделении (ферме, бригаде) при продолжительности стойлового периода дней

Вид скота, имеющийся в хозяйстве	Количество голов	Выход навоза за 1 год, тонн	
		От 1 головы	Всего
КРС			
Молодняк КРС			
Лошади			
Свиньи			
Овцы			
Птица			

2. Наиболее эффективным является применение полуперепревшего навоза. Для перевода свежего навоза в полуперепревший используют коэффициент 0,75. Далее полученное количество органических удобрений следует пересчитать на 1 га пашни – насыщенность севооборота органическими удобрениями (для этого полученное количество органических удобрений нужно разделить на площадь севооборота). Затем найдем величину дозы органических удобрений – умножив их количество, приходящееся на 1 га пашни, на число полей в севообороте.

3. Рассчитанную дозу органических удобрений нужно рационально распределить по объектам. Установите, в какое поле данного севооборота и в какой норме планируется внесение органических удобрений. Кратко опишите применяемый способ внесения и заделки органических удобрений в почву, указав сельскохозяйственные агрегаты и машины.

5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТРЕБНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР СЕВООБОРОТА В МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЯХ

5.1. Расчет норм минеральных удобрений под сельскохозяйственные культуры

Расчет доз удобрений – обязательное условие для создания оптимальных условий питания растений. Его необходимо проводить через нахождение лимитирующего элемента питания, недостаток которого ограничивает получение урожая. Это позволит закупать те виды и формы удобрений, которые действительно необходимы здесь и сейчас и обеспечит экономическую эффективность их применения. Максимально оправданный уровень ограничивается величиной возмещения (компенсации) выноса элементов питания культурами из почвы. Для фосфора необходимый уровень возмещения составляет 100–110 %, для азота и калия – 75–80 %. При таком уровне компенсации выноса элементов питания из почвы создаются условия воспроизводства плодородия и роста урожайности.

Существуют разные подходы и способы определения доз минеральных удобрений. В настоящей курсовой работе анализируются нормативный и балансовый методы расчета доз минеральных удобрений на планируемый урожай. Рассмотрим сущность этих методов.

Нормативный метод. Разработчиком этого метода является ВИУА. В основу его положены нормативы затрат питательных веществ для получения единицы продукции, установленные на основании данных полевых опытов, проведенных на различных почвах в севооборотах. При этом учтены не только вынос элементов питания с основной и побочной продукцией, но и коэффициенты усвоения азота, фосфора и калия из почв и удобрений. Применительно к Красноярскому краю этот метод усовершенствован [Майборода, Танделов, 1987]. Расчет доз удобрений проводится по формуле

$$D = U_{\text{п}} \times H \times K_1 \times K_2,$$

где U_p – планируемый урожай культур, ц/га;

N – нормативы затрат удобрений на единицу получаемой продукции, кг д. в. (табл. П. 15);

K_1 – поправочный коэффициент на содержание доступных питательных веществ в почве (табл. П. 16);

K_2 – поправочный коэффициент на содержание запасов влаги в почве (табл. П. 17).

Балансовый метод позволяет определить наиболее эффективные дозы удобрений на планируемый урожай при сохранении и повышении плодородия почв.

Эмпирическая формула балансового метода имеет следующий вид:

$$D = (Y_1 \times N_1 - Y_2 \times N_2) / K_y,$$

где D – доза удобрения, кг на гектар;

Y_1 – планируемая урожайность (средняя урожайность + прибавка урожайности), ц/га;

Y_2 – урожайность без применения удобрений, ц/га;

N_1 – вынос элементов питания (N, P₂O₅, K₂O) с единицей урожая, кг;

N_2 – вынос элементов питания (N, P₂O₅, K₂O) с единицей урожая, полученной без удобрений, кг;

K_y – коэффициент использования элемента питания из удобрения.

1. Используя эмпирическую формулу, рассчитайте величину дозы каждого из питательных элементов на гектар пашни.

2. Определите дозу конкретного удобрения под каждую культуру севооборота.

Рассмотрим последовательность расчетов на примере озимой ржи. Величину прибавки урожая, полученную по данным наших расчетов в таблице 3, следует перенести во вторую графу таблицы 5.

Таблица 5 – Расчет потребности в удобрениях по выносу элементов питания с учетом $K_{ИУ}$

Культура севооборота	Прибавка ц/га	Требуется для прибавки, кг/га			Требуется с учетом $K_{ИУ}$, кг/га			Требуется удобрений, ц/га		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N _{АА}	P _С	K _С
Пар	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Озимая рожь	4,0	12,0	И так далее		24	И так далее		0,70	И так далее	
Горох	4,0	20,8			41,6			1,21		
Подсолнечник, з. м.	45	18,0			36,0			1,04		
Гречиха	3,0	15,0			30,0			0,87		
Ячмень	4,4	12,8			25,6			0,74		
Всего в севообороте		78,6			157,2			4,56		
В среднем на 1 га пашни		13,1			26,2			0,76		

Для формирования прибавки урожая 4 ц/га требуется 12 кг азота на гектар. Согласно данным таблицы П. 18, каждый центнер озимой ржи выносит 3,0 кг азота, т. е. с прибавкой урожая выносятся 12 кг азота.

Из внесенных удобрений под любую культуру, в том числе и под озимую рожь, используется не весь азот (табл. 6). Коэффициент использования азота составляет 0,5–0,6 (50–60 %). Для наших расчетов возьмем 0,5. Далее полученные 12 кг азота разделим на 0,5, получаем 24 кг азота. Т. е. чтобы озимая рожь использовала 12 кг азота, необходимо с удобрениями внести 24 кг азота, так как она использует только 50 % азота из вносимых удобрений.

Таблица 6 – Коэффициенты использования элементов питания из удобрений (в год внесения)

Удобрения	Коэффициент
Азот минеральный	0,5–0,6
Азот органический	0,2–0,3
Фосфор минеральный	0,15
Фосфор органический	0,2–0,3
Калий (минеральный и органический)	0,5–0,6

Затем следует определить форму удобрения. Для нашего примера используем аммиачную селитру. Она содержит в своем составе 34,5 % азота. Т. е. в 100 кг аммонийной селитры содержится 34,5 кг азота. Составляем пропорцию: в 100 кг – 34,5, а в X кг – 24. $X = 100 \times 24/34,5$, что составляет 70 кг аммонийной селитры. Переводим в центнеры и получаем 0,7 ц. Так же, как с азотом, проводим расчеты по фосфору и калию. Определив потребность удобрения в среднем на 1 гектар севооборота, можно определить потребность на любую площадь севооборота.

5.2. Определение баланса элементов питания в севообороте и уровня возмещения выноса из почвы удобрениями

Баланс питательных элементов – это количественное выражение содержания питательных веществ в почве на конкретной площади или объекте исследования (поле, севооборот, хозяйство, зона и т. д.) с учетом всех статей их поступления и расхода в течение определенного промежутка времени.

В приходную часть баланса включают поступление питательных веществ, обеспечивающих следующие источники: 1) минеральные и органические удобрения; 2) растительные остатки; 3) посевной материал; 4) биологическая фиксация азота клубеньковыми и свободноживущими микроорганизмами; 5) поступление с осадками.

В расходной части учитывают: 1) вынос с урожаем основной и побочной продукции; 2) вынос с растительными остатками; 3) вымывание в грунтовые воды и смыв с поверхности; 4) потери в результате эрозионных процессов; 5) газообразные потери и т. д. [Минеев, 2006].

Определение баланса питательных элементов имеет наибольшее значение для каждого конкретного поля севооборота. Качественные показатели баланса элементов питания в севообороте и хозяйстве в целом дают надежное обоснование необходимого уровня применения удобрений.

Для оценки действия принятой системы удобрения в севообороте на почвенное плодородие необходимо определить соотношение выноса элементов питания урожаями с величиной возмещения выноса внесением элементов питания с удобрениями.

Используя данные справочной таблицы (табл. П. 18), рассчитаем вынос элементов питания планируемым урожаем культур севооборо-

та. Пример расчета выноса элементов питания урожаями культур в севообороте представлен в таблице 7.

Как следует из таблицы 7, с урожаем в севообороте отчуждается в среднем 54,2 кг азота с гектара.

Таблица 7 – Определение выноса элементов питания урожаями в севообороте

Культура	Плановый урожай, ц/га	Вынос плановым урожаем, кг/га		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Пар	–	–	–	–
Озимая рожь	20,0	58,0	и так далее	
Горох	16,0	83,2		
Подсолнечник, з. м.	180,0	72,0		
Гречиха	15,0	48,0		
Ячмень	22,0	63,8		
Всего за севооборот		325,0		
В среднем с 1 га пашни		54,2		

Принятой системой удобрения, основанной на приросте урожая, в среднем за севооборот вносится 26,2 кг азота на гектар (см. табл. 5) и составляет приходную часть баланса. Составим пропорцию:

$$54,2 \text{ кг} - 100 \%;$$

$$26,2 \text{ кг} - X;$$

$$X = 48,3 \%.$$

Таким образом, возмещение азота составляет 48,3 %. Аналогичным образом эти значения определяются по фосфору и калию. Основываясь на величинах возврата азота, фосфора и калия, следует сделать вывод о воспроизводстве почвенного плодородия и возможности или невозможности систематического повышения урожайности сельскохозяйственных культур. Полученные расчеты нужно систематизировать в таблице 8.

Таблица 8 – Возврат элементов питания в севообороте

Показатель	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Вносится, кг	26,1
Выносятся, кг	54,2		
Возмещение, %	48,0		

5.3. Баланс гумуса в севообороте и потребность в органических удобрениях

Содержание и динамика гумуса в почвах зависят от почвенно-климатических условий, структуры посевных площадей, интенсивности обработки почв, количества и качества применяемых удобрений и мелиорантов. Знание баланса гумуса в севообороте необходимо для определения потребности в органических удобрениях. Удобрения, повышая продуктивность культур, увеличивают и количество их корневых и пожнивных остатков, а следовательно, возврат органического вещества пожнивными остатками и с органическими удобрениями. Органические удобрения, непосредственно пополняя запасы органического вещества, способны при определенных дозах на разных почвах поддерживать бездефицитный баланс гумуса.

Баланс гумуса можно рассчитать на основе баланса азота. Принимается (с некоторым допущением), что снижение содержания азота в почве примерно равно потреблению его растениями. Считается, что в гумусе соотношение C:N = 20, т. е. гумуса расходуется (минерализуется) в 20 раз больше, чем потребляется азота [Рудой, 2010].

Математическое выражение баланса гумуса в почве имеет следующий вид:

$$B_{\Gamma} = ПК \times K_{\Gamma} - (N_{\Gamma}/5) \times K_{M} \times K_{K},$$

где B_{Γ} – баланс гумуса в почве, ц/га;

$ПК$ – количество пожнивно-корневых остатков, ц/га;

K_{Γ} – коэффициент гумификации пожнивно-корневых остатков:

– для многолетних трав и люпина – 0,18;

– зерновых, зернобобовых, льна, однолетних трав (сена) – 0,15;

– силосных и однолетних трав на зеленую массу – 0,1;

– овощей, картофеля – 0,05;

N_{Γ} – количество азота, потребляемого за счет гумуса, кг/га (0,5 от общего потребления азота из почвы), так как многолетние бобовые травы из воздуха фиксируют 70 % азота, а из почвы – 30 %, то для них N_{Γ} составляет $30/2 = 15$ %, для зернобобовых – 20 %;

K_{M} – коэффициент на гранулометрический состав почвы:

– для песчаных почв – 1,8;

– супесчаных почв – 1,4;

– легкосуглинистых почв – 1,2;

– среднесуглинистых почв – 1,0;

– тяжелосуглинистых почв – 0,8;

K_{K} – коэффициент на группу культур:

– для многолетних трав – 1,0;

– культур сплошного сева – 1,2;

- пропашных культур – 1,6;
- чистых паров – 2,0.

Последовательность расчета баланса гумуса представлена в таблице 9. Рассмотрим баланс гумуса на примере поля озимой ржи.

Плановая величина урожая озимой ржи – 20,0 ц/га. Для формирования 1,0 ц требуется 2,9 кг азота (табл. П. 18), на весь урожай $20,0 \text{ ц/га} \times 2,9 \text{ кг} = 58 \text{ кг}$.

Скорость минерализации гумуса зависит от *гранулометрического состава почвы*, и поэтому на исчисленное количество N почвы, которое израсходовано на формирование урожая и на основании которого устанавливается масса минерализации гумуса, вводится поправка.

В нашем примере гранулометрический состав почвы на поле озимой ржи тяжелосуглинистый. Для этого гранулометрического состава используем поправочный коэффициент 0,8. Отсюда $58,0 \times 0,8 = 46,4$.

Скорость минерализации между культурами различна, и поэтому вводим соответствующий поправочный коэффициент (для культур сплошного посева) – 1,2, следовательно, $46,4 \times 1,2 = 55,7$. Такое количество азота израсходовано для формирования урожая 20 ц/га.

После каждой культуры на поле остаются пожнивно-корневые остатки, которые подвергаются минерализации и одновременно гумификации. Накопление пожнивно-корневых остатков определяется видом возделываемой культуры и ее урожайностью (см. табл. 10).

Для всех зерновых при урожайности 16–20 ц/га используется коэффициент накопления пожнивно-корневых остатков, равный 1,2. Урожайность озимой ржи 20 ц/га умножаем на коэффициент 1,2, получаем 24,0 ц/га.

Интенсивность гумификации культур различная (см. табл. 11). Из таблицы 11 следует, что коэффициент гумификации зерновых культур равен 0,15. Следовательно, 24 ц пожнивно-корневых остатков озимой ржи образовали 3,6 ц гумуса. Таким образом, на формирование урожая озимой ржи в 20 ц/га израсходовано в результате минерализации 11,1 ц/га гумуса. А из оставшихся пожнивно-корневых остатков образовалось 3,6 ц/га гумуса. Следовательно, баланс гумуса составляет: $3,6 - 11,1 = -7,5 \text{ ц/га}$. Характер баланса отрицательный. Для покрытия расхода гумуса (оптимизация баланса) необходимо внести органические удобрения.

Установлено, что при содержании в навозе 25 % сухого вещества и влажности 75 % коэффициент гумификации равен 0,20. Из одной тонны такого навоза в почве образуется 0,5 ц гумуса, т. е. для образования 1 ц гумуса требуется 1 т навоза. Если навоз перепревший, то для образования 1 ц гумуса достаточно 1,1 т навоза. Поэтому дефицит гумуса в 7,5 ц на поле озимой ржи покрывается внесением 8,3 т перепревшего навоза (см. табл. 9).

Таблица 9 – Расчет баланса гумуса в севообороте

33

Культура севооборота	Планный урожай, ц/га	Вынос N почвы, кг/га	Расход N почвы с учетом поправок			Минерализация гумуса, ц/га	Масса пожнивно-корневых остатков, ц/га	Образование гумуса из остатков, ц/га	Баланс гумуса, ц/га	Требуется навоза для покрытия дефицита гумуса, т/га
			На гранулометрический состав	На группу культур	Всего					
Пар*	–	–	–	–	–	25,0	–	–	–25,0	28,0
Озимая рожь	20,0	58,0	46,4	55,7	55,7	11,1	24,0	3,6	–7,5	8,3
Горох	16,0	83,2	66,6	79,9	79,9	16,0	19,2	2,9	–13,1	14,4
Подсолнечник, з. м.	180,0	72,0	57,6	92,2	92,2	18,4	21,6	2,2	–16,2	17,8
Гречиха	15,0	48,0	38,4	46,1	46,1	9,2	33,0	4,5	–4,7	5,8
Ячмень	22,0	63,8	51,0	61,2	61,2	12,2	24,2	3,6	–8,6	9,5
Требуется навоза на весь севооборот										83,8
Требуется навоза на 1 га севооборота										14,0

* Минерализация в паровом поле составляет 25 ц/га.

Таблица 10 – Зависимость накопления пожнивно-корневых остатков от урожайности культуры (ВНИПТИОУ)

Зерновые и зерно-бобовые		Многолетние травы (сено)		Однолетние травы (зеленая масса)		Кукуруза на силос		Картофель, корнеплоды, овощи		Гречиха	
1*	2*	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
11–15	1,3	11–20	1,9	51–100	0,28	101–150	0,12	101–150	0,13	<10,0	2,5
16–20	1,2	21–30	1,6	101–150	0,25	151–200	0,12	151–200	0,12	11–15	2,2
21–25	1,1	31–40	1,4	151–200	0,20	201–250	0,11	201–250	0,12	16–20	2,0
26–30	1,0	41–50	1,3	201–250	0,15	251–300	0,11	251–300	0,12	21–25	1,6
>30	0,9	51–60	1,2	251–300	0,13	>300	0,10	>300	0,11	>25	1,5

*Графа 1 – урожай основной продукции, ц/га; графа 2 – норматив накопления сухого вещества пожнивно-корневых остатков на 1 ц основной продукции.

34

Таблица 11 – Интенсивность гумификации пожнивно-корневых остатков культур

Пожнивно-корневые остатки с.-х. культур в почве	Коэффициент гумификации
Многолетние травы	0,18
Зерновые и зернобобовые	0,15
Картофель, корнеплоды, овощи	0,08
Силосные	0,10

5.4. Рациональное распределение удобрений в севообороте и расчет потребности в туках

При рациональном распределении разных видов удобрений в севообороте необходимо руководствоваться следующими *основными принципами* [Сорокина, Шпедт, 2005].

Азотные удобрения в первую очередь вносятся:

- под многолетние и однолетние травы;
- силосные культуры;
- повторные посевы зерновых и на хорошо обеспеченных фосфором и калием почвах.

Фосфорные удобрения необходимо вносить:

- под зерновые культуры, размещенные по хорошим азотным предшественникам (чистым и занятым парам, пласту и обороту пласта многолетних трав), при оптимальных дозах азотных удобрений под них;

- покровные культуры для многолетних трав;
- пропашные (картофель, кормовые корнеплоды).

Калийные удобрения необходимо вносить один или два раза за ротацию севооборота:

- под калиелюбивые культуры (картофель, кормовые корнеплоды, кукурузу, подсолнечник);
- в паровые поля (при опасности полегания зерновых культур);
- многолетние травы и озимые культуры для лучшей их перезимовки.

Согласно современным научным разработкам установлены следующие закономерности.

Растения нуждаются в азотных удобрениях при содержании в пахотном слое $N-NO_3$ ниже 16 мг/кг почвы перед уходом в зиму и весной перед посевом.

Внесение фосфорных удобрений необходимо при содержании в пахотном слое в мг P_2O_5 на 100 г почвы: менее 15–20 – по А.Т. Кирсанову, на серых лесных и дерново-подзолистых почвах, менее 10–15 – по Ф.В. Чирикову, на черноземах и других нейтральных почвах, менее 3,0–4,5 – по Б.П. Мачигину, на карбонатных почвах.

Необходимость в калийных удобрениях возникает при содержании в пахотном слое (мг/100 г почвы) K_2O : менее 15–20 – по А.Т. Кирсанову, на серых лесных и дерново-подзолистых почвах, менее 9–11 – по Ф.В. Чирикову, на черноземах и других нейтральных почвах, ме-

нее 25–30 – по А.Т. Кирсанову, на торфяных почвах, менее 30–40 – по Б.П. Мачигину, на карбонатных почвах.

Эффективность удобрений обуславливается также уровнем влагообеспеченности поля, а именно запасом продуктивной влаги в корнеобитаемом слое почвы и количеством осадков в критический (по отношению к влаге) период развития культуры. Для зерновых культур критический период приходится от третьей декады мая до первой декады июля. В этот период осадки также важны для яровой пшеницы, которая размещается по пару. Отказ от применения удобрений будет обоснован, когда глубина промачивания почвы не превышает 0,5 м, а запас продуктивной влаги в этом слое ниже 60 мм. В засушливых условиях азот не действует, оказывая или угнетающее действие, или остается в последствии. Хорошо действуют фосфор и калий или один фосфор.

При пониженных температурах действует азот, причем аммиачные формы эффективнее, чем нитратные. Это связано с лучшим усвоением его растениями и быстрым включением в биосинтез белка и запасных веществ. Фосфор действует слабее, в основном ускоряя созревание, однако резко снижается доступность почвенных фосфатов и фосфатов удобрений из-за их «сжеживания» в холодных условиях. Увеличение доз фосфорных удобрений не дает эффекта. На калийные удобрения лучше всего отзываются картофель, кормовые корнеплоды. Они приводят к повышению урожайности и улучшению качества. Под пшеницу калийные удобрения применяют только для борьбы с полеганием по паровым предшественникам и пласту многолетних трав.

По уровню насыщенности земледелия удобрениями выделяют следующие этапы: стартовый (начальный), компенсационный и радикальный.

Стартовый этап является для условий Красноярского края обязательным. Удобрения применяют в небольших дозах при посеве зерновых культур в рядки и посадке пропашных культур в лунки. Необходимость применения стартовых доз относится к азотным и фосфорным удобрениям. Дозы удобрений составляют 10–30 кг/га д. в.

Компенсационный этап предполагает возмещение элементов питания, отчужденных с урожаем сельскохозяйственных культур. Дозы применения удобрений обуславливаются экономическими и материально-техническими условиями хозяйства, как правило, это 60–70 кг/га д. в.

Радикальный этап предполагает расширенное воспроизводство почвенного плодородия. Дозы применения удобрений увеличиваются до 120 и более кг/га д. в.

Удобрения необходимо рационально распределить между культурами севооборота с учетом следующих факторов:

- роли предшественника;
- уровня обеспеченности почвы элементами питания;
- биологических особенностей сельскохозяйственных растений и сортов;
- цели возделывания культуры (ее доходность);
- последствий удобрений;
- состава и свойств удобрений.

Для правильного распределения удобрений в севообороте необходимо изучить литературу по вопросам применения удобрений [Минеев, 2006; Шеуджен с соавт., 2013]. Особенно следует познакомиться с трудами агрохимиков, работавших в Красноярском крае (Н.М. Майборода, Ю.П. Танделов, О.В. Ерышова, Н.Г. Рудой, П.И. Крупкин, И.С. Антонов, М.А. Ялтонский и др.). Эти работы опубликованы в трудах КНИИСХ, КСХИ (Красноярский ГАУ), агрохимлабораторий, агрохимического центра «Красноярский», а также опытных станций и государственных сортоучастков.

Исходя из рассчитанной потребности в питательных веществах, следует:

- провести распределение органических и минеральных удобрений в севооборотах между культурами при их чередовании;
- определить виды и формы удобрений с учетом их взаимодействия с почвой;
- выбрать технологию и приемы внесения. Распределение удобрений заносится в таблицу 12.

Таблица 12 – Распределение минеральных удобрений в севообороте

Сево-оборот	Норма удобрений			Доза минерального удобрения, кг д. в. на гектар									
	Навоз, т/га	Кг/га			Основное			Припосевное			Подкормка		
		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
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

Итоговое количество питательных веществ (азота, фосфора и калия), требуемых за севооборот, из таблицы 5 с учетом поступления питательных веществ навоза рационально распределяется в севообороте. При этом учитывается роль предшественника, биологические особенности и цель возделывания культуры (на семена, зеленую массу, клубни и т. д.), обеспеченность почвы питательными веществами, последствие удобрений. Продумываются и выбираются дозы, сроки и способы внесения удобрений под каждую культуру. Распределение удобрений заносится в таблицу 12.

Важнейшее значение в реализации системы удобрений имеет календарный план. Это рабочий план структурного подразделения хозяйства, позволяющий в полном объеме реализовать разработанную систему применения удобрений. В нем указываются примерные сроки внесения органических и минеральных удобрений, мелиорантов, способы внесения, формы используемых удобрений и их объем. Он позволяет рационализировать использование транспортных и рабочих машин по внесению удобрений. Эти данные оформляются в таблицу 13 и описываются на основании научной литературы и пп. 5.3, 5.4.

Таблица 13 – Календарный план внесения удобрений в севообороте

Культура	Примерный срок внесения	Способ внесения	Азотные		Фосфорные		Калийные	
			Форма	Всего туков, т	Форма	Всего туков, т	Форма	Всего туков, т
Яровая пшеница	2-я декада мая	в рядки	NH ₄ NO ₃	80,5	Ca(H ₂ PO ₄) ₂	60,4	K ₂ SO ₄	48,6

5.5. Агрохимическое обоснование системы удобрения севооборота и отдельных культур

После распределения удобрений между культурами севооборота следует дать очень подробное агрохимическое обоснование разработанной системе удобрения. Обоснование дается по каждой культуре с оценкой ее предшественника, особенностей питания культуры, указанием доз, сроков и способов внесения удобрений, а также их последствий. Необходимо указать, какие сельскохозяйственные машины и орудия используются для внесения удобрений под каждую культуру.

В этом же разделе сообщается о процессах взаимодействия применяемых удобрений с почвой, на которой размещен севооборот. Приводится схема (реакция) взаимодействия удобрений с ППК (почвенно-поглощающим комплексом) данной почвы. Объясняется доступность питательных элементов растениям, возможность потери некоторых питательных веществ из удобрений, изменение реакции среды и т. д.

Рациональность разработанной системы удобрения следует подкреплять ссылками на авторов изученной литературы. Агрохимическое обоснование проводится в порядке чередования культур в севообороте. Нельзя объединять в одно обоснование две культуры, которые встречаются в севообороте 2–3 раза, так как они размещены по разным предшественникам, имеют разную степень обеспеченности питательными веществами, особенно азотом, и отличаются планируемой урожайностью.

5.6. Биологические особенности основных сельскохозяйственных культур в связи с их питанием и применением удобрений

5.6.1. Зерновые культуры

Каждая культура в индивидуальном развитии от семени до семени проходит характерную для нее динамику (цикл) потребления питательных элементов. Зная ее, нужно с помощью удобрений регулировать этот процесс.

Озимые рожь и пшеница. По сравнению с яровыми зерновыми озимые культуры имеют довольно продолжительный период потребления питательных веществ, начинающийся осенью и заканчивающийся на следующий год в фазе налива зерна у пшеницы (см. табл. 14) и в фазе цветения у озимой ржи (см. табл. 15). Они обладают более мощной корневой системой. Отличаются большим биологическим потенциалом, лучше отзываются на внесение удобрений. Урожайность этих культур зависит от перезимовки, которую необходимо улучшить рациональным применением органических и минеральных удобрений, а также известкованием.

Таблица 14 – Потребление элементов питания растениями озимой пшеницы [по данным Шеуджен с соавт., 2013]

Фаза вегетации	Потребление, % от максимального		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Кущение:			
осенью	14	8	11
весной	24	14	23
Выход в трубку	42	33	59
Колошение	78	72	94
Цветение	86	97	100
Восковая спелость зерна	96	100	98
Полная спелость зерна	100	98	95

Таблица 15 – Накопление элементов питания растениями озимой ржи по фазам вегетации [по данным Шеуджен с соавт., 2013]

Фаза вегетации	Потребление, % от максимального		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Выход в трубку	76	58	52
Цветение	93	78	99
Восковая спелость	100	100	100

Озимые культуры предъявляют повышенные требования к фосфорно-калийному питанию, которое способствует развитию корневой системы, накоплению углеводов и повышению зимостойкости. Наиболее сильно недостаток азота растения испытывают весной, с возобновлением вегетации при отрастании корней, побегов и листьев, когда происходит формирование стебля и колоса. Максимальное поступление азота в растения ржи отмечается в конце фазы колошения перед цветением. В последующем растениями поглощается из почвы незначительное количество азота, на формирование зерна используется ранее накопленный в вегетативных органах азот. Холодная погода осенью и весной резко ослабляет поступление азота в растение. Избыток азота с осени приводит к изнеживанию растений, что является причиной гибели озимых, или полеганию летом. Очень отзывчивы озимые растения на внесение органических удобрений, особенно по чистым и занятым парам в дозе 30–40 т/га.

Обязательным является припосевное внесение фосфорных удобрений и допосевное внесение калийных удобрений. Высокоэффек-

тивный прием в системе удобрений – ранневесенняя подкормка озимых азотными удобрениями после перезимовки. Действие подкормки зависит от влажности. Для ранневесенней подкормки по мерзлотающей почве («черепку») рекомендуется применение аммиачной селитры, а при поздней – мочевины.

Яровые зерновые культуры (пшеница, ячмень, овес) в отличие от озимых имеют более сжатый период потребления питательных веществ. Две трети усваивается ими от начала выхода в трубку до цветения. Яровые слабее кустятся, имеют слаборазвитую корневую систему, что обуславливает сравнительно высокую потребность в доступных питательных веществах. Ячмень поглощает элементы питания за 30–35 дней, пшеница – за 48–55 дней, у овса этот период более продолжительный среди яровых.

В системе удобрения яровых зерновых культур ведущую роль выполняет азот, без внесения которого фосфорные и калийные удобрения не увеличивают урожай зерна. Фосфорные и калийные удобрения вносят с осени, азотные под предпосевную культивацию – вразброс или локально-ленточно (врезанием). В рядки при посеве вносят небольшую дозу фосфорных удобрений.

Органические удобрения под яровые хлеба, как правило, не вносят, так как они хорошо используют последствие. В Красноярском крае под яровую пшеницу, размещенную по пару, вносят 20–30 т/га.

Различают систему удобрения первых и вторых зерновых культур. Под первые зерновые (по пару, пласту многолетних трав, занятому пару) вносят только фосфорные удобрения. Калийные удобрения вносят в пар или в парозанимающие культуры, гранулированные формы можно вносить в рядки при посеве или врезать локально-ленточно. Под вторые зерновые культуры вносят азотно-фосфорные удобрения. Идеальным удобрением для повторных посевов зерновых культур являются нитроаммофос, аммофос. Они вносятся в зависимости от типа почв. На черноземных почвах эффективнее применение аммофоса, а для менее гумусированных почв – нитроаммофоса.

При размещении зерновых после пропашных культур, удобрений органическими удобрениями, не следует вносить азотные удобрения более 50–60 кг/га во избежание полегания. При использовании зерновых в качестве покровной культуры для многолетних трав вносят фосфорно-калийные удобрения с учетом их общей потребности.

5.6.2. Зерновые бобовые культуры

Основной особенностью питания *зерновых бобовых культур (горох)* является фиксация азота воздуха благодаря симбиозу корней бобовых культур с клубеньковыми бактериями *Rhizobium leguminosarum* Baldwin et Fred. 75 % азота, фиксированного из воздуха, используется растениями, а 25 % остается в клубеньках. Поэтому в почве остается незначительное количество азота. В надземной массе эти растения накапливают много фосфора, кальция, магния и серы.

Важной их особенностью является способность поглощать труднодоступные формы фосфора. Большое влияние на фосфорный обмен оказывает калий. При достаточной обеспеченности почвы калием увеличивается использование даже малых доз фосфора. Зернобобовые потребляют много кальция. Повышенное содержание в почве азота значительно уменьшает азотфиксацию.

Зерновые бобовые культуры довольно равномерно потребляют питательные вещества почвы и удобрений.

К фазе образования бобов потребление растениями азота составляет 90 % от максимального, фосфора – 70 % (табл. 16), калия – полностью завершается [Шеуджен с соавт., 2013].

Обязательным приемом является внесение под зерновые бобовые культуры небольших стартовых доз азота весной, так как фиксация азота начинается не с первого дня роста, а примерно через 10–14 дней после посева.

Таблица 16 – Динамика потребления элементов питания растением горохом, % от максимального

Фаза вегетации	Потребление, % от максимального		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Всходы	2,0	2,2	5,8
Ветвление стебля	12,5	10,0	24,5
Бутонизация	50,4	48,8	70,2
Образование бобов	89,6	70,0	100
Полная спелость	100	100	98

Горох сравнительно хорошо использует запасы фосфора из почвы, поэтому эффективным фосфорным удобрением может являться фосфоритная мука. Однако в начальный период роста и развития обязательным приемом на почвах всех типов и во всех зонах возделывания гороха является внесение в рядки при посеве гранулированного суперфосфата из расчета 10–15 кг/га. Фосфорные удобрения не только повышают урожай гороха, но и ускоряют созревание семян. Для усиления азотфиксации семена бобовых культур обрабатывают нитрагином и молибденом. Очень эффективным удобрением является молибденизированный суперфосфат. Калийные удобрения эффективны как на бедных по элементам минерального питания почвах, так и на черноземах.

Система удобрения гороха включает основное и припосевное. Дозы основного удобрения составляют $N_{20-40}P_{40-60}K_{30-60}$. Во всех зонах возделывания гороха наиболее эффективным является осеннее применение фосфорно-калийных удобрений под зяблевую вспашку [Шеуджен с соавт., 2013].

5.6.3. Крупяные культуры

Гречиха. По сравнению с зерновыми растениями гречиха интенсивная культура. Она потребляет азота в 1,5 раза больше, фосфора – в 2 раза, калия – в 3 раза, кальция – в 5 раз больше, чем пшеница. Очень хорошо реагирует на органические удобрения, внесенные под предшественник, а также на зеленое удобрение.

Система удобрения гречихи включает основное, припосевное и подкормки. Основное удобрение гречихи дает наибольший эффект в засушливых условиях, так как питательные вещества при этом приеме заделываются на глубину вспашки, где есть влага. Основное удобрение вносят под зяблевую вспашку или первую культивацию зяби. Доза основного удобрения зависит от плодородия почвы: на черноземах вносят азота – 30–45 кг/га, фосфора – 45–60 кг/га, калия – 20–30 кг/га, на почвах элювиального ряда вносят азота – 45–60 кг/га, фосфора – 45–60 кг/га, калия – 40–60 кг/га. Азотные удобрения применяют весной под предпосевную обработку почвы. Лучшим из азотных удобрений под гречиху является сульфат аммония, что обусловлено наличием в нем сульфат-иона. Гречиха требует высокого почвенного плодородия и способна усваивать из почвы элементы питания в труднодоступной форме, хорошо усваивает фосфор фосфорит-

ной муки. В качестве рядкового внесения используют двойной суперфосфат в дозе 10–15 кг/га. Страдает от недостатка усвояемого азота. Поэтому при внесении азота проявляется потребность в фосфорно-калийных удобрениях. Гречиха очень чувствительна к хлору, поэтому используют бесхлорные формы калийных удобрений. Хлорсодержащие калийные удобрения вносят осенью.

Подкормка гречихи – обязательный агротехнический прием, даже если удобрения в достаточном количестве вносили под предшествующую гречихе культуру. Для подкормки гречихи целесообразно использовать сложные удобрения в количестве 10–20 кг/га д. в. Для подкормки можно использовать 4–5 ц/га птичьего помета, разведенного в 6–8 частях воды. Лучший срок подкормки – межфазный период бутонизация – начало массового цветения. Гречиха отзывчива на микроудобрения [Шеуджен с соавт., 2013].

Просо – теплолюбивая культура. Это определяет интенсивность потребления питательных веществ из почвы. В первые фазы роста и развития просо больше всего нуждается в азотном питании, затем – в калийном и фосфорном. Максимальная потребность в азоте и калии приходится на период кущение – цветение растений, а в фосфоре – выметывание метелки – спелость зерна.

Система удобрения проса включает основное, припосевное и подкормку. Основное удобрение обычно вносят осенью под зяблевую вспашку и применяют как органические, так и минеральные удобрения. Просо хорошо использует питательные вещества навоза и минеральных удобрений, внесенных под предшествующую культуру. Лучшими формами минеральных удобрений для проса являются аммонийная селитра, суперфосфат и хлористый калий. При плоскорезной обработке почвы целесообразно использовать сложные удобрения – аммофос, нитрофоску, нитроаммофос.

Просо хорошо отзывается на рядковое внесение гранулированного суперфосфата в дозе 10–15 кг/га. Следует отметить, что припосевное удобрение не заменяет основной прием удобрений, а лишь дополняет его. Для проса необходимо проводить подкормки, так как для него характерен растянутый период потребления питательных веществ и высокая потребность в них во второй половине вегетации растений. Их проводят в фазе кущения и начала выхода растений в трубку. Рекомендуемая доза первой подкормки – $N_{20}P_{30}K_{20}$, а второй – $N_{10}P_{15}K_{15}$ [Шеуджен с соавт., 2013].

5.6.4. Кормовые культуры

Кормовые культуры – растения, выращиваемые для скармливания сельскохозяйственным животным. Они составляют большую группу растений, относящихся к различным ботаническим семействам, родам и видам. По данным [Шеуджен с соавт., 2013] в состав кормовых культур входят:

1) многолетние травы (бобовые: донник, клевер, козлятник восточный (галега), люцерна, эспарцет; злаковые: ежа сборная, житняк, костер безостый, лисохвост луговой, овсяница луговая, пырей бескорневищный, тимофеевка луговая);

2) однолетние травы (бобовые: вика посевная, сераделла; злаковые: райграс однолетний, суданская трава);

3) зернофуражные (кукуруза, зернобобовые, овес, ячмень);

4) силосные (кукуруза, подсолнечник, топинамбур);

5) бахчевые кормовые (арбуз кормовой, кабачки, тыква);

6) кормовые корнеплоды, клубнеплоды и листовые (брюква, капуста, картофель, морковь, свекла, турнепс).

Многолетние травы развивают мощную корневую систему, обогащающую почву азотом. Они требуют фосфор и калий. В первые периоды жизни необходимы легкодоступные фосфаты. Велика потребность и в калии, вынос которого клевером в 10 раз больше, чем льном и зерновыми.

Предъявляют требования к бору, молибдену и меди, которые способствуют росту и развитию и повышают продуктивность. *Клевер* высевают под покров. Он не переносит кислые почвы. Хорошо отзывается на органические удобрения, которые вносят под покровную культуру (20–30 т/га), особенно на дерново-подзолистых почвах. Фосфорно-калийные удобрения вносят под покровную культуру. При этом эффективность удобрений в два раза выше, чем при поверхностном внесении. Вносят высокие дозы в запас. Подкормку проводят азотными удобрениями в дозах 30–40 кг/га. Семена рекомендуют обрабатывать молибденом.

Люцерна предъявляет более высокие требования к плодородию, чем клевер. Дает высокие урожаи только на хорошо окультуренных почвах. Корневая система более мощная, чем у других трав. Хорошо отзывается на органические удобрения, внесенные под предшествующую культуру. Под основную обработку вносят суперфосфат и калийные удобрения. На хорошо окультуренных почвах норму фос-

форных удобрений снижают на 20–30 %, а калий оставляют. Подкормку удобрениями, особенно азотными, применяют после каждого укоса по 40–60 кг/га. Эффективность подкормок значительно возрастает при орошении.

Силосные культуры

Кукуруза является основной силосной культурой, обладающей большими потенциальными возможностями для создания урожая зеленой массы. Кукуруза теплолюбивая культура, что определяет ее требования к произрастанию. Весной в Сибири часто складываются неблагоприятные условия для возделывания кукурузы на силос, и в первый месяц после появления всходов она очень медленно развивается. В этот период кукуруза очень требовательна к наличию легкодоступных питательных веществ в почве. Однако в момент прорастания семян кукуруза чувствительна к концентрации солей в почве, поэтому дозу рядкового внесения дают очень малой – до 10 кг/га. Эффективно внесение основного фосфорно-калийного удобрения в дозах 60–90 кг/га. Более высокие дозы вносят в том случае, если не применяли навоз или компост. Азотные удобрения лучше вносить не с осени, а весной под предпосевную культивацию и при междурядной обработке (как подкормку). Наиболее интенсивное поглощение кукурузой питательных веществ, особенно азота, начинается с фазы 5–7 листьев. При основном внесении лучшей формой азотных удобрений являются аммонийные и аммиачные, фосфорных – суперфосфат, калийных – бесхлорные. При посеве кукурузы вносят суперфосфат, аммофос, если необходимо внести полное минеральное удобрение – нитроаммофоску [Шеуджен с соавт., 2013]. Для подкормки используют аммиачную воду, безводный аммиак, которые способствуют еще и гибели проволочника – опасного вредителя кукурузы.

Кукуруза очень отзывчива на внесение навоза и других органических удобрений. Органические удобрения вносят осенью перед основной обработкой почвы в количестве 25–30 т/га.

Подсолнечник тоже можно возделывать на силос. Для этой цели используют сорта с большой вегетативной массой. При правильной агротехнике он дает высокие урожаи зеленой массы – 300–500 ц/га. Подсолнечник выращивают еще и с целью получения растительного масла. Подсолнечник обладает мощной корневой системой, поглощающей большое количество калия и азота. Соотношение потребляемых питательных веществ (N:P:K=1,2:1:6 – на семена и 1,7:1:5 – на зеленую массу).

Подсолнечник – калиелюбивая культура. Избыток азота при недостатке фосфора резко снижает масличность. Азот усиленно потребляется подсолнечником от начала образования корзинок до налива семян, калий – в фазу образования корзинки. Подсолнечник может использовать питательные вещества из глубоких слоев почвы за счет мощной корневой системы. В системе удобрения используют органические удобрения – 20–40 т/га. Навоз вносят под зяблевую вспашку и под весеннюю перепашку зяби. Минеральные удобрения вносят в дозе – $N_{30-60}P_{60-90}K_{30-60}$. При посеве вносят нитроаммофос или двойной суперфосфат. Первую подкормку, как правило, азотными и фосфорными удобрениями, применяют при появлении 3–4 пар листьев, вторую – фосфорно-калийными удобрениями – перед образованием корзинок.

Рапс хорошо силосуется и имеет высокую питательную ценность, которая превосходит такие силосные культуры, как кукуруза и подсолнечник. Рапс отзывчив на удобрения. Органические удобрения вносят в количестве 30–40 т/га, а минеральные – $N_{30-60}P_{30-60}K_{30-60}$. Лучшие предшественники при посеве осенью – чистый или занятый пар, а при посеве весной – оборот пласта многолетних трав, зернобобовые, озимые и пропашные.

Кормовые корнеплоды (кормовая свекла, брюква, турнепс, морковь) дают высокие урожаи на плодородных почвах при хорошей заправке удобрениями. Кормовая свекла, брюква, турнепс, морковь дают сочный легкоперевариваемый и обладающий хорошими вкусовыми качествами корм. Наиболее требовательна к удобрениям кормовая свекла, затем брюква и менее турнепс. Они обладают малоразвитой корневой системой, но потребляют много питательных веществ. Кормовые корнеплоды неодинаково потребляют питательные вещества во время вегетации. При формировании надземной части (ботвы) необходимо усиленное азотное питание. Фосфор равномерно поступает в течение всей вегетации. Калий активно поглощается во вторую половину вегетации при формировании корнеплода. Основным удобрением являются органические в норме 40–60 т/га и более. Кормовые корнеплоды хорошо отзываются на последствие органических удобрений. Из всех корнеплодов наиболее отзывчив на минеральные удобрения *турнепс*. Кормовая свекла хорошо отзывчива на натрий, поэтому лучше применять калийную соль, в составе которой содержится натрий. Кроме того, эта культура нуждается в боре, внесение которого предотвращает заболевание корнеплодов гнилью сердечка и

дуплистостью корня. Корнеплоды положительно реагируют на рядковое внесение суперфосфата. Эффективны подкормки. Первую подкормку проводят при образовании первой пары настоящих листьев азотом и фосфором или навозной жижей. Во вторую подкормку перед смыканием ботвы вносят фосфорно-калийные удобрения.

Картофель – клубненосная культура – вследствие слаборазвитой корневой системы, располагающейся в верхнем пахотном слое, требует высокого плодородия почвы и внесения значительных количеств удобрений. Влияние разных видов удобрений на рост, развитие и урожай картофеля неодинаково. Азот способствует нарастанию ботвы. Фосфор положительно влияет на растение в течение всей вегетации, особенно в период цветения и клубнеобразования, калий способствует синтезу крахмала и потребляется в больших количествах, чем азот и фосфор.

Важный период – клубнеобразование. В этот период необходимо наличие достаточного количества питательных веществ, которые расходуются на формирование клубней. Избыток азота при клубнеобразовании уменьшает накопление крахмала в клубнях и их вызревание. Происходит «жирование» клубней.

Высокоэффективным является внесение под картофель навоза в дозе 40–60 т/га под зяблевую вспашку. Повышенные нормы навоза нежелательны, так как понижается содержание крахмала в клубнях, особенно при недостатке влаги. Под картофель вносят полное минеральное удобрение по 60–90 кг/га каждого. Из азотных удобрений лучше применять аммонийные формы, а из калийных – бесхлорные, так как картофель является хлорофобной культурой. Лучше применять серосодержащие калийные удобрения, такие как сульфат калия в связи с дополнительной потребностью картофеля в сере. Фосфорно-калийные удобрения вносят под основную обработку, а азотные – под предпосевную. Рекомендуется внесение комплексных удобрений (нитроаммофоса, диаммофоса). Идеальными являются тройные комплексные удобрения. Эффективно под картофель локально-ленточное внесение (врезание), так как удобрения в этом случае вносятся в слой, где идет клубнеобразование.

Лен-долгунец – культура очень требовательная к пищевому режиму. Лен характеризуется слаборазвитой корневой системой и имеет очень короткий (30 дней) период максимального потребления питательных веществ. Это период быстрого роста (конец фазы елочки – цветение). Поэтому при определении норм удобрений возникает мно-

го трудностей, связанных с биологией культуры: невысокая усвояемость питательных веществ, короткий период их потребления, повышенная чувствительность растений к концентрации почвенного раствора и недостатку влаги. Лен требует соблюдения норм и правильного соотношения элементов питания, равномерного распределения по полю.

Вносят хорошо перепревший навоз 15–20 т/га. Под лен нельзя переизвестковывать почву, поскольку растения могут поражаться бактериозом. Норма полного удобрения – $N_{30-60}P_{60-90}K_{90-120}$. Калийные удобрения вносят под основную обработку, часть фосфорных удобрений врезают, часть вносят при посеве. Лучше использовать борный суперфосфат. В фазу елочки эффективна подкормка аммиачной селитрой.

5.6.5. Особенности питания и удобрения овощных культур

Группа овощных культур представлена широким набором растений по ботаническому составу, биологии роста и развития, характеру используемых в пищу частей. Каждая культура характеризуется своеобразием и динамичностью в характере поглощения элементов питания и фазам роста и развития растений.

Для нормального режима питания овощных культур важное значение имеют аэрация и температура почвы. Эти культуры при температуре почвы 12 °С, как правило, голодают, так как получают азота на 25 % меньше, а фосфора – вдвое меньше, чем при температуре 20 °С.

Овощные культуры неодинаково относятся к реакции среды и концентрации почвенного раствора. Наиболее выносливы к кислой реакции рН 5,0 редис, редька, щавель, арбуз. Морковь, огурец, томат и кольраби переносят рН 5,5–6,0. Для капусты белокочанной и цветной требуется рН 6,0–6,5. Свекла столовая, салат, лук лучше произрастают на почвах с нейтральной реакцией (рН 6,5–7,0). Поэтому наиболее отзывчивы на известкование и непосредственное внесение извести свекла и капуста белокочанная, а лук, огурец, салат хорошо используют последствие известкования. Малотребовательны к внесению извести редис, томат, горох, цветная капуста. К повышенной концентрации почвенного раствора чувствительны лук, огурец, морковь. Свекла, капуста и томат хорошо развиваются при повышенной концентрации.

Эффективность удобрений в овощеводстве определяется водным балансом. Улучшение фосфорного питания позволяет растениям лучше переносить засуху, избыток азота усиливает отрицательное действие засухи.

Овощные культуры неодинаково реагируют на различные формы минеральных удобрений. Хороший эффект оказывают мочевины и аммиачная селитра. Капуста, огурец и томат положительно реагируют на сульфат аммония. Из фосфорных удобрений лучшим является гранулированный суперфосфат. На почвах, бедных серой, предпочтительнее отдавать простому гранулированному суперфосфату, особенно под томат, капусту и огурец. Из калийных удобрений сульфат калия оказывает лучшее действие на все культуры по сравнению с хлористым калием, за исключением столовой свеклы. Натрийсодержащие калийные удобрения хорошо применять под свеклу, томат, капусту. Высококонтентрированные калийные удобрения необходимо вносить под лук, морковь, огурец.

Капуста. Корневая система капусты, хотя и сильно разветвленная, в основном располагается в пахотном слое и не отличается повышенной усваивающей способностью элементов питания из труднорастворимых соединений. По этой причине капусте необходима большая площадь питания: оптимальная схема посадки $0,7 \times 0,7$ м (20 тыс. растений на 1 га). Она потребляет элементы питания в течение всего периода вегетации. Фаза интенсивного поглощения элементов питания – формирование кочанов, т. е. вторая половина вегетации. Исходя из биологических особенностей минерального питания растений, система удобрения предусматривает удобрение грунта для выгонки рассады, основное удобрение почвы, внесение удобрений при высадке рассады, подкормки.

Основное удобрение прежде всего включает навоз, торфокомпосты и низинный, хорошо разложившийся некислый торф. Более эффективно эти удобрения используются средне- и позднеспелыми сортами капусты. На минеральных почвах они могут сопровождаться азотными минеральными удобрениями, хороший эффект дает компостирование органических удобрений с фосфоритной мукой. Вынос калия растениями в четыре раза больше, чем фосфора. Поэтому почва должна быть обогащена этим элементом. Оптимальное соотношение основных элементов питания на фоне навоза – 1,5:1,0:2,0, без навоза – 2,0:1,0:2,5.

Огурцы – растение теплолюбивое. На долю корневой системы огурца приходится не более 3–5 % общей массы растения, и это накладывает свой отпечаток на систему удобрения культуры. Огурец может поглощать элементы питания только из легкорастворимых соединений и в то же время не выносит повышенных концентраций питательных веществ. Интенсивный прирост вегетативной массы огурца наблюдается в первые 5 декад, причем в листьях выше доля азота и фосфора, в стеблях – калия. С 4-й декады идет накопление сухой массы и элементов питания в плодах – калия в мякоти, азота в семенах. Основная часть элементов питания поглощается растением в период плодоношения – от 55 до 85 %. В начале вегетации преимущественно поглощается азот, затем, в период интенсивного роста ботвы, усиливается потребление калия, а в период плодоношения, в связи с ростом ботвы, – снова азота.

Система удобрения огурца включает основное внесение и подкормки. Задачей основного удобрения является создание оптимальной реакции среды, обогащение почвы элементами питания. Огурцы предпочитают органические удобрения, в том числе навоз любой степени разложения. Высокие урожаи хорошего качества огурцов обеспечиваются при достаточном содержании в почве микроэлементов – бора, марганца. Первая подкормка растений огурца проводится в начале цветения, в период плодоношения эта операция проводится после каждого сбора урожая, практически каждые 3–4 дня.

Томаты формируют слаборазвитую корневую систему, которая в основном располагается в пахотном слое. Длительный период интенсивного поглощения элементов питания, высокие требования растений к аэрации, водопотреблению вызывают необходимость плодородных, достаточно оструктуренных почв.

Пасленовые культуры отличаются способностью к продолжительному росту и новообразованию органов. Соответственно, поглощение элементов питания идет в течение всего периода вегетации. При выгонке рассады до появления первых листочков растения преимущественно нуждаются в азоте. Затем, в связи с утолщением и ростом стебля, возрастает потребность в калии и фосфоре.

После высадки рассады в грунт, в период разрастания листьев до завязывания плодов усиливается поглощение азота. При формировании плодов в сумме усваиваемых плодов преобладает калий. В августе интенсивность поглощения элементов питания резко снижается. Налив плодов в основном идет за счет передвижения из вегетативных

органов поглощенных ранее элементов питания. В целом за вегетационный период потребление элементов питания происходит в соотношении 2,5:1,0:4,0.

Система удобрения для пасленовых культур включает следующие элементы: грунт и удобрения для выгонки рассады, основное удобрение, подкормки.

В качестве основного под эти культуры вносятся органические удобрения, но они должны быть хорошо разложившимися. Свежий навоз вызывает формирование нестандартных по форме плодов, может снизить содержание сахаров, аскорбиновой кислоты, витаминов. Эти культуры хорошо используют последствие органических удобрений. Подкормки растений пасленовых проводятся перед цветением и в период формирования плодов. В составе смеси для подкормки растений должен преобладать фосфор. Рекомендуемые дозы элементов питания (кг/га): азот – 15, фосфор – 30, калий – 15.

Лук отличается повышенной требовательностью к плодородию почвы, так как корневая система его слабо развита и располагается в поверхностном слое почвы. В то же время лук чувствителен к повышенной концентрации питательного раствора и кислотности. Толерантные значения рН для лука – 6,5–8,0, оптимальные – 6,7–7,3. Репчатый лук хорошо реагирует на минеральные удобрения. Калийные и фосфорные удобрения ускоряют созревание луковицы, повышают плотность, массу и лежкость. В условиях хорошей влагообеспеченности наиболее высокий урожай получают при внесении органических (20–30 т/га) и минеральных ($N_{60-90}P_{60-90}K_{60-90}$) удобрений. Большое значение имеет внесение общего количества минеральных удобрений в подкормку [Юлушев, 2005].

5.7. Приемы внесения удобрений

Существенное влияние на выбор технологии и приемов внесения удобрений оказывают:

- 1) свойства самих удобрений, их физическое состояние, концентрация в них питательных элементов;
- 2) степень подвижности питательных веществ в удобрениях, их растворимость;
- 3) особенности взаимодействия удобрений с почвенно-поглощающим комплексом;

4) наличие в удобрениях балластных веществ и отношения к ним сельскохозяйственных культур (Cl, SO₄, Na и т. д.).

Приемы внесения есть не что иное, как сочетание сроков и способов внесения органических, минеральных и бактериальных удобрений, тесно связанных с агротехникой возделывания отдельных культур. Выбранный прием внесения удобрений определяет срок, глубину и пространственное размещение питательных веществ в почве.

Сроки внесения минеральных удобрений

Учитывая периодичность питания растений (критический период и период максимального потребления элементов питания), выделяют три срока внесения удобрений.

В зависимости от времени внесения удобрений и назначения различают следующие сроки:

- 1) основное удобрение (до посева): осеннее и весеннее;
- 2) припосевное (во время посева);
- 3) подкормка (послепосевное внесение удобрений в период роста растений).

Основное удобрение предназначено:

– обеспечивать растение элементами питания на весь период его развития;

– повышать плодородие почвы;

– улучшать физические и физико-химические свойства почвы;

– стимулировать биологическую активность.

Поэтому для подавляющего большинства культур в условиях достаточного увлажнения и орошаемого земледелия оно составляет 60–90 %, а недостаточного увлажнения – 90–100 % общей дозы. В районах с гумидным климатом основное внесение фосфорно-калийных удобрений осуществляют обычно осенью под вспашку, а азотных – весной под предпосевную культивацию. В зонах достаточного увлажнения при промывном типе водного режима почв азотные удобрения с осени вносить нецелесообразно из-за высокой их растворимости и возможного вымывания. В условиях недостаточного увлажнения из-за пересыхания верхней части пахотного слоя почвы имеет преимущество глубокая заделка удобрения до посева под зяблевую вспашку.

Припосевное удобрение вносят одновременно с посевом или посадкой полевых и овощных культур непосредственно в рядки.

Припосевное рядковое удобрение предназначено для удовлетворения потребностей культур в питательных элементах в период прорастания семян до появления полных всходов, поэтому редко превышает 2–10 % общей дозы и представлено водорастворимыми формами. В период от прорастания семян до образования корневой системы всходы слабо усваивают питательные вещества почвы и основного удобрения. Припосевное удобрение позволяет растениям за короткий срок сформировать хорошо развитую корневую систему, улучшает питание растений в течение всего вегетационного периода.

Виды и формы припосевного удобрения predetermined его назначением. В первые две недели после прорастания семян у растений наступает критический период к недостатку фосфора. Поэтому решающее значение в составе рядкового удобрения имеет фосфорное. В то же время проростки семян очень чувствительны к высокой концентрации почвенного раствора. В связи с этим непосредственно в рядки вносят в зависимости от культуры небольшие дозы удобрений (5–20 кг/га д. в.).

Послепосевное удобрение (подкормку) проводят при недостаточном внесении основного удобрения, для улучшения качества продукции, удовлетворения потребностей культур, чаще всего в азоте, реже в калии, в период максимального поглощения их в течение вегетации. На долю этого приема может приходиться 20–30 % общей дозы. В большинстве случаев фосфорно-калийные подкормки вследствие мелкой заделки удобрений неэффективны и ими нельзя заменить основное удобрение. Они целесообразны только на слабо обеспеченных этими элементами почвах при отсутствии или недостаточном внесении основного удобрения, когда симптомы голодания растений обнаруживаются по внешним признакам. Под овощные, кормовые и пропашные культуры на легких почвах наряду с азотными возможны подкормки калийными, а под двумя последними группами культур и жидкими органическими удобрениями.

Подкормки азотными удобрениями обязательны, как правило, для озимых зерновых и многолетних злаковых трав. Вышедшие после перезимовки растения ослаблены, микробиологическая деятельность в почве в этот период заторможена, растения испытывают недостаток азота. При этом внесение мочевины разбросным способом исключается из-за больших газообразных потерь азота при ее разложении. Для повышения эффективности ранневесенних подкормок и уменьшения потерь азота их не следует проводить до полного схода снега и

сброса снеговой воды. Вносить азот под озимые культуры следует весной, когда растения тронутся в рост, при этом наиболее эффективна прикорневая подкормка. Прикорневую подкормку озимых культур проводят при помощи зерновых сеялок с дисковыми сошниками поперек рядков растений после схода снега и подсыхания почвы, чтобы не повредить посевы.

На посевах кукурузы азотную подкормку дают во время первой междурядной обработки, картофеля – через 10–15 дней после всходов.

Способы внесения удобрений

Действие удобрений на урожайность культур определяется не только количеством и качеством минеральных удобрений (химический состав, физическое состояние), но также от способа их внесения в почву.

Способ внесения (заделки) удобрения – это установленная схема размещения питательных элементов удобрения в пахотном слое почвы с помощью посадочных машин, существующих конструкций комбинированных сеялок. Учитывая *характер распределения удобрений по площади*, различают два способа внесения удобрений:

- 1) сплошное (разбросное);
- 2) местное (локальное, рядковое, ленточно-локальное, очаговое, послонное).

Выбор способа внесения удобрений зависит от того, какую задачу ставим мы перед собой – повысить плодородие почвы или удобрить конкретную культуру данного года. Если мы хотим воздействовать на почву, изменить ее во всей массе как среду для питания культурных растений, то должны стремиться к тому, чтобы все частички удобрений были равномерно расположены в почве. Если же вносимое удобрение должно явиться непосредственным источником пищи для растений, то его необходимо распределить в почве таким образом, чтобы оно было легкодоступно активной части корневой системы и в то же время предохранялось от соприкосновения с поверхностью почвенных частиц, так как это может привести к понижению доступности их растению.

При сплошном внесении соответствующая доза удобрения разбрасывается равномерно по всей площади, а затем бороной, культиватором, плугом заделывается в почву и перемешивается с ней. Такой способ расположения удобрений является правильным при примене-

нии органических удобрений и при внесении извести, когда вопрос стоит не только о непосредственном питании растений, но и об улучшении физико-химических и биологических свойств почв как культурной среды для роста и развития растений. Разбросным способом вносятся также слаборастворимые формы удобрений – фосфоритная мука, преципитат, фосфатшлак. Внесение минеральных удобрений осуществляется с использованием рассеивателей центробежного типа: РУ-1600, РУ-7000 А, МТТ-4У; Amazone: ZА-М серии 2АМ или ZС-В7001; Vogballe: М1 или DZ; Bredal: К-45 или К-105, СУ-90. При заделке удобрений под вспашку основное их количество размещается на глубине 9–20 см, в результате чего оно малодоступно растениям в начале вегетации (рис. 2).

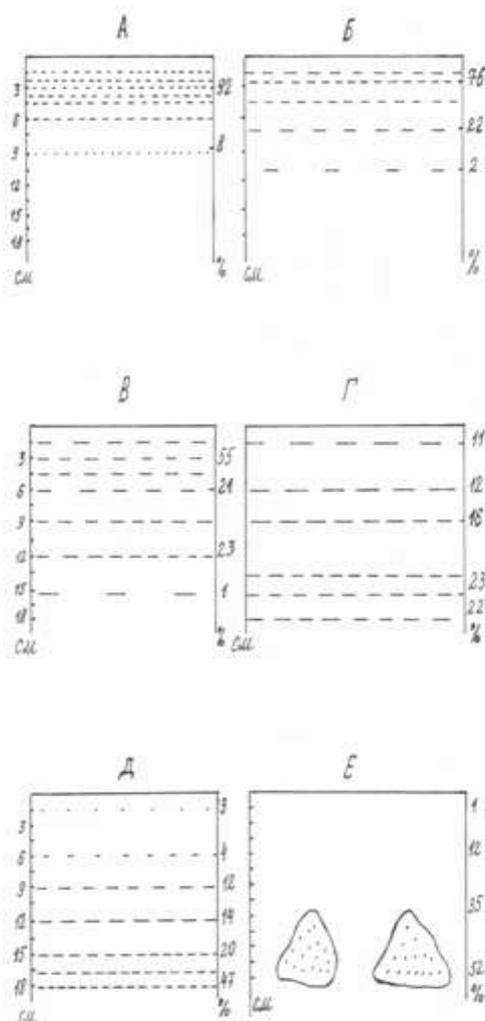


Рисунок 2 – Размещение основного удобрения при разных способах его заделки: А – легкой бороной; Б – тяжелой бороной; В – культиватором; Г – плугом; Д – плугом с предплужником; Е – культиватором-растениепитателем

При заделке культиваторами и дисковыми боронами 50–90 % удобрений находится в поверхностном 3-сантиметровом слое почвы, который быстро пересыхает, и питательные вещества удобрений плохо используются растением.

Преимущества разбросного внесения удобрений – высокая производительность. Однако недостатков больше. Прежде всего – неравномерность распределения по площади, при которой:

- наблюдается растянутость прохождения фаз развития растений;
- биологическая и хозяйственная зрелость растений наступает не одновременно, сопровождается потерями урожая. Неоднородность по размеру и массе продукции усложняет ее переработку, снижается качество конечной продукции;
- отмечается полосная засоренность и полегание хлебов;
- основная часть удобрений находится в слое 0–4 см, который часто пересыхает, а при заделке под вспашку удобрения смешиваются с большим объемом почвы, что способствует переходу их в труднодоступное состояние;
- при неглубокой заделке происходит выдувание, смыв талыми водами или атмосферными осадками частиц удобрений, что приводит к загрязнению открытых водоемов, грунтовых вод.

Под локальным внесением удобрений имеется в виду размещение их небольшой дозы (10–15 кг д. в./га) в непосредственной близости от семян, клубней или сплошными лентами под рядами растений (или сбоку), или гнездами под каждым растением – рядковое внесение (см. рис. 3).

Тем самым семена от удобрений отделяются прослойкой почвы. Такой способ внесения удобен тем, что молодые проростки растений, весьма чувствительные к повышенной концентрации солей в почвенном растворе, защищены прослойкой почвы, которая предохраняет их от непосредственного соприкосновения с образовавшейся повышенной концентрацией.

Припосевное ленточное удобрение позволяет размещать ленты удобрений на оптимальных и строго выдержанных расстояниях от рядков семян, снижает неравномерность их распределения. Ленты удобрений располагают ниже и сбоку от рядков семян.

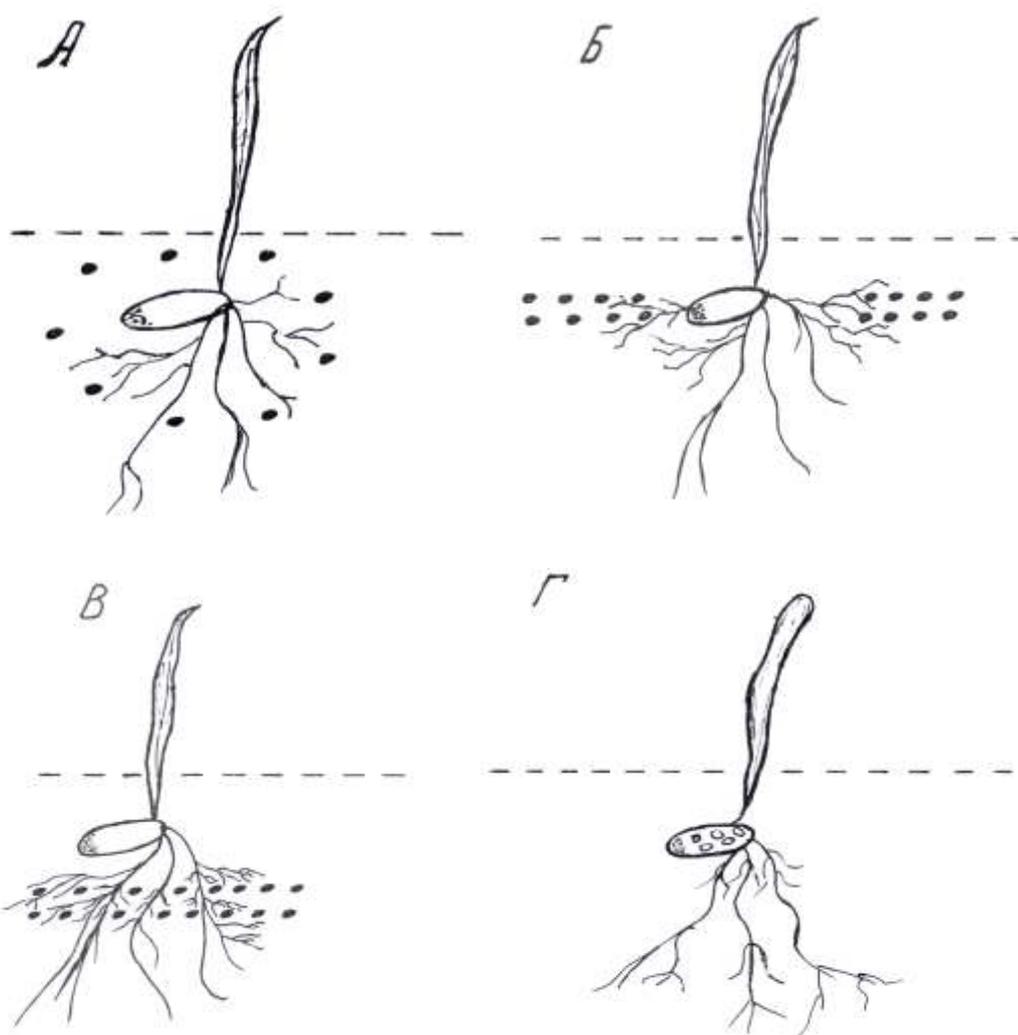


Рисунок 3 – Способы рядкового внесения удобрений:

А – удобрения контактируют с семенами; Б – удобрения изолированы от семян; В – размещение удобрений на 2–4 см ниже семени и сбоку от него; Г – инкрустация семян микроэлементами

Удобрения с семенами не контактируют, они разделены прослойкой почвы. Глубину внесения припосевного ленточного удобрения устанавливают с учетом почвенно-климатических условий. В зоне достаточного увлажнения на суглинистых почвах ленты удобрений располагают на глубине около 3 см ниже уровня размещения семян, на песчаных и супесчаных почвах подтайги и в лесостепи удобрения вносят на 3–5 см, а в засушливой степной зоне – на 5–7 см глубже семян. Смещение ленты удобрения в сторону от ряда семян должно составлять 2–4 см, при узкорядном посеве зерновых (с междурядьями 6–8 см) ленты удобрений размещают посередине междурядья.

При внесении удобрения под пропашные культуры ленты должны смещаться в сторону от ряда на 2–10 см, глубина их посева –

на 2–7 см ниже семян. При больших дозах удобрения его размещают в две ленты по обе стороны от ряда семян.

Локализация удобрений ускоряет появление вторичных корней у зерновых культур. Корни, находящиеся в зоне концентрации элементов питания, обеспечивают интенсивное поглощение фосфора (до 80 % от общего количества) и быстрый его метаболизм. Другие корни, не подвергаясь воздействию высоких осмотических сил, в основном поглощают влагу, обеспечивая растениям засухоустойчивость. Происходит специализация отдельных зон корневой системы, и она имеет особое значение для скороспелых сортов. Потребление влаги при локализации удобрений снижается на 10–15 %, эффективность удобрений меньше зависит от погодных условий, а это особенно важно в земледельческих зонах, где в период всходы → кущение наблюдается засушливость. Удобрения, внесенные близко к корням молодого растения, позволяют последнему быстро пойти в рост. Это важно для того, чтобы посевы достигли такой фазы роста, когда им менее угрожают вредители или болезни, когда они более успешно могут соревноваться с сорняками.

Преимущество местного внесения по сравнению со сплошным состоит в том, что:

- снижается связывание подвижного фосфора почвой в результате сокращения поверхности соприкосновения гранул с почвой;
- располагаясь на определенном оптимальном расстоянии относительно корней, оно лучше используется ими и оказывается значительно эффективнее;
- локализация микроудобрения путем предпосевной обработки семян растворами борной кислоты, молибденовокислого аммония, медного купороса, кроме физиологического значения, позволяет упростить, удешевить их применение.

Классификация приемов локального внесения удобрений

Известны разнообразные модификации локального внесения удобрений. Они различаются *назначением* вносимого удобрения (основное, стартовое и подкормка), *сроком его применения* (до посева, одновременно с ним или после посева) и параметрами его размещения в почве, т. е. *формой и взаимным расположением очагов удобрений* (экраном – сплошным слоем, непрерывными или пунктирными лентами, разрозненными гнездами).

Локальное внесение основного удобрения обычно проводят до посева или одновременно с ним. Основное удобрение, вносимое одновременно с посевом зерновых культур, высевают в общий рядок с семенами или размещают в почве лентой сбоку и ниже рядка семян. Первый способ требует ограничения дозы удобрения, так как размещение большого количества растворимых солей в контакте с семенами может снизить их всхожесть, особенно при недостаточной влажности почвы. Второй способ более универсален и эффективнее первого, так как он исключает отрицательное действие высокой солевой концентрации на семена и проростки, обеспечивает благоприятные условия для роста корней в ленте удобрений.

Для внесения основного удобрения в общий рядок с семенами используют зернотуковые сеялки СЗ-3,6, СЗУ-3,6, СЗП-3,6. В настоящее время в сельском хозяйстве Красноярского края широкое применение находят пневматические централизованные высевающие системы (ПЦВС), которые обеспечивают снижение металлоемкости и повышение производительности. Универсальные посевные комплексы с одновременным внесением гранулированных удобрений: Agrator DK, Agrator-Ancer, сеялка CaseIH (FlexiCoil) FlexHoeATX400 39FT (12 м) + пневмобункер PrecisionAir 2230, «Кузбасс», Kernel and Accord Insider-12-6000, широкозахватный посевной комплекс Horsch, Horsch Pronto 6 DC, «Томь-10», Johndeere-1830/1835. При рядовом посеве семян с междурядьями 15 см доза калия в удобрении не должна превышать 30 кг, азота в аммонийной и нитратной форме – 25–30 кг, а в форме мочевины – 15–20 кг, фосфора – 40–60 кг на 1 га. При узкорядном и перекрестном севе допускается увеличение указанных доз в 1,5–2 раза, если обеспечивается равномерное распределение удобрений между всеми рядками семян. Вместо тукосмесей целесообразно использовать гранулированные комплексные удобрения (нитрофос, нитрофоску, нитроаммофоску), которые более качественно высеваются туковыми аппаратами сеялки. Оптимальные условия для появления всходов, минерального питания и развития зерновых культур обеспечиваются размещением лент основного удобрения на 2–4 см в сторону от рядка семян на глубину, устанавливаемую с учетом почвенно-климатических условий.

В отдельных случаях возможно проводить внесение удобрения сразу после посева или при появлении всходов, обозначении рядков растений. Наиболее эффективно припосевное внесение удобрений.

Припосевное ленточное внесение основного удобрения позволяет расположить все рядки семян на оптимальных расстояниях от лент удобрения и тем самым уменьшить неравномерность в минеральном питании и развитии отдельных растений.

Стартовое (рядковое) удобрение вносят в рядки семян или близко к ним одновременно с посевом, используя для внесения машины ППМ-Обь-43Т, СКП-2,1 «Омичка», СЗС-2,1. Назначение стартового удобрения – усилить минеральное питание растений в период от прорастания семян до образования корневой системы, способной усваивать питательные вещества из почвы и основного удобрения. Стартовое удобрение соответственно его назначению применяют небольшими дозами (до 20 кг N, P₂O₅, K₂O на 1 га) и размещают в почве в непосредственном контакте с семенами или на расстоянии не более 2–3 см от них. Используемые для этого удобрения должны быть хорошо растворимыми в воде и легкоусвояемыми для растений. Потребность молодых растений в фосфоре преобладает над потребностью в азоте. Поэтому в составе стартового удобрения решающее значение имеет фосфор. Азот и калий включают в стартовое удобрение только в тех случаях, когда почвенные запасы этих элементов недостаточны, а основное удобрение не применялось или внесено разбросным способом с заделкой на большую глубину и позиционно недоступно слаборазвитым корням молодых растений. Стартовое удобрение, содержащее азотные и калийные соли или повышенные дозы фосфатов, необходимо отделять от семян небольшой (2–3 см) почвенной прослойкой. Это обеспечивается комбинированными сошниками кукурузных, свекловичных сеялок.

Подкормку проводят в период вегетации растений. При этом удобрения вносят вразброс (поверхностная подкормка) или локально (прикорневая подкормка). Подкормка вегетирующих растений прикорневым способом широко применяется на всех пропашных и озимых зерновых культурах. Прикорневую подкормку озимых зерновых культур проводят весной после схода снежного покрова практически по «спелой» почве, т. е. спустя 5–10 дней после схода снега, без существенного повреждения посевов и поверхности почвы (см. рис. 4).

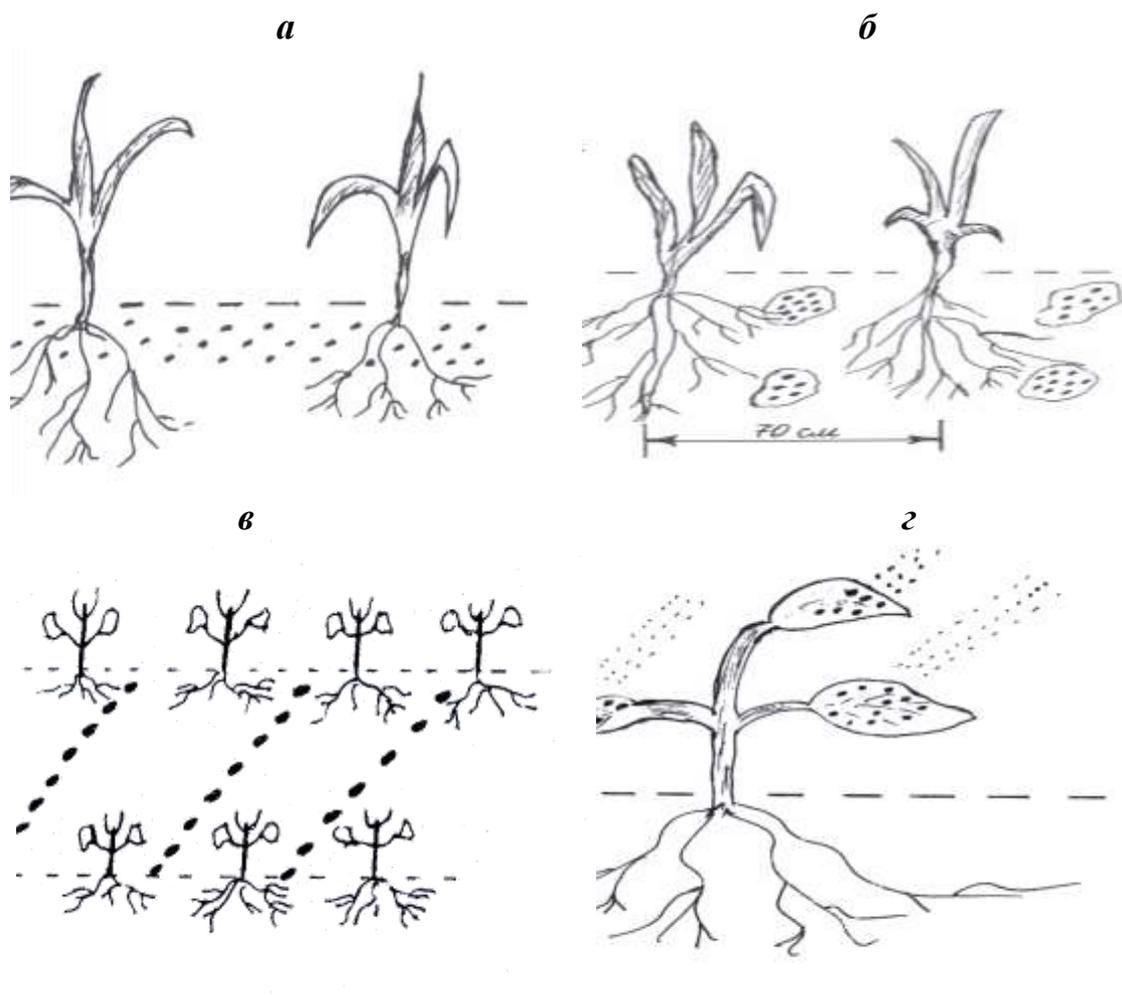


Рисунок 4 – Способы внесения подкормок: а – рассев по поверхности; б – локально, при междурядной обработке; в – прикорневой способ поперек рядков; г – некорневые опрыскивания

Доза азота для такой подкормки – 30–40 кг д. в., лучшая форма удобрения – аммиачная селитра (нитратный азот быстро включается в процессы синтеза веществ, а аммонийный удерживается в составе почвенного поглощающего комплекса и используется некоторое время спустя). Прикорневая подкормка озимых культур может выполняться зернотуковыми сеялками всех марок, оснащенные дисковыми сошниками. Лучшую заделку удобрений обеспечивают однодисковые сошники сеялки СЗО-3,6. Это обосновывается тем, что удобрения в таком случае попадают сразу же в зону расположения корневой системы, что исключает возможность газообразных потерь азота и снижает вероятность миграции азота по профилю почвы.

Экраным способом (сплошным слоем) вносят основное фосфорное удобрение под зерновые культуры при плоскорезной обработке почвы в засушливой степной зоне. При этом плоскорезную (безотвальную) обработку почвы следует производить одновременно с внесением удобрений на глубину 12–16 см.

Некорневая (листовая) подкормка макроудобрениями ранее была распространена на зерновых культурах для повышения качества белка, при концентрации удобрения в растворе не выше 10–15 % и норме расхода жидкости 200–300 л/га. В настоящее время этот вид подкормки широко применяется в сельскохозяйственной практике и используется не только как азотная подкормка, но и рассматривается как способ повышения урожайности. Важно помнить, что путем обработки листа раствором невозможно дать ту дозу элементов питания, которая необходима для построения определенного количества урожая. Самое подходящее для этого удобрение – мочевины. Учитывая, что, по сути, эта форма удобрения – органическое вещество, концентрацию раствора для обработки вегетирующих растений можно увеличить вдвое и довести до 20 %.

Наиболее распространенным способом внесения микроудобрений в настоящее время является именно внекорневая подкормка, что позволяет избежать нежелательного взаимодействия элементов с почвенным раствором, дает возможность быстрого реагирования в условиях недостатка и с экологической точки зрения является более благоприятным, чем внесение в почву. Однако эффект от листовой подкормки растений комплексными микроудобрениями будет определяться рядом условий, среди которых можно назвать состав удобрения, свойства смеси для проведения подкормки, биологическую характеристику культуры, технологию внесения листового удобрения и ряд хозяйственно-организационных факторов. Важнейшим условием является своевременность внесения. В производственной практике внесение микроэлементов чаще всего приурочивается к внесению средств защиты растений. Но эти сроки не всегда отвечают критическим фазам роста и развития растения, его реальным потребностям в элементах питания.

5.8. Технология применения минеральных удобрений

Транспортировка и внесение удобрений

Агротехнические требования

При внесении твердых минеральных удобрений особое внимание уделяют правильной организации и полной механизации работ, соблюдению сроков и доз внесения удобрений.

Вносить удобрения необходимо в агротехнические сроки, соблюдать установленные дозы высева, равномерно распределять удобрения в почве или на поверхности поля. Неравномерность распределения при поверхностном внесении удобрений по всей площади поля не должна превышать 25 % для кузовных машин и 15 % – для туковых сеялок.

Не допускаются разрывы между смежными проходами машин и необработанные участки поля.

Перекрытие в стыковых проходах должно составлять 5 % от ширины захвата агрегата.

Поворотные полосы засевают удобрениями с той же дозой высева, что и основное поле.

Влажность вносимых минеральных удобрений должна обеспечивать нормальную работу дозирующих устройств. Максимальное отклонение влажности от стандартной – не более 2 %.

Выбор технологических схем

В зависимости от наличия машин, расстояния доставки удобрений в поле, дозы внесения и других факторов используют следующие технологические схемы работы агрегатов: *прямоточную, перегрузочную и перевалочную* (см. табл. 17).

Прямоточная технология предусматривает внесение удобрений по схеме «склад – машина для внесения – поле».

Таблица 17 – Основные операции и комплексы машин, применяемые при различных технологических схемах внесения минеральных удобрений

Схема внесения удобрений	Операция	Машины и оборудование
Прямоточная	Загрузка на складах	Погрузчики ПФ-0,75, ПФП-1,2, ПЭ-0,85 Машины 1 РМГ-4, НРУ-0,5, РУМ-8, КСА-3 Amazone: ZA-M серии 2-AM или ZC-B7001; Voqballe: M1 или DZ; Bredal: K-45 или K-105 или комбинированным агрегатом с пневмоподачей туков: СУ-900
	Транспортировка и внесение	
Перегрузочная	Загрузка на складах	Погрузчики ПФ-0,75, ПЭ-0,85, ПФП-1,2 Транспортные перегрузочные средства САЗ-3502, ЗАУ-3 (УЗСА-40)
	Транспортировка и перегрузка в машины для внесения	
	Внесение	Машины РУМ-8, 1 РМГ-4, РТТ-4,2, НРУ-0,5 РУ-1600, РУ-7000А, МТТ-4У; Amazone: ZA-M серии 2-AM или ZC-B7001; Voqballe: M1 или DZ; Bredal: K-45 или K-105 или комбинированным агрегатом с пневмоподачей туков: СУ-900
Перевалочная	Загрузка на складах	Погрузчик ПФ-0,75, ПФП-1,2, ПЭ-0,85 Автомобили-самосвалы и тракторные самосвальные прицепы общего назначения
	Транспортировка и выгрузка удобрений в кучи	
	Загрузка машин для внесения	Погрузчики ПФ-0,75, ПЭ-0,85, ПФП-1,2, ЗАУ-3 (УЗСА-40)
	Внесение	Машины РУМ-8, 1 РМГ-4, РТТ-4,2, НРУ-0,5, РУ-1600, РУ-7000А, МТТ-4У

Приготовленные на складе к внесению удобрения загружают погрузчиком в кузов разбрасывателя, который доставляет их в поле и распределяет по поверхности удобряемого участка. Туки транспортируют и разбрасывают одним и тем же агрегатом. Это снижает потери удобрений и простои агрегата по организационным причинам, кроме того, отпадает необходимость в дополнительных погрузочных и транспортных средствах.

По перегрузочной схеме «склад – транспортировщик – перегрузчик – машина для внесения – поле удобрения», подготовленные к внесению на складе, загружают погрузчиком в транспортно-перегрузочные средства, доставляют их в поле и затем перегружают в кузов машины для внесения. Машина при этом работает только на внесении, благодаря чему резко повышается производительность агрегата. Для доставки удобрений в поле и перегрузки их в кузовные разбрасыватели применяют специальные автопогрузчики, а также автомобили-самосвалы с предварительным подъемом кузова. Вносить удобрения по перегрузочной технологии можно с использованием обычных автосамосвалов при наличии в поле передвижной эстакады.

Перевалочная технология предусматривает внесение удобрений по схеме «склад – автосамосвал – перегрузочная площадка – машина для внесения – поле». Минеральные удобрения загружают на складе погрузчиками в автомобили-самосвалы или тракторные прицепы самосвальные, которые доставляют туки в поле и разгружают их на краю удобряемого участка на специально подготовленную площадку. Из куч удобрения загружают тракторным погрузчиком в машины для внесения, которые работают только на этом процессе. Перевалочная технология позволяет провести часть работ по доставке удобрений в поле до агротехнических сроков их внесения, но требует дополнительных транспортных и погрузочных средств.

Прямоточная и перегрузочная технологические схемы работ машин наиболее экономически выгодные и обеспечивают полную механизацию работ.

Прямоточная схема может быть рекомендована при работе кузовных машин для внесения, если места хранения удобрений расположены в пределах эффективного радиуса их использования (см. табл. 18). При больших радиусах применяют перегрузочную и перевалочную схемы.

Перевалочную технологическую схему применяют при отсутствии специальных перегрузочных средств типа САЗ-3502, эстакад, УЗСА-40.

Таблица 18 – Предельные радиусы перевозки минеральных удобрений кузовными машинами при внесении их по прямоточной технологии (площадь обрабатываемого поля 30 га)

Доза внесения удобрений, т/га	1 РМГ-4	РУМ-8	КСА-3
0,1	28,0	45,0	61,1
0,2	14,0	22,0	44,7
0,3	10,0	14,0	30,4
0,4	7,6	11,0	25,1
0,5	6,5	8,0	19,3
0,6	5,5	6,1	18,8
0,7	5,0	6,0	17,0
0,8	4,9	5,0	16,2
0,9	4,5	4,9	14,3
1,0	4,0	4,0	13,7

Внесение удобрений

Подготовка поля

1. Поле освобождают от препятствий, мешающих нормальной работе агрегатов. Неустранимые и малозаметные препятствия (глубокие ямы, канавы, овраги) ограждают или отмечают предупредительными знаками и об этом заранее сообщают трактористу.

2. Перед началом работ выбирают целесообразную схему работы машин и устанавливают наиболее выгодное направление рабочих ходов агрегатов, учитывая состояние поверхности почвы. Движение агрегата должно совпадать с направлением предшествующей вспашки или движением уборочных машин.

3. При выбранном направлении движения агрегата на поле отмечают поворотные полосы и провешивают линию первого прохода. Ширину поворотной полосы выбирают в зависимости от состава агрегата и способа движения. В тех случаях, когда повороты агрегата можно делать за пределами поля, поворотные полосы не отбивают.

4. При выборе длины гона учитывают, что машины для внесения минеральных удобрений относятся к группе машин с ограниченным запасом рабочего хода, так как их емкости требуют периодической загрузки. Наилучшие условия для работы агрегатов создаются, когда запас рабочего хода (длина пути, проходимого агрегатом в рабочем

положении между двумя очередными загрузками) достаточен на движение агрегата до конца гона и обратно. Запас рабочего хода агрегата зависит от дозы внесения удобрений рабочей ширины разбрасывания.

5. Для каждого из указанных случаев в зависимости от технологической схемы работы машин существуют свои наиболее целесообразные варианты разбивки поля.

6. При подготовке поля для работы по прямоточной технологии руководствуются общими требованиями. Кроме того, при разметке поля, у которого длина гона примерно равна запасу рабочего хода, учитывают состояние подъездных путей и расположение поля относительно места заправки. Если место заправки находится в направлении движения агрегата, то поле разбивают на два участка и обрабатывают сначала один участок, а затем другой. При этом длина участка должна составлять половину запаса рабочего хода. Если место заправки расположено в направлении, перпендикулярном движению агрегатов, и имеются подъездные пути к обоим концам поля, то его на участки не разбивают, а агрегат заезжает на поле с одного из его концов, движется до противоположного конца поля, затем подъезжает к месту заправки, и процесс повторяется. В этом случае длина обрабатываемого участка должна быть равной запасу рабочего хода агрегата.

7. При работе разбрасывателей по перегрузочной схеме с использованием перегрузчиков типа САЗ-3502 подготовка поля и выбор способов движения агрегатов зависят не только от соотношения длины гона и пути разбрасывания, но и от способности перегрузчиков передвигаться по полю. Если перегрузчики могут свободно проходить по полю, его размечают, руководствуясь общими требованиями к разметке полей, а агрегаты заправляют в различных местах.

Если движение перегрузчиков по полю затруднено, то агрегаты заправляют на границах поля, а само поле размечают в соответствии с требованиями по подготовке полей для прямоточного способа работы, исходя из соотношения длины гона к запасу рабочего хода агрегата.

8. При работе машин по перевалочной технологической схеме руководствуются общими требованиями к разметке полей, учитывая соотношение длины гона к запасу рабочего хода и место расположения заправки, как и по прямоточной схеме.

Работа агрегатов на загоне

1. Перед началом работы агрегат переводят из транспортного положения в рабочее. При необходимости опускают ветрозащитное устройство до горизонтального положения и располагают агрегат на поворотной полосе по линии первого прохода, обозначенной вешками. Включают разбрасывающие рабочие органы.

2. Выбор способа движения агрегатов зависит от размера поля и эксплуатационных данных машин, входящих в состав агрегата. Основным способом движения односеялочных агрегатов, кузовных и навесных центробежных машин – челночный. Вследствие большой рабочей ширины захвата центробежных машин трактористу трудно выполнить следующий проход агрегата, обеспечив при этом нужное перекрытие. Зная рабочую ширину захвата машины при внесении данного вида удобрений, тракторист ведет агрегат в стороне от следа колес предшествующего прохода на расстоянии, равном половине ширины захвата.

3. На полях с малой длиной гона, а также при работе широкозахватных агрегатов (трех-, четырех- и пятисеялочных) целесообразен загонный способ движения как наиболее выгодный. В этом случае сокращается ширина поворотной полосы по сравнению с челночным способом примерно на 30–40 %.

4. В процессе работы агрегат необходимо вести прямолинейно с перекрытием предыдущего прохода и сохранением постоянного интервала между смежными проходами. Скорость движения агрегата при внесении удобрений машиной РУМ-8 должна быть постоянной и соответствовать той, при которой проводилась регулировка на дозу внесения.

5. При работе с машинами 1 РМГ-4 и КСА-3 допускается маневрирование скоростями.

Контроль и оценка качества

Контроль и оценку качества работ по внесению минеральных удобрений проводят при настройке агрегатов периодически в процессе выполнения работы, а также при приемке-сдаче после окончания работ. Оценка качества внесения удобрений приведена в таблице 19.

Таблица 19 – Оценка качества внесения удобрений

Показатель	Способ замера	Градации нормативов	Балл
Отклонение от дозы внесения, %	Включают подающий механизм для заполнения высевной щели. После этого подстилают или подвешивают брезент и в течение 1 минуты машину прокручивают. Высеянные удобрения взвешивают. Операцию повторяют не менее трех раз	До ±5 До 10 Более 10	3 2 0
Неравномерность высева удобрений, %	Противни расставляют на ширину рабочего захвата агрегата. Удобрения, собранные с каждого противня, взвешивают, и результаты заносят в ведомость. Операцию повторяют не менее трех раз	До 10 До 25 Более 25	3 2 1
Перекрытие стыковых проходов, % от ширины захвата	Не менее трех раз вешкой отмечают ширину первого прохода, замером определяют ширину второго прохода	До 3 До 5 Более 5	3 2 0

Комиссия проверяет объем и качество выполненных работ и составляет акт.

5.9. Технологии внесения жидких удобрений

Выбор наиболее рациональных технологий внесения жидких удобрений является важным фактором, определяющим эффективность их использования, доступность питательных веществ для корневых систем растений, оптимальную дозировку, номенклатуру используемых технических средств.

Применяемые в настоящее время технологии внесения жидких удобрений различаются по способу внесения удобрений, удаленности полей и технологическим схемам его выполнения [Соловьева, 2010].

В зависимости от способа выполнения основной технологической операции – внесения – различают поверхностное и внутрипочвенное распределение жидких удобрений.

Поверхностное сплошное внесение осуществляется с помощью штанговых опрыскивателей или специализированных машин.

Из жидких азотных удобрений для поверхностного внесения пригодны растворы, применяемые при обычном давлении (ЖКУ, КАС, аммиакаты). Они могут разбрызгиваться по поверхности почвы или, при точном учете их концентрации, а также стадии развития растений, даже на посевах. Поверхностным способом нельзя вносить жидкий и водный аммиак.

Поверхностный способ является наименее эффективным и экономичным, так как машины неравномерно распределяют удобрения по участку поля, в результате чего может произойти неравномерный рост и созревание растений и связанная с этим пестрота урожая, снижение его качества. Наряду с этим при сплошном поверхностном внесении минеральных азотных и жидких органических удобрений происходят значительные потери азота из-за вымывания, денитрификации и освобождения газообразного аммиака (до 15–40 %).

Более рационально *поверхностное локальное* внесение удобрений – их распределяют по поверхности почвы концентрированными очагами, преимущественно в виде лент различной ширины, после чего заделывают в почву различными почвообрабатывающими орудиями. Наиболее рациональным и экологически безопасным способом внесения жидких удобрений является *локальный внутрипочвенный*. В соответствии с агротехническими требованиями при его использовании фактическая средняя доза удобрения должна отличаться от заданной не более чем на $\pm 10\%$.

Поверхностное внесение жидких минеральных удобрений (КАС, ЖКУ, водный аммиак) может осуществляться по прямоточной, перевалочной и перегрузочной технологиям (рис. 5).

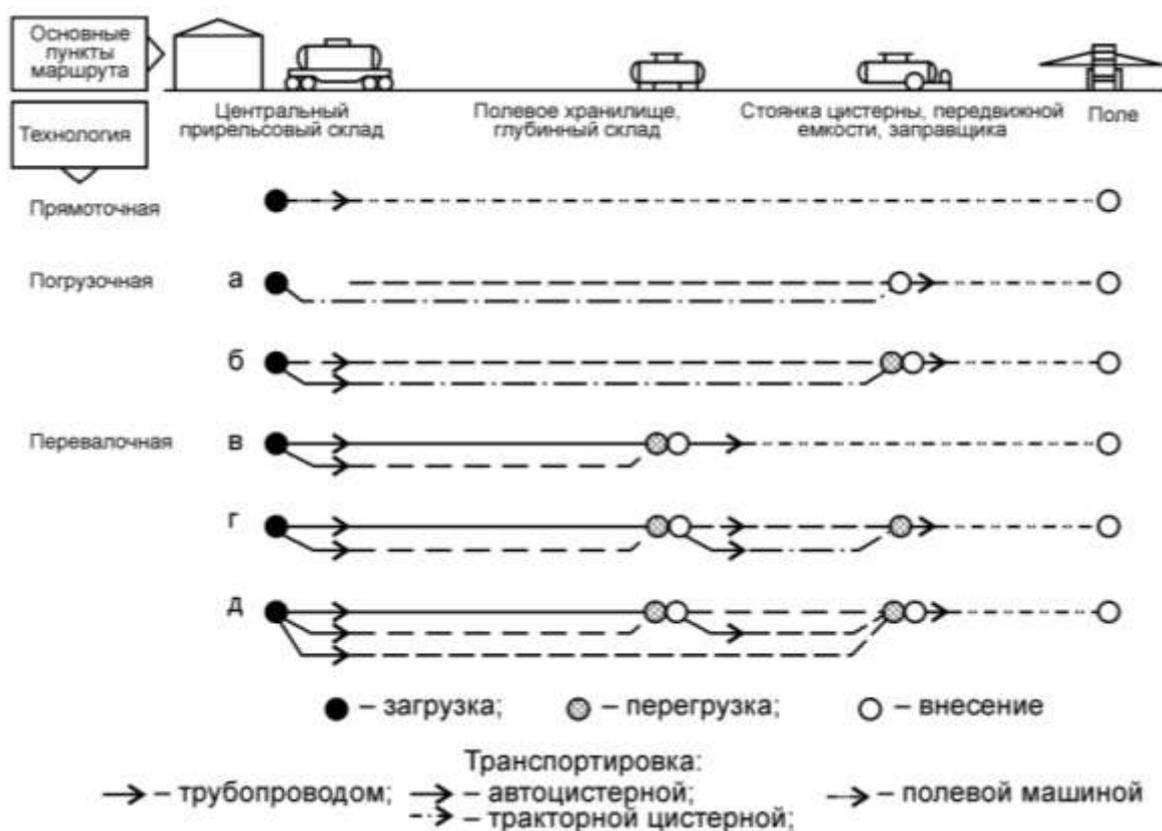


Рисунок 5 – Технологическая схема транспортировки и внесения ЖКУ и ЛАС

Для внутрипочвенного (локального) внесения таких удобрений используют перегрузочную и перевалочную технологические схемы. При *прямоточной* схеме на центральном складе удобрений ЖМУ загружают в машину, транспортируют до обрабатываемого поля и вносят на поверхность почвы или внутрипочвенно. Ее целесообразно использовать, когда расстояние от склада до поля не превышает 3–4 км при поверхностном и 5–10 км при внутрипочвенном внесении удобрений.

Перегрузочная схема. Жидкие удобрения после доставки на поле перегружают из транспортной емкости в машины для внесения ЖМУ. Рекомендуется применять при расстоянии от склада до поля 10–15 км.

Перевалочная схема. ЖМУ, доставляемые из центрального склада большегрузными транспортными средствами или по трубопроводу, перегружают в стационарное или передвижное полевое хранилище. Машины для внесения ЖМУ заправляются самостоятельно или с помощью промежуточного перегрузчика (заправщика). Перевалочную технологию целесообразно применять на больших

площадях, так как на малых участках нужно часто передвигать емкости с одного поля на другое.

Для жидкого аммиака в связи с особенностями его физико-химических свойств наиболее экономически выгодной считается работа по схеме: завод – автоцистерна – поле. Однако работа по этой схеме требует более четкой организации труда как по доставке, так и по внесению удобрений. Она применяется при радиусе транспортировки удобрений не более 40 км. При увеличении зоны обслуживания от 40 до 100 км используют схему с глубинным складом: завод-автоцистерна – глубинный склад – тракторная цистерна – поле.

Однако большинство потребителей удалены от заводов-поставщиков на расстояние более 100 км, что повышает оптимальные радиусы автомобильных перевозок, поэтому основной объем работ выполняют по схемам:

- завод – железнодорожная цистерна – прирельсовый склад – тракторная цистерна (автоцистерна) – поле;
- завод – железнодорожная цистерна – прирельсовый склад – автоцистерна – глубинный склад – тракторная цистерна – поле.

Технические средства для внесения жидких удобрений

Конструкция технических средств для внесения жидких минеральных удобрений зависит от их вида, способов агрегатирования и внесения удобрений относительно поверхности почвы.

Для поверхностного внесения ЖМУ могут использоваться самоходные, прицепные и навесные штанговые опрыскиватели, специализированные самоходные и прицепные машины.

С учетом современных требований сельскохозяйственного производства для сплошного поверхностного внесения ЖМУ используют самоходные опрыскиватели на базе вездеходов или универсальных энергетических средств (САХ-2, САХ-3, САХ-6, ОПШ-0,5, «Рубин-4», «Варяг», «Ботаник»), оснащенных шинами сверхнизкого давления, что позволяет существенно снизить уплотнение пахотного слоя почвы и расход топлива, обеспечить возможность высокопроизводительной работы на более ранних стадиях роста сельскохозяйственных культур.

Внутрипочвенное внесение ЖМУ совмещается с операциями по основной обработке почвы или с посевом сельскохозяйственных

культур. В связи с этим агрегаты для внесения ЖМУ состоят из емкости для жидких удобрений, посевного или почвообрабатывающего агрегата и специального подкормочного приспособления. Среди последних моделей машин следует отметить подкормщик ПТ-480, культиватор КЛ-4,2 с оборудованием для ленточного внесения жидких удобрений, удобрительные комплексы УКМТ к комбинированным посевным агрегатам «Дончанка», подкормщики жидкими удобрениями серии ПЖУ ООО «Агрохиммаш».

Для реализации технологии ленточного внесения жидкого безводного аммиака предлагается использовать комбинированные агрегаты серий Dalton, HardiMasterVNY/Z, HardiCommanderClassic, отвечающие современным требованиям по щадящей обработке почвы, оснащенные инжекторами для внесения аммиака, регуляторами-дозаторами, датчиками расхода безводного аммиака и датчиком скорости.

Определение потребности в машинах для внесения удобрений

Необходимое количество машин для внесения удобрений определяют по формуле

$$M = S : (H \times K \times D),$$

где S – объем работы – удобряемая площадь, га;

H – сменная выработка, га;

K – коэффициент сменного использования машин (для напряженного периода = 1,5);

D – продолжительность периода внесения, дни.

Пример расчета: в хозяйстве машиной 1-РМГ-4 необходимо внести минеральные удобрения на площади 1750 га по 8,5 ц/га. Машина работает по 1,5 смены ($K = 1,5$). Продолжительность внесения удобрений 20 дней. Сменная норма выработки 16 га.

$$M = 1750 : (16 \times 1,5 \times 20) = 3,6 \text{ машины.}$$

Учитывая, что работа разбрасывателя ненадежная, следует использовать 4 машины.

6. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ

Применение удобрений в сельском хозяйстве должно быть экономически выгодным и энергетически целесообразным. Эффективность удобрений устанавливают путем проведения полевых и производственных опытов в типичных почвенно-климатических условиях для конкретной территории. Различают агрономическую, экономическую и энергетическую эффективность удобрений.

6.1. Агрономическая эффективность удобрений

Агрономическая эффективность – это оплата единицы удобрений полученной прибавкой товарной продукции (или хозяйственного урожая) культуры (или севооборота) в конкретных почвенно-климатических условиях. В севооборотах ее выражают в кормовых или зерновых единицах.

По обобщенным данным многолетних полевых опытов установлено, что оплата 1 кг д. в. минеральных удобрений прибавками основной продукции (кг) может варьировать: озимой пшеницы – 3,3–5,5, озимой ржи – 2,3–6,2, яровой пшеницы – 2,0–6,0, ячменя – 2,0–8,2, овса – 2,0–7,0, кукурузы (зерно) – 1,2–7,1, картофеля – 18–47, подсолнечника – 1,8–4,0, овощей – 10–50, плодов и ягод – 10–40.

Эффективность удобрений для каждой культуры при прочих равных условиях зависит от доз и способов их внесения. Оптимальные дозы основного внесения минеральных удобрений обеспечивают в среднем оплату каждого кг удобрений не менее 5 кг зерновых единиц. Следовательно, при определении агрономической эффективности применения удобрений исходят из абсолютных натуральных показателей.

Агрономическая эффективность применения удобрений за ротацию севооборота показывает окупаемость 1 кг действующего вещества удобрений прибавкой урожая в зерновых эквивалентах. Она рассчитывается по формуле

$$O_y = \Pi_y / \Sigma \text{NPK},$$

где O_y – окупаемость урожая в кг зерновых единиц на 1 кг действующего вещества удобрений;

P_y – суммарная прибавка урожая сельскохозяйственных культур за севооборот в зерновых единицах, кг;

ΣNPK – сумма питательных веществ органических и минеральных удобрений за севооборот, кг.

6.2. Экономическая эффективность удобрений

Чтобы определить, насколько целесообразна предложенная система применения удобрений в севообороте, необходимо установить ее экономическую эффективность.

При определении экономической эффективности удобрений исходят не из натуральных показателей, а из сопоставления стоимости произведенной продукции с затратами, выраженными в рублях.

Экономическая эффективность – результат действия удобрений в стоимостных показателях в форме стоимости в средних ценах реализации дополнительной продукции, чистого дохода, окупаемости затрат, повышения производительности труда и снижения себестоимости.

Применяя удобрения, необходимо знать их фактическую эффективность, выявить имеющиеся резервы и экономически обосновать направление и уровень химизации сельского хозяйства на перспективу.

Порядок определения показателей экономической эффективности

Для выявления эффекта от применения удобрений необходимо сопоставить стоимость полученной продукции с затратами на ее производство при использовании удобрений и без них.

При определении стоимости продукции учитывают количество основной продукции: зерно, клубни, корнеплоды, сено, льноволокно, льносемена – и побочной: солома, мякина, ботва и т. д. Обязательно учитывается качество продукции – содержание белка и клейковины в зерне, сахаристость сахарной свеклы, содержание крахмала и товарность клубней картофеля, стандартность овощей и т. п.

Продукция, которая получена за счет удобрений, оценивается по ценам фактической реализации. Урожай кормовых культур и побочной продукции (например, соломы) оценивают через стоимость 1 ц кормовых единиц, которая приравнивается к цене 1 ц овса.

Расчет экономической эффективности использования удобрений в севообороте (табл. 20) производится в среднем на 1 гектар.

Таблица 20 – Экономическая эффективность применения удобрений в севообороте на 1 гектар

№ п/п	Показатель	Числовой результат
1	Прибавка урожая, т	
2	Стоимость 1 т зерна, тыс. руб.	
3	Стоимость минеральных удобрений, тыс. руб.: азотные _____ фосфорные _____ калийные _____ комплексные _____	
4	Затраты на транспортировку, погрузо-разгрузочные работы, хранение и внесение минеральных удобрений, тыс. руб.	
5	Стоимость хранения и внесения _____ т навоза, тыс. руб	
6	Итого затрат по применению удобрений, тыс. руб. (п. 3 + п. 4 + п. 5)	
7	Затраты на уборку дополнительного урожая, тыс. руб.	
8	Всего затрат, тыс. руб. (п. 6 + п. 7)	
9	Чистый доход, тыс. руб. (п. 2 – п. 8)	
10	Рентабельность, % ($\frac{i.9}{i.8} \cdot 100$)	

Закупочные цены на сельскохозяйственную продукцию, стоимость удобрений и затрат на их применение берется по последним данным на момент расчетов из-за высокой динамичности цен на внутреннем рынке.

Чистый доход равен разности между стоимостью прибавки урожая и суммы затрат на приобретение и применение удобрений, а также уборке дополнительной продукции.

Рентабельность – частное от деления чистого дохода на все затраты и умноженное на 100 для перевода показателя в %.

6.3. Оценка энергетической эффективности

Необходимость увеличения производства сельскохозяйственной продукции предполагает непременно увеличение применения удобрений. Это связано с увеличением затрат невозобновляемой энергии. Если исключить энергию солнечных лучей, то производство продук-

тов питания и сырья для промышленности по существу является энергетически убыточным.

Последовательная и неуклонная интенсификация сельского хозяйства на основе дальнейшей механизации, химизации и мелиорации создает базу для совершенствования агротехники сельскохозяйственных культур. В настоящее время многие культуры возделываются по различным технологиям, которые отличаются между собой системами использования машин, видами применяемых удобрений, пестицидов и т. п.

Каждая технология для своего осуществления требует различных совокупных затрат энергии. Например, использование минеральных удобрений и навоза вкладывает в совокупные затраты энергии на технологический процесс разное количество энергии: 1 кг действующего вещества азотных удобрений оценивается в 86,6 МДж, фосфорных – 12,6 МДж, калийных – 8,3 МДж. Те же элементы питания в навозе крупного рогатого скота оцениваются соответственно в 40,0, 8,0 и 6,0 МДж на 1 кг д. в.

Кроме того, в настоящее время агрономическая наука применительно к условиям различных зон разрабатывает приемы и системы минимальной обработки почв. Установлено, что ежегодная отвальная обработка почвы не является необходимым приемом для восстановления плодородия почвы. Рекомендуется для отдельных культур вместо вспашки применять минимальную обработку с одновременным внесением гербицидов. Оценивая этот прием с энергетической точки зрения, следует отметить, что энергоемкость минимальной обработки значительно меньше энергоемкости вспашки, но производство гербицидов отличается высокими затратами энергии до 420 МДж/кг д. в., что может существенно увеличить совокупный расход энергии на минимальную обработку почвы.

Следовательно, чтобы иметь возможность судить о целесообразности внедрения и применения в практике агротехнических приемов и технологии в целом с энергоэкономических позиций, необходимо установить количественную оценку их биоэнергетической эффективности.

Сверх энергии солнца, которая используется в растениеводстве, поставщиком добавочной энергии являются сельхозмашины, которые приводятся в движение энергией природного топлива. На производство сельхозмашин, удобрений, их транспортировку, внесение в почву и т. д. также используется энергия.

Энергия, которую затрачивают на производство материальных средств, в том числе и удобрений, а также то количество энергии, которое накапливается в растениеводческой продукции, принято выражать в джоулях. Джоуль – это единица энергии в Международной системе единиц СИ. Она равна работе, которая производится постоянной силой величиной в 1 ньютон для перемещения точки приложения на 1 м. В земледелии используются величины, которые выражаются в мегаджоулях – МДж. 1 МДж = 1 000 000 Дж.

Энергетическая эффективность (энергетическая отдача или биоэнергетический КПД) применения минеральных удобрений (Э) определяется по формуле

$$\text{Э} = Q / A,$$

где Q – количество энергии, полученной в прибавке основной продукции от удобрений, МДж;

A – энергозатраты на применение удобрений, МДж.

При расчетах используются следующие показатели:

1) теплотворная способность сельскохозяйственных культур (табл. П. 19);

2) затраты энергии: на производство удобрений (табл. П. 20), внесение минеральных и органических удобрений (табл. П. 21, П. 22, П. 23), уборку и подработку дополнительного урожая (табл. П. 24). Результаты расчетов заносятся в таблицу 21.

Таблица 21 – Энергетическая эффективность применения удобрений в среднем на 1 га

Показатель	Единица измерения	Числовой результат
1	2	3
Приход энергии		
Прибавка урожая	т/га	
Теплотворная способность урожая	МДж/кг	
Содержание энергии в прибавке урожая	МДж	
Затраты энергии		
Внесено минеральных удобрений, итого:	т/га	
в т. ч.: азотные	т/га	
фосфорные	т/га	
калийные	т/га	
комплексные	т/га	

Окончание табл. 21

1	2	3
Производство удобрений, итого: в т. ч.: азотные фосфорные калийные комплексные	МДж/га МДж/га МДж/га МДж/га МДж/га	
Транспортировка, погрузо-разгрузочные работы, хранение и подготовка удобрений к внесению	МДж/га	
Внесение минеральных удобрений, итого: в т. ч.: локальное – СЗП-3,6 врезка – СЗС-2,1 поверхностно вразброс – РУМ, РМГ и др.	МДж/га МДж/га МДж/га МДж/га	
Внесено органических удобрений	т	
Производство и хранение органических удобрений	МДж/га	
Погрузка, транспортировка и внесение органических удобрений поверхностно вразброс (РОУ, ПРТ)	МДж/га	
Уборка, транспортировка, подработка дополнительного урожая	МДж/га	
Итого затраты энергии	МДж/га	
Энергетическая оценка		
Биоэнергетический коэффициент (коэффициент возврата энергии)	Ед.	

Общие итоги по биоэнергетической эффективности применения удобрений оцениваются по следующим градациям (табл. 22).

Таблица 22 – Биоэнергетическая оценка применения удобрений

Оценка	Градации	
	Для минеральных удобрений	Для органических удобрений (1-й год действия)
Пониженная	0,5–1,0	0,5–0,9
Средняя	1,0–2,0	0,9–1,5
Высокая	Более 2,0	Более 1,5

На основании изложенного материала по всем разделам курсовой работы пишутся общие выводы. Указываются пути повышения плодородия почв. Дается оценка баланса питательных веществ в хозяйстве. Приводятся рациональные приемы и нормы внесения минеральных удобрений. Дается оценка эффективности применения удобрений.

ЗАДАНИЯ ДЛЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Задания для курсовой работы по агрохимии сгруппированы согласно природно-климатическому районированию по геоморфологическим округам Красноярского края. Земледельческая часть Красноярского края расположена в сложных геоморфологических условиях. Здесь выделяется три геоморфологических страны (провинции): Западно-Сибирская равнина, плоскогорья и низменности Восточно-Сибирского плоскогорья, горы и межгорные котловины Южной Сибири. Эти физико-геоморфологические страны делятся на провинции, области и округа. Под округом понимается орографически обособленная и относительно однородная по рельефу территория. В пределах земледельческой части Красноярского края выделено 9 геоморфологических округов, находящихся в трех физико-географических провинциях (табл. 23).

Таблица 23 – Основные климатические показатели в разных геоморфологических округах Красноярского края (по данным П.И. Крупкина, 2002)

Метеостанция, метеопост	Температура- воздуха, ср. годовая	Даты перехода температуры через			Длина периода с температурой, дни		
		0 °С	+ 5 °С	+ 10 °С	>0 °С	>+ 5 °С	>+ 10 °С
1	2	3	4	5	6	7	8
Южно-Минусинский округ							
Каратуз	-0,5	9.04–22.10	27.04–1.10	19.05–11.09	195	156	114
Ермаковское	+0,6	7.04–24.10	25.04–1.10	15.05–13.09	199	158	120
Идринское	-1,0	13.04–20.10	27.04–2.10	19.05–10.09	189	157	113
Курагино	-0,4	14.04–20.10	22.04–1.10	20.05–12.09	188	154	114
Краснотуранск	-1,6	13.04–20.10	14.04–1.10	18.05–12.09	189	159	116
Минусинск	+0,3	9.04–20.10	23.04–5.10	15.05–15.09	193	163	122
Чулымско-Енисейский округ							
Балахта	-1,5	16.04–16.10	1.05–26.09	26.05–7.09	182	147	103
Легостаево	-0,8	15.04–17.10	1.05–30.09	24.05–8.09	184	151	106
Ужур	-1,2	16.04–15.10	4.05–30.09	26.05–5.09	181	148	101
Крутояр	-0,8	18.04–16.10	5.05–30.09	25.05–8.09	180	147	105
Курбатово	-2,7	19.04–13.10	5.05–26.09	27.05–4.09	176	143	99
Назаровский округ							
Шарыпово	-0,4	14.04–18.10	3.05–5.10	22.05–12.09	186	154	112
Назарово	-0,5	14.04–16.10	1.05–2.10	23.05–8.09	184	153	107
Ачинско-Боготольский округ							
Ачинск	-0,1	14.04–18.10	2.05–2.10	22.05–10.09	186	152	110
Боготол	-0,3	17.04–16.10	5.05–29.09	22.05–10.09	181	146	110
Чернореченская		16.04–17.10	3.05–30.09	24.05–7.09	183	149	105

1	2	3	4	5	6	7	8
Тюхтет	-0,1	14.04–17.10	30.04–30.09	23.05–10.09	185	152	109
Б. Улуй	-0,2	15.04–18.10	2.05–1.10	23.05–10.09	185	151	109
Бирилюссы	-1,0	16.4–14.10	1.05–28.09	24.05–9.09	180	149	107
Кеть-Чулымо-Енисейский округ							
Чульская МСТ	-1,2	16.04–15.10	3.05–28.09	25.05–7.09	181	147	104
Гойда	-1,7	19.04–13.10	8.05–24.09	28.05–4.09	176	138	98
Енисейск	-1,9	19.04–14.10	8.05–28.09	25.05–8.09	177	142	105
Казачинское	-1,7	18.04–14.10	6.05–28.09	26.05–7.09	178	144	103
Пировское	-1,7	18.04–14.10	7.05–26.09	27.05–6.09	178	141	101
Красноярский округ							
Б. Мурта	-1,3	16.04–16.10	4.05–28.09	25.05–7.09	182	146	104
Сухобузимское	-1,2	15.04–16.10	2.05–29.09	24.05–6.09	183	149	104
Красноярск, опытная станция	+0,5	11.04–21.10	30.04–2.10	20.05–12.09	192	154	114
Красноярск, Северный	+0,5	7.04–22.10	26.04–1.10	15.05–15.09	197	157	122
Канско-Рыбинский округ							
Агинское	-0,3	11.04–29.10	2.05–30.09	22.05–8.09	191	150	108
Канск	-0,8	13.04–17.10	2.05–28.09	20.05–11.09	186	148	113
Солянка	-0,3	15.04–15.10	3.05–30.09	24.05–8.09	182	140	106
Ирбейское	-1,3	15.04–17.10	2.05–28.09	23.05–8.09	184	148	107
Ключи	-0,1	14.04–16.10	5.05–29.09	21.05–10.09	184	146	111
Шало	-0,7	15.04–16.10	4.05–28.09	24.05–5.09	183	146	103
Дзержинское	-1,7	17.04–14.10	7.05–26.09	22.05–8.09	179	141	108
Абан	-1,3	17.04–16.10	6.05–27.09	24.05–9.09	181	143	107
Долгий Мост	-2,0	18.04–19.10	7.05–24.09	25.05–6.09	176	139	103
Уяр	-0,6	13.04–17.10	3.05–29.09	22.05–8.09	180	148	108
Троицкое	-2,6	19.04–12.10	9.05–24.09	25.05–3.09	175	137	100
Чуно-Бирюсинский округ							
Гонда	-2,5	19.04–10.10	9.05–24.09	31.05–2.09	173	137	93
Богучаны	-2,6	19.04–13.10	9.05–26.09	27.05–9.09	176	139	104
Кежма	-4,3	23.04–9.10	11.05–23.10	11.05–5.09	168	134	96
Климино	-3,5	23.04–11.10	10.05–25.09	26.05–8.09	170	137	104
Приангарский округ							
Мотыгино	-2,4	21.04–13.10	11.05–27.09	28.05–7.09	174	138	101

Кеть-Чулымо-Енисейский природный округ

Енисейский район, СПК им. Калинина

Сельхозугодья – 10,72 тыс. га.

Пашня – 6,52 тыс. га.

Полевой севооборот на серой мощной со вторым гумусовым горизонтом среднесуглинистой почве – 6,0 тыс. га.

Номер поля	Культура	Гумус, %	рН (KCl)	ЕКО	Н _г	N-NO ₃ мг/кг	P ₂ O ₅	K ₂ O
				ммоль /100 г			мг/100 г	
1	Пар сидеральный	3,5	5,1	25,2	7,1	9,5	20,0	7,0
2	Пшеница	3,3	5,1	24,0	7,3	14,1	19,8	11,0
3	Ячмень	3,2	5,2	26,0	7,3	13,2	19,1	9,8
4	Картофель	3,2	5,1	28,0	7,1	9,8	17,5	11,8
5	Пшеница	3,3	5,0	23,0	6,6	10,8	19,5	12,1
6	Овес	3,4	5,0	25,0	6,6	8,9	13,8	9,0

Кормовой севооборот на серой лесной мощной глубоковскипающей тяжелосуглинистой почве – 0,32 тыс. га.

Номер поля	Культура	Гумус, %	рН (KCl)	ЕКО	Н _г	N-NO ₃ мг/кг	P ₂ O ₅	K ₂ O
				ммоль /100 г			мг/100 г	
1	Подсолнечник, з. м.	4,8	5,7	35,0	3,2	9,1	14,1	16,0
2	Пшеница	5,1	5,9	32,0	3,8	8,2	16,0	17,0
3	Рапс, з. м.	5,3	5,9	28,0	3,0	10,1	13,0	17,0
4	Ячмень	5,5	5,6	33,0	3,4	9,3	17,0	16,0

Казачинский район, СХА колхоз «Заветы Ленина»

Сельхозугодья – 10,7 тыс. га.

Полевой севооборот на темно-серой оподзоленной тяжелосуглинистой почве – 6,0 тыс. га.

Номер поля	Культура	Гумус, %	рН (KCl)	ЕКО	Н _г	N-NO ₃ мг/кг	P ₂ O ₅	K ₂ O
				ммоль /100 г			мг/100 г	
1	Клевер	5,5	5,4	34,0	5,6	9,5	5,6	10,5
2	Клевер	5,5	5,5	34,0	5,3	14,1	5,8	11,0
3	Пшеница	5,6	5,5	33,8	5,3	13,2	6,1	9,8
4	Горох + овес	5,6	5,4	33,8	5,5	9,8	6,5	11,8
5	Пшеница	5,5	5,4	33,5	5,6	10,8	6,5	12,1
6	Пшеница + клевер	5,5	5,6	33,9	5,6	8,9	6,8	9,0

Кормовой севооборот на серой мощной глубоковскипающей тяжелосуглинистой почве – 0,32 тыс. га.

Номер поля	Культура	Гумус, %	рН (KCl)	ЕКО	Н _г	N-NO ₃ мг/кг	P ₂ O ₅	K ₂ O
				ммоль /100 г			мг/100 г	
1	Подсолнечник, з. м.	4,8	5,7	25,0	3,2	9,1	14,1	16,0
2	Турнепс	5,1	5,9	22,6	3,8	8,2	16,0	17,0
3	Рапс + овес, з. м.	5,3	5,9	23,0	3,0	10,1	13,0	17,0
4	Ячмень	5,5	5,6	23,0	3,4	9,3	17,0	16,0

Красноярский природный округ

Красноярский природный округ включает Красноярскую лесостепь и окружающую ее подтайгу. Красноярская лесостепь занимает срединное положение среди островов зоны лесостепи центральной части Красноярского края.

Большемуртинский район, ООО «АгроЭлита»

Сельхозугодья – 12,54 тыс. га.

Пашня – 7,64 тыс. га.

Кормовой севооборот на черноземе выщелоченном среднемощном среднегумусном легкосуглинистом – 0,28 тыс. га.

Номер поля	Культура	Гумус, %	рН (KCl)	ЕКО	Н _г	N-NO ₃ мг/кг	P ₂ O ₅	K ₂ O
				ммоль /100 г			мг/100 г	
1	Кукуруза, з. м.	6,7	6,1	48,2	5,2	11,4	13,6	10,0
2	Просо кормовое	6,1	6,3	50,2	4,8	10,8	12,8	9,1
3	Ячмень	6,5	6,5	49,3	5,4	8,8	13,2	9,9
4	Горох + овес	6,0	6,4	54,1	5,3	9,2	14,5	10,8

Овощной севооборот на темно-серых почвах – 0,16 тыс. га.

Номер поля	Культура	Гумус, %	рН (KCl)	ЕКО	Н _г	N-NO ₃ мг/кг	P ₂ O ₅	K ₂ O
				ммоль /100 г			мг/100 г	
1	Картофель	5,7	5,6	42,4	3,8	5,5	26,0	20,0
2	Лук на репку	5,4	5,5	40,6	4,2	6,2	26,8	16,3
3	Огурец	5,6	5,4	39,2	4,8	5,8	26,4	17,8
4	Морковь	5,0	6,5	39,2	5,4	6,6	27,4	15,7

Большемуртинский район, СПК «Колхоз Рассвет»

Сельхозугодья – 11,4 тыс. га.

Кормовой севооборот на темно-серой легкосуглинистой почве – 0,6 тыс. га.

Номер поля	Культура	Гумус, %	рН (КСl)	ЕКО	Н _г	N-NO ₃ мг/кг	P ₂ O ₅	K ₂ O
				ммоль /100 г			мг/100 г	
1	Подсолнечник, з. м.	5,8	5,7	35,0	3,2	9,1	20,0	16,0
2	Суданская трава	5,7	5,9	32,0	3,8	8,2	18,0	17,0
3	Рапс, з. м.	5,7	5,9	28,0	3,0	10,1	18,0	17,0
4	Ячмень	5,5	5,6	33,0	3,4	9,3	17,0	16,0

Овощной севооборот на черноземе выщелоченном среднемощном среднегумусном легкосуглинистом – 0,3 тыс. га.

Номер поля	Культура	Гумус, %	рН (КСl)	ЕКО	Н _г	N-NO ₃ мг/кг	P ₂ O ₅	K ₂ O
				ммоль /100 г			мг/100 г	
1	Томат	7,2	5,8	50,4	3,4	6,8	18,0	14,4
2	Капуста	6,9	5,9	50,2	4,2	14,3	12,8	13,6
3	Свекла	6,4	5,0	50,8	3,8	10,8	12,6	13,2
4	Огурец	6,8	5,1	50,0	4,6	6,4	13,8	13,8

Емельяновский район, ЗАО «Частоостровское»

Сельхозугодья – 12,54 тыс. га.

Полевой севооборот на черноземе выщелоченном маломощном среднегумусном тяжелосуглинистом – 7,2 тыс. га.

Номер поля	Культура	Гумус, %	рН (КСl)	ЕКО	Н _г	N-NO ₃ мг/кг	P ₂ O ₅	K ₂ O
				ммоль /100 г			мг/100 г	
1	Пар чистый	8,3	6,2	62,6	0,76	19,2	25,0	17,1
2	Озимая рожь	7,9	6,1	62,4	0,76	17,3	25,0	16,8
3	Ячмень	7,9	5,9	62,4	0,8	10,8	22,3	18,2
4	Кукуруза + бобы кормовые, з. м.	8,3	6,0	60,1	0,8	9,6	22,8	17,2
5	Ячмень	8,5	6,2	60,0	0,8	11,6	23,0	17,8
6	Овес	8,7	6,2	61,8	0,76	8,8	16,4	19,0

Овощной севооборот на темно-серой тяжелосуглинистой почве – 0,16 тыс. га.

Номер поля	Культура	Гумус, %	рН (KCl)	ЕКО	Н _г	N-NO ₃ мг/кг	P ₂ O ₅	K ₂ O
				ммоль /100 г			мг/100 г	
1	Томат	5,4	5,8	34,2	4,1	5,5	22,0	10,8
2	Морковь	5,2	5,9	30,2	4,8	5,7	19,0	9,1
3	Свекла	4,8	5,9	29,8	5,4	6,8	16,8	8,8
4	Огурец	4,9	5,7	30,4	5,2	7,2	18,2	10,3

Сухобузимский район, ЗАО «Племзавод Таежный»

Сельхозугодья – 13,44 тыс. га.

Полевой севооборот на черноземе выщелоченном маломощном среднегумусном тяжелосуглинистом – 8,4 тыс. га.

Номер поля	Культура	Гумус, %	рН (KCl)	ЕКО	Н _г	N-NO ₃ мг/кг	P ₂ O ₅	K ₂ O
				ммоль /100 г			мг/100 г	
1	Суданская трава + пелюшка	8,0	6,3	46,8	1,8	14,2	28,0	30,0
2	Озимая рожь	7,8	5,7	45,3	1,4	13,8	23,8	26,9
3	Горох	7,6	5,6	45,0	1,4	12,0	23,3	27,1
4	Картофель	7,9	5,8	45,9	1,8	9,8	23,3	26,4
5	Пшеница	7,5	5,9	45,8	1,6	18,7	24,6	28,0
6	Ячмень	7,6	6,1	45,8	1,6	7,2	24,8	27,4

Кормовой севооборот на черноземе выщелоченном среднегумусном маломощном суглинистом – 0,24 тыс. га.

Номер поля	Культура	Гумус, %	рН (KCl)	ЕКО	Н _г	N-NO ₃ мг/кг	P ₂ O ₅	K ₂ O
				ммоль /100 г			мг/100 г	
1	Кукуруза, з. м.	6,8	6,0	48,0	4,6	10,2	9,8	12,2
2	Рапс + пелюшка	6,9	6,1	49,1	4,1	9,5	10,4	13,8
3	Картофель	7,2	6,4	52,4	4,8	8,8	14,8	11,8
4	Овес	6,6	6,3	54,5	4,6	9,0	14,4	10,2

Назаровский природный округ

Данный округ расположен на территории Назаровского и северной части Шарыповского районов и представляет собой лесостепь, ограниченную почти со всех сторон, кроме центрально-южной и центрально-западной частей, узкой полосой предгорной подтайги хребта Арга, Восточного Саяна, Солгонского кряжа и Кузнецкого Алатау.

Шарыповский район, ООО «Фортуна Агро»

Сельхозугодья – 17,92 тыс. га.

Полевой севооборот на черноземе выщелоченном среднемоощном среднегумусном среднесуглинистом – 7,2 тыс. га.

Номер поля	Культура	Гумус, %	рН (KCl)	ЕКО	Н _г	N-NO ₃ мг/кг	P ₂ O ₅	K ₂ O
				ммоль /100 г			мг/100 г	
1	Пар донниковый	6,5	6,7	45,0	2,0	12,2	21,0	16,2
2	Озимая рожь	6,7	6,8	45,0	2,1	13,7	23,2	16,4
3	Рапс (семена)	5,6	6,6	44,4	1,8	11,5	24,5	17,1
4	Суданская трава	6,8	6,7	44,2	1,6	10,6	25,1	15,9
5	Ячмень	6,6	6,9	44,8	1,6	8,5	25,5	17,4
6	Овес	6,7	6,9	45,0	2,0	7,6	24,2	17,2

Кормовой севооборот на черноземе выщелоченном среднемоощном высокогумусном тяжелосуглинистом – 0,30 тыс. га.

Номер поля	Культура	Гумус, %	рН (KCl)	ЕКО	Н _г	N-NO ₃ мг/кг	P ₂ O ₅	K ₂ O
				ммоль /100 г			мг/100 г	
1	Овес + пелюшка	12,4	6,8	48,2	2,5	16,4	13,6	10,0
2	Просо кормовое	11,8	6,5	50,2	2,1	15,8	12,8	9,1
3	Кукуруза	11,5	6,5	49,3	2,4	14,8	13,2	9,9
4	Горох	12,0	6,4	54,1	2,3	9,2	14,5	10,8

Овощной севооборот на черноземе выщелоченном маломощном среднегумусном тяжелосуглинистом – 0,12 тыс. га.

Номер поля	Культура	Гумус, %	рН (KCl)	ЕКО	Н _г	N-NO ₃ мг/кг	P ₂ O ₅	K ₂ O
				ммоль /100 г			мг/100 г	
1	Томат	8,2	6,5	58,0	2,8	15,5	17,1	7,7
2	Капуста	8,4	6,7	56,6	2,6	12,2	16,8	6,3
3	Свекла	8,6	6,8	56,4	2,8	10,8	16,4	7,8
4	Огурец	8,0	6,5	56,4	2,6	6,6	17,4	5,7

Ачинско-Боготольский природный округ

Округ расположен в северо-западной части земледельческой полосы края и включает Козульский, Ачинский, Боготольский, Тюхтетский, Большеулуйский и Бирилюсский административные районы. На юге округ ограничен хребтом Арга, представляющим собой восточное ответвление Кузнецкого Алатау, на юго-востоке – северо-западными отрогами Восточного Саяна – Кемчугским нагорьем, на севере граница округа подходит по долине Чулыма до его широтного направления. На территории округа выделяются зоны лесостепи и подтайги. Лесостепь занимает южную часть округа. Со всех сторон она окружена подтайгой, на юге – предгорной, на остальной части – равнинной.

Большеулуйский район, МУП «Рассвет»

Сельхозугодья – 14,4 тыс. га.

Полевой севооборот на темно-серой мощной со вторым гумусовым горизонтом среднесуглинистой почве – 5,8 тыс. га.

Номер поля	Культура	Гумус, %	рН (KCl)	ЕКО	Н _г	N-NO ₃ мг/кг	P ₂ O ₅	K ₂ O
				ммоль /100 г			мг/100 г	
1	Пар занятый	6,5	5,6	24,8	10,1	14,2	14,1	16,2
2	Озимая рожь	5,8	5,7	24,6	10,1	13,8	13,8	16,9
3	Овес + рапс	5,6	5,6	22,8	9,8	12,0	12,3	17,1
4	Подсолнечник, з. м.	5,9	5,8	23,9	9,8	9,8	13,3	16,4
5	Пшеница	5,8	5,9	23,8	9,8	8,7	14,6	18,0
6	Ячмень + бобы кормовые	5,8	6,1	23,8	9,6	7,2	14,8	17,4

Овощной севооборот на темно-серой мощной со вторым гумусовым горизонтом среднесуглинистой почве – 0,80 тыс. га.

Номер поля	Культура	Гумус, %	рН (KCl)	ЕКО	Н _г	N-NO ₃ мг/кг	P ₂ O ₅	K ₂ O
				ммоль /100 г			мг/100 г	
1	Картофель ранний	5,7	5,7	15,4	10,1	16,8	21,2	14,4
2	Капуста	5,5	5,9	15,8	9,8	10,9	21,8	13,6
3	Огурец	5,4	5,7	15,8	9,8	11,8	22,0	13,2
4	Лук на репку	5,8	5,6	15,0	9,6	13,4	21,8	13,8

Ачинский район, ООО «Агросфера»

Сельхозугодья – 13,6 тыс. га.

Полевой севооборот на серой маломощной почве – 6,4 тыс. га.

Номер поля	Культура	Гумус, %	рН (KCl)	ЕКО	Н _г	N-NO ₃ мг/кг	P ₂ O ₅	K ₂ O
				ммоль /100 г			мг/100 г	
1	Пар чистый	3,8	5,1	28,1	9,6	11,0	5,2	7,5
2	Пшеница + донник	3,8	5,1	28,3	9,2	12,8	5,1	7,9
3	Донник	3,9	5,1	29,1	9,3	10,2	5,8	7,4
4	Пшеница	3,9	5,3	30,8	9,8	9,3	5,2	7,0
5	Ячмень	3,5	5,3	29,9	9,1	8,2	5,9	7,8
6	Овес	3,5	5,2	32,0	9,8	7,8	5,8	7,2

Овощной севооборот на серой оподзоленной тяжелосуглинистой почве – 0,8 тыс. га

Номер поля	Культура	Гумус, %	рН (KCl)	ЕКО	Н _г	N-NO ₃ мг/кг	P ₂ O ₅	K ₂ O
				ммоль /100 г			мг/100 г	
1	Томат	3,9	5,4	29,2	8,8	7,7	14,3	14,5
2	Огурец	3,9	5,4	29,1	8,2	8,1	16,2	13,1
3	Свекла	3,6	5,4	29,2	8,1	5,7	13,9	14,2
4	Морковь	3,3	5,4	29, 2	8,8	7,1	11,0	12,7

Тюхтетский район, СПК «Зареченский»

Сельхозугодья – 10,8 тыс. га.

Кормовой севооборот на серой маломощной почве – 0,8 тыс. га.

Номер поля	Культура	Гумус, %	рН (KCl)	ЕКО	Н _г	N-NO ₃ мг/кг	P ₂ O ₅	K ₂ O
				ммоль /100 г			мг/100 г	
1	Горох + овес, з. м.	5,7	5,9	29,2	3,8	9,7	13,3	13,5
2	Озимая рожь	5,9	5,8	29,1	3,2	10,1	12,2	13,8
3	Картофель	6,2	5,7	30,4	3,1	9,7	14,9	14,2
4	Рапс + пелюшка	6,3	5,8	31,2	3,8	11,1	13,0	15,7

Овощной севооборот на серой мощной со вторым гумусовым горизонтом среднесуглинистой почве – 0,8 тыс. га.

Номер поля	Культура	Гумус, %	рН (KCl)	ЕКО	Н _г	N-NO ₃ мг/кг	P ₂ O ₅	K ₂ O
				ммоль /100 г			мг/100 г	
1	Томат	5,1	5,6	24,2	10,1	7,7	10,3	14,5
2	Капуста	4,9	5,8	24,1	10,2	8,1	9,2	13,1
3	Свекла	5,2	5,7	24,4	10,1	5,7	8,9	14,2
4	Огурец	5,3	5,8	24,2	10,2	7,1	11,0	12,7

Боготольский район, ЗАО «Назаровское»

Сельхозугодья – 13,2 тыс. га.

Полевой севооборот на черноземе выщелоченном среднегумусном маломощном среднесуглинистом – 6,4 тыс. га.

Номер поля	Культура	Гумус, %	рН (KCl)	ЕКО	Н _г	N-NO ₃ мг/кг	P ₂ O ₅	K ₂ O
				ммоль /100 г			мг/100 г	
1	Пар чистый	7,2	5,8	37,8	5,9	9,2	7,5	12,1
2	Озимая рожь	7,3	6,1	38,2	5,9	13,3	7,6	11,8
3	Пшеница	6,9	5,9	39,7	5,8	10,8	5,3	11,2
4	Подсолнечник, з. м.	6,9	6,0	38,1	5,8	9,6	5,8	11,2
5	Ячмень	7,0	5,8	38,0	5,6	11,6	7,0	11,8
6	Овес	6,9	5,8	38,8	5,8	8,8	6,4	12,0

Овощной севооборот на серой среднемощной глинистой почве – 0,60 тыс. га.

Номер поля	Культура	Гумус, %	рН (KCl)	ЕКО	Н _г	N-NO ₃ мг/кг	P ₂ O ₅	K ₂ O
				ммоль /100 г			мг/100 г	
1	Капуста	4,9	4,5	29,4	10,0	6,2	11,8	14,2
2	Картофель ранний	5,0	4,5	29,2	9,6	7,8	12,6	13,8
3	Огурец	4,8	4,5	29,8	9,8	6,6	13,2	12,4
4	Морковь	4,8	4,5	29,4	9,8	7,0	12,4	13,4

Чулымо-Енисейский природный округ

Площадь Чулымо-Енисейского округа 810 га. Здесь размещаются Балахтинский, Новоселовский, Ужурский районы, юго-западная часть Шарыповского района. Территория округа занята в основном лесостепной зоной, по северо-восточной, восточной и западной окраинам которой находится зона предгорий подтайги.

Ужурский район, ЗАО «Искра»

Сельхозугодья – 30,6 тыс. га.

Полевой севооборот на черноземе обыкновенном маломощном среднегумусном среднесуглинистом – 4,2 тыс. га.

Номер поля	Культура	Гумус, %	рН (KCl)	ЕКО	Н _г	N-NO ₃ мг/кг	P ₂ O ₅	K ₂ O
				ммоль /100 г			мг/100 г	
1	Пар сидеральный	8,8	5,8	37,8	3,4	19,8	15,5	10,4
2	Озимая тритикале	8,8	5,8	38,6	3,6	16,4	14,8	12,2
3	Пшеница	8,7	5,6	38,6	3,4	12,6	14,2	14,4
4	Овес + пелюшка	8,7	5,8	38,8	3,2	9,2	13,6	14,5
5	Рапс, семена	8,8	5,6	38,6	3,8	8,2	14,8	15,4
6	Ячмень	8,8	5,7	38,8	3,2	6,8	15,8	16,2

Кормовой севооборот на черноземе выщелоченном маломощном среднегумусном тяжелосуглинистом – 0,80 тыс. га.

Номер поля	Культура	Гумус, %	рН (KCl)	ЕКО	Н _г	N-NO ₃ мг/кг	P ₂ O ₅	K ₂ O
				ммоль /100 г			мг/100 г	
1	Кукуруза, з. м.	8,2	6,5	56,0	3,8	12,6	15,6	12,8
2	Просо кормовое	8,2	6,5	52,2	4,2	10,4	14,4	13,4
3	Ячмень	7,9	6,3	54,2	3,6	8,8	13,8	13,6
4	Турнепс	7,9	6,3	55,2	3,8	10,2	14,7	14,2

Новоселовский район, ЗАО «Светлолобовское»

Сельхозугодья – 12,9 тыс. га.

Полевой севооборот на черноземе обыкновенном маломощном среднегумусном тяжелосуглинистом – 9,8 тыс. га.

Номер поля	Культура	Гумус, %	рН (KCl)	ЕКО	Н _г	N-NO ₃ мг/кг	P ₂ O ₅	K ₂ O
				ммоль /100 г			мг/100 г	
1	Пар чистый	6,8	6,7	46,5	3,2	12,2	8,8	16,2
2	Озимая рожь	6,7	6,8	46,5	3,1	13,7	8,2	16,4
3	Пшеница	6,6	6,6	46,4	3,8	11,5	8,5	17,1
4	Суданская трава + пелюшка	6,9	6,7	46,2	3,6	10,6	8,1	15,9
5	Ячмень	6,6	6,9	46,8	3,5	8,5	8,5	17,4
6	Овес	6,7	6,9	46,7	4,0	7,6	8,2	17,2

Овощной севооборот на черноземе выщелоченном среднемощном среднегумусном тяжелосуглинистом – 0,8 тыс. га

Номер поля	Культура	Гумус, %	рН (KCl)	ЕКО	Н _г	N-NO ₃ мг/кг	P ₂ O ₅	K ₂ O
				ммоль /100 г			мг/100 г	
1	Томат	6,7	6,8	43,0	2,0	15,5	21,0	7,7
2	Лук на репку	6,4	6,9	43,0	2,0	16,2	16,8	6,3
3	Огурец	6,6	6,8	42,8	1,8	10,8	16,4	7,8
4	Морковь	6,7	6,7	42,7	1,8	6,6	17,4	5,7

Балахтинский район, ООО «КХ Родник»

Сельхозугодья – 14,2 тыс. га.

Полевой севооборот на черноземе выщелоченном укороченном среднегумусном тяжелосуглинистом – 7,2 тыс. га.

Номер поля	Культура	Гумус, %	рН (KCl)	ЕКО	Н _г	N-NO ₃ мг/кг	P ₂ O ₅	K ₂ O
				ммоль /100 г			мг/100 г	
1	Пар сидеральный	8,8	6,2	51,0	3,1	9,5	14,1	10,5
2	Пшеница	8,3	6,1	52,0	3,3	14,1	13,8	11,0
3	Ячмень	7,9	6,2	52,0	2,3	13,2	13,1	9,8
4	Кукуруза + просо	8,1	6,1	54,0	3,1	9,8	14,5	11,8
5	Пшеница	8,1	6,0	53,0	2,6	10,8	9,5	12,1
6	Рапс + овес	8,3	5,9	55,0	3,6	8,9	13,8	9,0

Кормовой севооборот на черноземе выщелоченном среднемощном среднегумусном тяжелосуглинистом 0,80 тыс. га.

Номер поля	Культура	Гумус, %	рН (KCl)	ЕКО	Н _г	N-NO ₃ мг/кг	P ₂ O ₅	K ₂ O
				ммоль /100 г			мг/100 г	
1	Подсолнечник, з. м.	6,8	6,7	37,0	3,2	9,1	14,1	16,0
2	Турнепс	6,7	6,9	37,0	3,8	8,2	16,0	17,0
3	Кукуруза + соя	6,7	6,9	37,0	3,0	10,1	13,0	17,0
4	Ячмень	6,6	6,6	37,0	3,4	9,3	17,0	16,0

Балахтинский район, ЗАО «Солгонское»

Сельхозугодья – 14,6 тыс. га.

Полевой севооборот на черноземе выщелоченном маломощном среднегумусном тяжелосуглинистом – 5,8 тыс. га.

Номер поля	Культура	Гумус, %	рН (KCl)	ЕКО	Н _г	N-NO ₃ мг/кг	P ₂ O ₅ мг/100 г	K ₂ O мг/100 г
				ммоль /100 г				
1	Картофель	8,4	6,6	43,3	2,4	9,2	15,1	17,1
2	Пшеница	7,9	6,6	43,3	2,4	13,3	16,0	16,8
3	Овес	7,9	6,4	43,5	2,4	10,8	15,3	18,2
4	Подсолнечник, з. м.	7,8	6,4	43,3	2,4	9,6	15,8	17,2
5	Ячмень	7,8	6,5	43,3	2,4	11,6	17,0	17,8
6	Овес + пелюшка	7,8	6,5	43,3	2,4	8,8	16,4	19,0

Кормовой севооборот на черноземах – 0,80 тыс. га.

Номер поля	Культура	Гумус, %	рН (KCl)	ЕКО	Н _г	N-NO ₃ мг/кг	P ₂ O ₅ мг/100 г	K ₂ O мг/100 г
				ммоль /100 г				
1	Горох + овес, з. м.	6,3	6,2	48,0	2,2	12,4	14,4	13,8
2	Просо кормовое	6,9	6,1	52,4	2,1	13,8	14,8	12,9
3	Кукуруза	6,4	6,4	54,8	2,3	14,2	12,8	14,1
4	Рапс + овес	6,2	6,6	56,6	2,7	13,6	15,0	14,4

Канский природный округ

Канский район, ОАО «Племзавод Красный»

Сельхозгодья – 11,4 тыс. га.

Кормовой севооборот на черноземе выщелоченном маломощном среднегумусном тяжелосуглинистом – 0,6 тыс. га.

Номер поля	Культура	Гумус, %	рН (KCl)	ЕКО	Н _г	N-NO ₃ мг/кг	P ₂ O ₅ мг/100 г	K ₂ O мг/100 г
				ммоль /100 г				
1	Кукуруза + просо	7,5	6,5	52,4	2,8	8,8	15,8	12,2
2	Ячмень + донник	6,9	6,1	49,1	2,1	9,4	13,4	13,8
3	Донник	7,2	6,4	52,4	2,8	8,8	14,8	11,8
4	Суданская трава + пелюшка	6,6	6,3	54,5	2,6	9,0	14,4	10,2

Овощной севооборот на черноземе выщелоченном маломощном среднегумусном тяжелосуглинистом – 0,60 тыс. га.

Номер поля	Культура	Гумус, %	рН (KCl)	ЕКО	Н _г	N-NO ₃ мг/кг	P ₂ O ₅ мг/100 г	K ₂ O мг/100 г
				ммоль /100 г				
1	Картофель ранний	6,3	5,7	35,8	1,8	6,8	5,5	7,1
2	Капуста	5,9	5,9	35,8	1,8	5,9	5,8	7,6
3	Огурец	5,9	5,9	35,8	1,8	5,8	5,6	7,2
4	Лук на репку	5,8	5,9	35,8	1,6	6,4	5,8	7,8

Рыбинский район, ОПХ «Солянское»

Сельхозугодья – 12,8 тыс. га.

Полевой севооборот на черноземе выщелоченном среднемоощном среднегумусном тяжелосуглинистом – 6,9 тыс. га.

Номер поля	Культура	Гумус, %	рН (КСl)	ЕКО	Н _г	N-NO ₃ мг/кг	P ₂ O ₅	K ₂ O
				ммоль /100 г			мг/100 г	
1	Овес + пелюшка	7,9	6,5	48,8	1,4	18,0	18,5	19,4
2	Озимая рожь	7,8	6,5	48,6	1,6	14,4	14,8	16,2
3	Пшеница	7,8	6,6	48,6	1,4	8,6	14,2	14,4
4	Картофель	7,6	6,6	48,8	1,2	9,2	13,6	14,9
5	Рапс яровой	7,6	6,6	48,6	1,8	8,2	14,8	15,4
6	Ячмень	7,8	6,7	48,8	1,2	6,8	15,8	16,2

Овощной севооборот на агросерой среднемоощной оподзоленной среднесуглинистой почве – 0,4 тыс. га.

Номер поля	Культура	Гумус, %	рН (КСl)	ЕКО	Н _г	N-NO ₃ мг/кг	P ₂ O ₅	K ₂ O
				ммоль /100 г			мг/100 г	
1	Капуста	4,8	5,3	39,4	2,3	6,2	21,8	9,2
2	Картофель ранний	4,8	5,2	39,2	2,6	7,8	22,6	8,8
3	Огурец	4,6	5,3	39,3	2,4	6,6	23,2	8,7
4	Морковь	4,7	4,9	39,4	2,6	7,0	22,4	7,4

Канский район, ЗАО «Большеуринское»

Сельхозугодья – 13,4 тыс. га.

Полевой севооборот на черноземе выщелоченном маломощном тучном тяжелосуглинистом – 8,10 тыс. га.

Номер поля	Культура	Гумус, %	рН (КСl)	ЕКО	Н _г	N-NO ₃ мг/кг	P ₂ O ₅	K ₂ O
				ммоль /100 г			мг/100 г	
1	Пар сидеральный	9,1	6,0	38,8	2,1	9,5	14,1	10,5
2	Пшеница	9,1	6,1	38,3	2,3	14,1	13,8	11,0
3	Ячмень	9,0	6,2	38,8	2,3	13,2	13,1	9,8
4	Кукуруза	8,9	6,1	38,8	2,1	9,8	14,5	11,8
5	Пшеница	8,9	6,0	38,8	2,6	10,8	9,5	12,1
6	Овес	8,9	5,9	38,8	2,6	8,9	13,8	9,0

Овощной севооборот на темно-серой тяжелосуглинистой почве – 0,8 тыс. га

Номер поля	Культура	Гумус, %	рН (KCl)	ЕКО	Н _г	N-NO ₃ мг/кг	P ₂ O ₅	K ₂ O
				ммоль /100 г			мг/100 г	
1	Томат	4,7	5,8	36,8	5,8	5,5	17,1	23,2
2	Лук на репку	4,7	5,9	36,6	5,5	6,2	16,8	23,3
3	Огурец	4,6	5,8	36,4	5,8	5,8	16,4	23,8
4	Морковь	4,6	5,8	36,7	5,4	6,6	17,4	25,7

Дзержинский район, СПК «Диана»

Сельхозгодья – 13,4 тыс. га.

Кормовой севооборот на дерново-слабоподзолистой среднесуглинистой почве – 2,0 тыс. га.

Номер поля	Культура	Гумус, %	рН (KCl)	ЕКО	Н _г	N-NO ₃ мг/кг	P ₂ O ₅	K ₂ O
				ммоль /100 г			мг/100 г	
1	Клевер, з. м.	3,7	5,3	28,2	9,2	11,4	5,6	7,6
2	Пшеница	3,5	5,3	28,2	8,8	10,8	5,8	7,1
3	Картофель	3,5	5,5	28,3	8,6	8,8	5,2	7,9
4	Овес + клевер	3,6	5,4	28,1	8,6	9,2	5,5	7,4

Овощной севооборот на черноземе выщелоченном маломощном среднегумусном тяжелосуглинистом – 1,2 тыс. га.

Номер поля	Культура	Гумус, %	рН (KCl)	ЕКО	Н _г	N-NO ₃ мг/кг	P ₂ O ₅	K ₂ O
				ммоль /100 г			мг/100 г	
1	Картофель ранний	6,7	5,9	46,4	4,1	9,8	12,2	14,4
2	Капуста	6,9	5,9	46,8	4,2	5,9	11,8	13,6
3	Огурец	6,4	5,7	46,8	3,8	5,8	12,6	13,2
4	Лук на репку	6,8	5,7	46,8	4,0	6,4	13,8	13,8

Тасеевский район, ООО «Восход»

Сельхозгодья – 14,4 тыс. га.

Полевой севооборот на черноземе оподзоленном среднемощном среднегумусном тяжелосуглинистом – 4,2 тыс. га.

Номер поля	Культура	Гумус, %	рН (KCl)	ЕКО	Н _г	N-NO ₃ мг/кг	P ₂ O ₅	K ₂ O
				ммоль /100 г			мг/100 г	
1	Пар чистый	5,5	5,6	28,8	3,3	14,2	14,1	16,2
2	Пшеница + люцерна	5,8	5,7	30,2	3,4	13,8	13,8	16,9
3	Люцерна 1 г. п.	5,6	5,6	32,0	4,0	12,0	12,3	17,1
4	Люцерна 2 г. п.	5,9	5,8	31,9	3,8	9,8	13,3	16,4
5	Овес	5,5	5,9	28,8	3,6	8,7	14,6	18,0

Кормовой севооборот на темно-серой маломощной тяжелосуглинистой почве – 1,8 тыс. га.

Номер поля	Культура	Гумус, %	рН (KCl)	ЕКО	Н _г	N-NO ₃ мг/кг	P ₂ O ₅	K ₂ O
				ммоль /100 г			мг/100 г	
1	Суданская трава + пелюшка	5,5	5,8	34,2	4,2	8,8	23,2	9,9
2	Яровой рапс	5,3	5,6	34,2	4,2	10,8	22,8	9,1
3	Картофель	5,5	5,6	34,3	4,4	8,8	23,2	9,9
4	Горох + овес	5,5	5,7	34,1	4,3	9,2	24,5	10,8

Нижнеингашский район, ООО «Ингашский»

Сельхозугодья – 13,96 тыс. га.

Пашня – 8,76 тыс. га.

Полевой севооборот на серой среднemosной тяжелосуглинистой почве – 8,4 тыс. га.

Номер поля	Культура	Гумус, %	рН (KCl)	ЕКО	Н _г	N-NO ₃ мг/кг	P ₂ O ₅	K ₂ O
				ммоль /100 г			мг/100 г	
1	Горох + овес	5,5	5,4	40,5	5,6	12,2	13,8	16,2
2	Озимая рожь	5,7	5,4	40,0	5,5	13,7	13,2	16,4
3	Рапс + пелюшка	5,6	5,3	39,4	5,8	11,5	14,5	17,1
4	Картофель	5,9	5,5	39,2	5,6	10,6	15,1	15,9
5	Ячмень	5,6	5,5	39,8	5,5	8,5	15,5	17,4
6	Овес	5,7	5,5	39,6	5,5	7,6	14,2	17,2

Овощной севооборот на серой среднemosной тяжелосуглинистой почве – 0,12 тыс. га.

Номер поля	Культура	Гумус, %	рН (KCl)	ЕКО	Н _г	N-NO ₃ мг/кг	P ₂ O ₅	K ₂ O
				ммоль /100 г			мг/100 г	
1	Томат	5,7	5,4	39,8	5,6	5,5	12,1	17,7
2	Лук на репку	5,4	4,9	38,7	5,6	6,2	13,8	16,3
3	Огурец	5,6	4,8	39,2	5,8	5,8	13,4	17,8
4	Морковь	5,5	5,0	39,6	5,4	6,6	13,4	15,7

Уярский район, ЗАО «Авдинское»

Сельхозугодья – 14,38 тыс. га.

Пашня – 10,08 тыс. га.

Полевой севооборот на темно-серой тяжелосуглинистой почве – 9,8 тыс. га.

Номер поля	Культура	Гумус, %	рН (KCl)	ЕКО	Н _г	N-NO ₃ мг/кг	P ₂ O ₅	K ₂ O
				ммоль /100 г			мг/100 г	
1	Пар чистый	4,6	5,7	36,5	5,7	12,2	13,8	23,2
2	Пшеница	4,7	5,8	36,5	5,7	13,7	13,2	22,4
3	Ячмень	4,6	5,6	36,4	5,8	11,5	14,5	22,1
4	Горох + овес, з. м.	4,9	5,7	36,2	5,6	10,6	15,1	20,9
5	Ячмень	4,6	5,9	36,8	5,5	8,5	15,5	21,4
6	Овес	4,7	5,9	36,5	5,5	7,6	14,2	20,2

Кормовой севооборот на черноземе выщелоченном маломощном среднегумусном тяжелосуглинистом – 0,20 тыс. га.

Номер поля	Культура	Гумус, %	рН (KCl)	ЕКО	Н _г	N-NO ₃ мг/кг	P ₂ O ₅	K ₂ O
				ммоль /100 г			мг/100 г	
1	Кукуруза + просо	7,5	6,6	48,2	5,2	11,4	13,6	10,0
2	Ячмень + донник	7,5	6,3	50,2	4,8	10,8	12,8	9,1
3	Донник	7,5	6,5	49,3	5,4	8,8	13,2	9,9
4	Горох + овес	7,5	6,4	54,1	5,3	9,2	14,5	10,8

Саянский район, ООО «Свет»

Сельхозугодья – 12,4 тыс. га.

Пашня – 7,0 тыс. га.

Кормовой севооборот на черноземе выщелоченном маломощном тучном среднесуглинистом – 0,30 тыс. га.

Номер поля	Культура	Гумус, %	рН (KCl)	ЕКО	Н _г	N-NO ₃ мг/кг	P ₂ O ₅	K ₂ O
				ммоль /100 г			мг/100 г	
1	Кукуруза + просо	10,7	6,1	48,2	5,2	11,4	13,6	10,0
2	Ячмень	10,5	6,3	50,2	4,8	10,8	12,8	9,1
3	Подсолнечник, з. м.	10,5	6,2	49,3	5,4	8,8	13,2	9,9
4	Горох + овес	10,8	6,2	54,1	5,3	9,2	14,5	10,8

Овощной севооборот на лугово-черноземной среднесуглинистой почве – 0,20 тыс. га.

Номер поля	Культура	Гумус, %	рН (KCl)	ЕКО	Н _г	N-NO ₃ мг/кг	P ₂ O ₅	K ₂ O
				ммоль /100 г			мг/100 г	
1	Капуста	9,4	6,1	61,6	0,9	15,5	7,1	13,7
2	Лук на репку	9,4	5,9	61,6	0,9	16,2	6,8	11,3
3	Огурец	9,6	5,8	61,2	0,8	11,8	6,7	9,8
4	Томат	9,6	5,8	61,1	0,8	9,6	7,4	10,7

Иланский район, ООО «Усольское»

Сельхозугодья – 12,98 тыс. га.

Пашня – 8,18 тыс. га.

Полевой севооборот на черноземе выщелоченном среднесуглинистом – 7,6 тыс. га.

Номер поля	Культура	Гумус, %	рН (KCl)	ЕКО	Н _г	N-NO ₃ мг/кг	P ₂ O ₅	K ₂ O
				ммоль /100 г			мг/100 г	
1	Кукуруза + бобы кормовые	6,5	5,9	51,0	4,1	9,5	24,1	24,5
2	Пшеница	6,3	6,1	54,0	4,3	14,1	23,8	21,0
3	Ячмень	6,9	6,2	56,0	4,3	13,2	23,1	19,8
4	Суданская трава + пелюшка	7,1	6,1	58,0	4,1	9,8	24,5	23,8
5	Пшеница	5,1	6,0	53,0	4,6	10,8	19,5	22,1
6	Рапс + овес	5,4	5,9	55,0	4,6	8,9	18,8	19,0

Кормовой севооборот на черноземе выщелоченном среднесуглинистом – 0,40 тыс. га.

Номер поля	Культура	Гумус, %	рН (KCl)	ЕКО	Н _г	N-NO ₃ мг/кг	P ₂ O ₅	K ₂ O
				ммоль /100 г			мг/100 г	
1	Кукуруза, з. м.	11,5	6,6	42,0	3,2	15,1	9,1	13,0
2	Горох + овес + донник	11,1	6,6	42,0	3,8	8,2	9,0	12,6
3	Донник	11,3	6,3	38,0	3,0	10,1	8,9	12,3
4	Турнепс	11,5	6,3	38,0	3,4	9,3	8,7	14,0

Южно-Минусинский природный округ

Данный природный округ включает три природные зоны (степь, лесостепь и подтайгу предгорий). В лесостепи выделено три подзоны (южная, типичная и северная лесостепь). Площадь округа – 1844 га.

Минусинский район, ЗАО «Тагарское»

Сельхозугодья – 12,88 тыс. га.

Пашня – 8,18 тыс. га.

Полевой севооборот на черноземе обыкновенном укороченном малогумусном легкосуглинистом – 7,6 тыс. га.

Номер поля	Культура	Гумус, %	рН (КСl)	ЕКО	Н _г	N-NO ₃ мг/кг	P ₂ O ₅	K ₂ O
				ммоль /100 г			мг/100 г	
1	Пар занятый	3,5	7,9	26,1	2,1	9,5	24,1	3,5
2	Пшеница	3,3	7,9	26,1	2,3	14,1	23,8	3,3
3	Ячмень	3,6	7,7	26,0	2,3	13,2	23,1	3,8
4	Кукуруза	3,1	7,7	26,0	2,1	9,8	24,5	3,8
5	Пшеница	3,1	7,9	26,0	2,6	10,8	23,5	3,7
6	Овес	3,4	7,9	25,8	2,6	8,9	23,8	3,6

Овощной севооборот на черноземе выщелоченном укороченном малогумусном тяжелосуглинистом – 0,18 тыс. га.

Номер поля	Культура	Гумус, %	рН (КСl)	ЕКО	Н _г	N-NO ₃ мг/кг	P ₂ O ₅	K ₂ O
				ммоль /100 г			мг/100 г	
1	Картофель	5,6	6,5	41,5	1,5	5,5	23,0	13,0
2	Свекла	5,4	6,6	41,5	1,5	6,2	23,2	13,3
3	Огурец	5,6	6,6	41,3	1,2	5,8	22,8	13,8
4	Морковь	5,5	6,6	41,1	1,1	6,6	22,5	13,7

Каратузский район, СПК «Каратузское ДРСУ»

Сельхозугодья – 13,12 тыс. га.

Пашня – 8,62 тыс. га. Кормовой севооборот на черноземе выщелоченном среднемощном высокогумусном тяжелосуглинистом – 0,30 тыс. га.

Номер поля	Культура	Гумус, %	рН (KCl)	ЕКО	Н _г	N-NO ₃ мг/кг	P ₂ O ₅	K ₂ O
				ммоль /100 г			мг/100 г	
1	Подсолнечник, з. м.	12,4	6,6	52,7	2,5	9,1	14,1	16,0
2	Корнеплоды	12,1	6,6	52,7	2,5	8,2	16,0	17,0
3	Рапс + пелюшка	12,3	6,5	52,4	2,4	10,1	13,0	17,0
4	Ячмень	12,5	6,5	52,5	2,4	9,3	17,0	16,0

Овощной севооборот на черноземе выщелоченном маломощном среднегумусном тяжелосуглинистом – 0,12 тыс. га.

Номер поля	Культура	Гумус, %	рН (KCl)	ЕКО	Н _г	N-NO ₃ мг/кг	P ₂ O ₅	K ₂ O
				ммоль /100 г			мг/100 г	
1	Томат	8,9	6,3	47,2	1,2	5,5	25,0	16,0
2	Лук на репку	8,4	6,5	47,6	1,2	6,2	24,7	16,3
3	Редис	8,6	6,5	47,2	1,3	5,8	24,4	16,2
4	Морковь	8,3	6,3	47,4	1,2	6,6	24,4	15,7

Минусинский район, ООО «Ничкинское»

Сельхозугодья – 13,44 тыс. га.

Пашня – 8,74 тыс. га.

Кормовой севооборот на черноземе выщелоченном маломощном среднегумусном тяжелосуглинистом – 0,24 тыс. га.

Номер поля	Культура	Гумус, %	рН (KCl)	ЕКО	Н _г	N-NO ₃ мг/кг	P ₂ O ₅	K ₂ O
				ммоль /100 г			мг/100 г	
1	Кукуруза, з. м.	7,0	6,1	42,2	2,4	11,4	23,6	12,0
2	Пшеница	6,7	6,3	42,0	2,4	10,8	22,8	9,1
3	Картофель	6,5	6,5	41,9	2,4	8,8	23,2	9,9
4	Горох	6,6	6,4	41,7	2,3	9,2	24,5	10,8

Овощной севооборот на черноземе выщелоченном укороченном малогумусном тяжелосуглинистом – 0,10 тыс. га.

Номер поля	Культура	Гумус, %	рН (KCl)	ЕКО	Н _г	N-NO ₃ мг/кг	P ₂ O ₅	K ₂ O
				ммоль /100 г			мг/100 г	
1	Томат	5,6	6,5	41,5	1,5	5,5	23,1	13,0
2	Лук на репку	5,4	6,5	41,2	1,5	6,2	22,8	12,8
3	Огурец	5,6	5,8	41,2	1,4	5,8	22,4	12,8
4	Морковь	5,4	5,9	41,1	1,4	6,6	22,4	12,7

Ермаковский район, ООО «Ермак»

Сельхозугодья – 12,38 тыс. га.

Полевой севооборот на черноземе оподзоленном маломощном среднегумусном тяжелосуглинистом – 4,5 тыс. га.

Номер поля	Культура	Гумус, %	рН (КСl)	ЕКО	Н _г	N-NO ₃ мг/кг	P ₂ O ₅	K ₂ O
				ммоль /100 г			мг/100 г	
1	Просо кормовое	6,2	5,3	42,8	10,2	9,8	15,5	10,4
2	Озимая рожь	6,0	5,7	42,6	10,6	10,4	14,8	9,2
3	Пшеница	5,7	5,6	42,2	10,4	8,6	14,2	9,4
4	Овес + пелюшка	5,6	5,8	42,8	10,2	9,2	13,6	8,9
5	Ячмень	5,4	5,6	42,6	10,8	8,2	14,8	13,4
6	Овес	5,8	5,7	41,8	10,2	6,8	15,8	13,2

Овощной севооборот на темно-серой оподзоленной среднemosной тяжелосуглинистой почве – 0,08 тыс. га.

Номер поля	Культура	Гумус, %	рН (КСl)	ЕКО	Н _г	N-NO ₃ мг/кг	P ₂ O ₅	K ₂ O
				ммоль /100 г			мг/100 г	
1	Капуста	5,9	6,0	39,4	10,2	6,2	31,8	14,2
2	Картофель ранний	5,7	5,8	40,2	10,6	7,8	26,6	13,8
3	Огурец	5,7	5,8	39,8	9,4	6,6	23,2	12,4
4	Морковь	5,3	5,8	40,4	9,6	7,0	22,4	13,4

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В учебно-методическом пособии «Система применения удобрений» рассматриваются теоретические основы важнейших методов изучения питания растений и обоснования рационального применения удобрений.

Известно, что венцом науки является предсказание (прогноз). Принцип «знать – уметь – предсказать» – главный принцип агрохимика-почвоведа, способного по готовым или самостоятельно добытым данным агрохимического анализа почв, растений, удобрений увидеть пути решения проблемы повышения плодородия почв, увеличения урожая, улучшения его качества, биологической полноценности, а также научно предсказать результаты.

Главным направлением в современных агрохимических исследованиях является изучение динамики процессов, протекающих в почве, растениях при внесении разных доз минеральных и органических удобрений. Производственная необходимость повышает ответственность агрохимика за качество получаемой растениеводческой продукции. Для решения этих задач необходимо совершенствовать методику агрохимических исследований.

«Чем питается растение и как это узнать? Вот коренной вопрос, на котором зиждется рациональное земледелие...», – говорил великий ученый. Вместе с тем не теряет актуальности высказывание Д.Н. Прянишникова о том, что необходима «химизация умов»! Освоение материалов учебно-методического пособия позволит рационализировать применение удобрений, обеспечивающее повышение продуктивности возделываемых сельскохозяйственных культур и качество растениеводческой продукции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агрохимическая характеристика почв СССР. Восточная Сибирь / под ред. А.В. Соколова, Н.В. Орловского. – М.: Наука, 1969. – 335 с.
2. Агрохимическая характеристика почв СССР. Средняя Сибирь / под ред. А.В. Соколова, Н.В. Орловского. – М.: Наука, 1971. – 271 с.
3. Агрохимия / под ред. Б.А. Ягодина. – М.: Колос, 2002. – 639 с.
4. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий: метод. руководство / под ред. В.И. Кирюшина, А.Л. Иванова. – М.: Росинформагротех, 2005. – 55 с.
5. Бугаков, П.С. Агрономическая характеристика почв земледельческой зоны Красноярского края / П.С. Бугаков, В.В. Чупрова; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 1995. – 176 с.
6. Васильев, В.А. Справочник по органическим удобрениям / В.А. Васильев, Н.В. Филиппова. – М.: Росагропромиздат, 1988. – 255 с.
7. Возбуждая, А.Е. Химия почвы: учеб. пособие / А.Е. Возбуждая. – М.: Высшая школа, 1968. – 427 с.
8. Державин, Л.М. Применение минеральных удобрений в интенсивном земледелии / Л.М. Державин // Современное развитие идей Д.Н. Прянишникова: сб. науч. ст. – М.: Наука, 1991. – С. 74–94.
9. Державин, Л.М. Применение минеральных удобрений в интенсивном земледелии. – М.: Колос, 1992. – 272 с.
10. Донских, И.Н. Курсовое и дипломное проектирование по системе удобрений: учеб. пособие. – 3-е изд., перераб. и доп. / И.Н. Донских. – М.: Колос, 2004. – 144 с.
11. Ермохин, Ю.И. Почвенная диагностика обеспеченности растений макро- и микроэлементами на черноземах Сибири / Ю.И. Ермохин. – Омск: Изд-во ОмГАУ, 1987.
12. Ермохин, Ю.И. Почвенно-растительная диагностика потребности сельскохозяйственных культур в удобрениях / Ю.И. Ермохин. – Омск, 1991. – 43 с.
13. Ермохин, Ю.И. Почвенно-растительная оперативная диагностика «ПРОД-ОмСХИ» минерального питания, эффективности удобрений, величины и качества урожая сельскохозяйственных культур

тур: монография / Ю.И. Ермохин. – Омск: Изд-во ОмГАУ, 1995. – 207 с.

14. Ермохин, Ю.И. Программирование урожая в Западной Сибири: учеб. пособие / Ю.И. Ермохин, А.Ф. Неклюдов. – Омск: Изд-во ОмГАУ, 2002. – 88 с.

15. Ефимов, В.Н. Система применения удобрений / В.Н. Ефимов, И.Н. Донских, Г.И. Синицин. – М.: Колос, 1984. – 272 с.

16. Ефимов, В.Н. Система удобрений: учебник / В.Н. Ефимов, И.Н. Донских, В.П. Царенко. – М.: Колос, 2003. – 320 с.

17. Зинякова, Н.Б. Активное органическое вещество в серой лесной почве при органической и минеральной системах удобрения: дис. ... канд. биол. наук / Н.Б. Зинякова. – Пушино, 2014. – 136 с.

18. Каюмов, М.К. Справочник по программированию продуктивности полевых культур / М.К. Каюмов. – М.: Россельхозиздат, 1982. – 288 с.

19. Концепция сохранения и повышения плодородия почв Красноярского края за период 2006–2010 гг. / Ю.П. Танделов, О.В. Ерышова, О.П. Пантюшев [и др.]. – Красноярск, 2005. – 49 с.

20. Кореньков, Д.А. Справочник агрохимика / Д.А. Кореньков. – М.: Россельхозиздат, 1980. – 286 с.

21. Красницкий, В.М. Агрохимическая и экологическая характеристики почв Западной Сибири: монография / Омск: Изд-во ОмГАУ, 2002. – 144 с.

22. Крупкин, П.И. Пути прогнозирования эффективности минеральных удобрений: учеб. пособие / П.И. Крупкин; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2006. – 95 с.

23. Крупкин, П.И. Черноземы Красноярского края / П.И. Крупкин; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2002. – 314 с.

24. Литвак, Ш.И. Системный подход к агрохимическим исследованиям / Ш.И. Литвак. – М., 1990. – 220 с.

25. Лозановская, И.Н. Теория и практика использования органических удобрений / И.Н. Лозановская, Д.С. Орлов, П.Д. Попов. – М.: Агропромиздат, 1988. – 96 с.

26. Майборода, Н.М. Почвы, удобрения и урожай / Н.М. Майборода; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 1982. – 215 с.

27. Майборода, Н.М. Расчет удобрений на планируемый урожай культур при интенсивных технологиях / Н.М. Майборода. – Красноярск, 1988.

28. Майборода, Н.М. Расчет удобрений на планируемый урожай культур при интенсивных технологиях / Н.М. Майборода, Ю.П. Танделов. – Красноярск, 1987.
29. Майборода, Н.М. Средства химизации на планируемый урожай в условиях Красноярского края / Н.М. Майборода. – Красноярск, 1991.
30. Мальцев, В.Т. Азотные удобрения в Приангарье / В.Т. Мальцев; РАСХН. Сиб. отд-ние. – Новосибирск, 2001.
31. Марченко, М.Н. Операционная технология применения минеральных удобрений / М.Н. Марченко. – М.: Россельхозиздат, 1983. – 175 с.
32. Марченко, М.Н. Операционная технология применения удобрений: метод. рекомендации / М.Н. Марченко. – М.: Россельхозиздат, 1983. – 175 с.
33. Методика биоэнергетической оценки технологий производства продукции растениеводства: рекомендации / ВАСХНИЛ. – М., 1983. – 24 с.
34. Минеев, В.Г. Агрохимия, биология и экология почвы / В.Г. Минеев, Е.Х. Ремпе. – М.: Росагропромиздат, 1990. – 206 с.
35. Минеев, В.Г. Агрохимия: учебник / В.Г. Минеев; Моск. гос. ун-т. – М., 2006. – 720 с.
36. Муравин, Э.А. Агрохимия: учебник / Э.А. Муравин. – М.: Колос, 2003. – 384 с.
37. Неклюдов, А.Ф. Биоэнергетическая оценка севооборотов: метод. рекомендации / А.Ф. Неклюдов, В.Д. Киньшакова, О.В. Копейкин. – Новосибирск, 1993. – 35 с.
38. Панников, В.Д. Почва, климат, удобрение и урожай / В.Д. Панников, В.Г. Минеев. – М.: Агропромиздат, 1987. – 512 с.
39. Пискунов, А.С. Методы агрохимических исследований / А.С. Пискунов. – М.: Колос, 2004. – 312 с.
40. Постников, А.В. Химизация сельского хозяйства / А.В. Постников. – М.: Росагропромиздат, 1989. – 223 с.
41. Практикум по агрохимии: учеб. пособие / под ред. Б.А. Ягодина. – М.: Агропромиздат, 1987. – 511 с.
42. Программирование урожайности полевых культур: учеб. пособие / Н.М. Майборода, Л.К. Тупикова, Л.П. Столяр [и др.]; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2000. – 69 с.
43. Прянишников, Д.Н. Избранные труды / Д.Н. Прянишников. – М.: Наука, 1976. – 591 с.

44. Рекомендации по определению доз минеральных удобрений под сельскохозяйственные культуры на планируемый урожай / под ред. П.И. Крупкина, И.А. Макриновой, В.К. Пурлаура [и др.]. – Красноярск, 1987. – 24 с.
45. Рудой, Н.Г. Агрохимия почв Средней Сибири / Н.Г. Рудой. – Красноярск, 2003. – 167 с.
46. Рудой, Н.Г. Агрохимия: метод. указания к курсовой работе / Н.Г. Рудой. – Красноярск, 2010. – 39 с.
47. Рудой, Н.Г. Производительная способность почв Приенисейской Сибири: монография / Н.Г. Рудой; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2010. – 240 с.
48. Система земледелия Красноярского края / под ред. Ю.П. Танделова. – Новосибирск, 1982. – 531 с.
49. Система земледелия Красноярского края на ландшафтной основе: науч.-практ. рекомендации / под общ. ред. С.В. Брылева. – Красноярск, 2015. – 224 с.
50. Соловьева, Н.Ф. Жидкие удобрения и современные методы их применения / Н.Ф. Соловьева. – М.: Росинформагротех, 2010. – 76 с.
51. Сорокина, О.А. Система применения удобрений: лекция / О.А. Сорокина, А.А. Шпедт. – Красноярск, 2005. – 20 с.
52. Сорокина, О.А. Система применения удобрений: учеб. пособие / О.А. Сорокина, Е.Н. Белоусова. – Красноярск, 2010. – 123 с.
53. Состояние плодородия пахотных почв Приенисейской Сибири и эффективность удобрений / Ю.П. Танделов, Е.И. Волошин, О.В. Ерышова [и др.]; Моск. гос. ун-т. – М.: 1997. – 69 с.
54. Танделов, Ю.П. Особенности кислых почв Красноярского края и эффективность известкования: учеб. пособие / Ю.П. Танделов, О.В. Ерышова. – Красноярск, 2003. – 147 с.
55. Танделов, Ю.П. Особенности применения минеральных удобрений в новых экономических условиях / Ю.П. Танделов, Н.М. Майборода. – Красноярск, 2002. – 22 с.
56. Танделов, Ю.П. Плодородие почв и эффективность удобрений в Средней Сибири / Ю.П. Танделов. – Красноярск, 2012. – 302 с.
57. Танделов, Ю.П. Плодородие почв и эффективность удобрений в Средней Сибири / Ю.П. Танделов; Моск. гос. ун-т. – М., 1998.
58. Танделов, Ю.П. Черноземы Красноярского края и проблема известкования / Ю.П. Танделов, О.В. Ерышова. – Красноярск, 2005. – 20 с.

59. Титова, В.И. Особенности системы применения удобрений в современных условиях / В.И. Титова // Агрохимический вестник. – 2016. – № 1. – С. 2–7.

60. Убугунов, Л.Л. Удобрения из минерального и органического сырья и их агрохимическая эффективность / Л.Л. Убугунов, М.Г. Меркушева, Н.Е. Абашеева. – Улан-Удэ: Изд-во БГСХА, 2013. – 353 с.

61. Шатилов, И.С. Руководство по программированию урожаев / И.С. Шатилов. – М., 1986.

62. Шеуджен, А.Х. Агрохимические основы применения удобрений / А.Х. Шеуджен, Т.Н. Бондарева, С.В. Кизинек. – Майкоп: Полиграф-ЮГ, 2013. – 572 с.

63. Юлушев, И.Г. Почвенно-агрохимические основы адаптивно-ландшафтной организации систем земледелия ВКЗП: учеб. пособие / И.Г. Юлушев. – М.: Академический Проект, 2005. – 368 с.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ЕКО – емкость катионного обмена;

S – сумма обменных оснований;

ППК – почвенный поглощающий комплекс;

Hг – гидролитическая кислотность;

pH – реакция почвенного раствора;

N_{AA} – аммонийная селитра;

N_A – сульфат аммония;

N_M – мочевины;

P_c – суперфосфат;

P_{сд} – двойной суперфосфат;

АФ – аммофос;

K_x – калий хлористый;

K_c – сульфат калия;

Kиу – коэффициент использования элемента питания из удобрения;

з. е. – зерновые единицы;

д. в. – действующее вещество;

ВИУА – Всероссийский институт удобрений и агрохимикатов.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица П. 1 – Группировка почв по степени гумусированности пахотного слоя (содержание гумуса, %)

Классы по степени гумусированности			
< Минимального содержания	Слабогумусированные	Среднегумусированные	Сильногумусированные
Светло-серые лесные			
< 2,0	2,0–2,9	3,0–3,9	> 3,9
Серые лесные			
< 3,0	3,0–4,0	4,1–5,0	>5,0
Темно-серые лесные, черноземы оподзоленные, выщелоченные, обыкновенные			
< 4,0	4,0–5,0	5,1–6,0	> 6,0

Таблица П. 2 – Группировка почв по гидролитической кислотности

Номер группы	Ммоль на 100 г почвы
1	>6,0
2	5,1–6,0
3	4,1–5,0
4	3,1–4,0
5	2,1–3,0
6	<2,0

Таблица П. 3 – Содержание CaCO₃ в известковых материалах, %

Мелиорант – известковый материал	Содержание CaO + MgO в переводе на CaCO ₃ , %
1	2
Молотый известняк	75–100
Доломит	80–100
Сланцевая зола:	
пылевидная	70–80
колосниковая	60–70
Цементная пыль	60–85
Мел	90–100
Жженая и гашеная известь	135

1	2
Известковый туф (ключевая известь)	75–95
Торфотуф	20–70
Известковый сапропель	50–75
Мергель	27–75
Гажа (озерная известь)	80–95
Природная доломитовая мука	95
Белитовая мука	30–90
Известковый отход бумажного производства	90

Таблица П. 4 – Обеспеченность почв доступным азотом в зависимости от содержания гумуса и предшественника, оценка ее в классах

Показатель	Менее 5 %, подзолистые и серые лесные почвы	5–10 %, черноземы, темно-серые лесные, 3–5 % – каштановые почвы	Более 10 %, черноземы, лугово-черноземные почвы
Зерновые по чистому пару	4	5	6
Зерновые по занятому пару	3	4	4
Зерновые по раннему пласту многолетних трав	4	5	6
Зерновые по позднему пласту многолетних трав	2	3	4
Зерновые по обороту пласта	2	3	4
Зерновые по удобренным пропашным	2	3	4
Зерновые по зернобобовым	2	3	3
Зерновые по зерновым	1	1	2
Пропашные по обороту пласта	2	3	3
Пропашные по зерновым	1	1	2
Пропашные по пропашным	2	3	3
Пропашные по занятому пару	2	4	4
Многолетние травы по зерновым	1	1	2
Многолетние травы по многолетним травам	2	3	5
Вторая зерновая по чистому пару	1	1	2

Таблица П. 5 – Шкала потребности растений в азотных удобрениях в зависимости от содержания в почве нитратного азота (N-NO₃)

Группа	Содержание нитратного азота	N-NO ₃ , мг/кг	Оценка плодородия	Потребность в удобрениях
1	Очень низкое	< 4,0	Низкое	Высокая
2	Низкое	4,1–8,0		
3	Среднее	8,1–12,0	Среднее	Средняя
4	Повышенное	12,1–16,0		
5	Высокое	16,1–20,0	Высокое	Низкая
6	Очень высокое	> 20,1		

Примечание: 7-й и 8-й классы только для овощных культур.

Таблица П. 6 – Содержание подвижного фосфора в почвах разных почвенно-климатических зон, мг/кг

Группа	Содержание подвижного фосфора	P ₂ O ₅ , мг/кг			Оценка плодородия	Потребность в удобрениях
		Метод Чирикова	Метод Кирсанова	Метод Мачигина		
1	2	3	4	5	6	7
Для почв степного типа Ачинско-Боготольской, Чулымо-Енисейской, Канской, Красноярской лесостепи						
1	Очень низкое	< 25	-	-	Низкое	Высокая
2	Низкое	26–50	–	–		
3	Среднее	51–100	–	–	Среднее	Средняя
4	Повышенное	101–150	–	–		
5	Высокое	151–200	–	–	Высокое	Низкая
6	Очень высокое	> 200	–	–		
Для почв степного типа Минусинской лесостепи						
1	Очень низкое	< 100	–	–	Низкое	Высокая
2	Низкое	101–150	–	–		
3	Среднее	151–200	–	–	Среднее	Средняя
4	Повышенное	201–250	–	–		
5	Высокое	251–300	–	–	Высокое	Низкая
6	Очень высокое	> 300	–	–		
Для почв подзолистого типа всех почв края						
1	Очень низкое	–	< 50	–	Низкое	Высокая
2	Низкое	–	51–100	–		
3	Среднее	–	101–150	–	Среднее	Средняя
4	Повышенное	–	151–200	–		

Окончание табл. П. 6

1	2	3	4	5	6	7
5	Высокое	–	201–250	–	Высокое	Низкая
6	Очень высокое	–	>250	–		
Для карбонатных почв всех зон края						
1	Очень низкое	–	–	< 10	Низкое	Высокая
2	Низкое	–	–	11–20		
3	Среднее	–	–	20–30	Среднее	Средняя
4	Повышенное	–	–	31–45		
5	Высокое	–	–	46–60	Высокое	Низкая
6	Очень высокое	–	–	> 60		

Таблица П. 7 – Группировка почв по содержанию обменного калия в условиях Красноярского края

Группа	Содержание подвижного фосфора	K ₂ O, мг/кг			Оценка плодородия	Потребность в удобрениях
		Метод Чирикова	Метод Кирсанова	Метод Мачигина		
Для почв степного типа всех зон края						
1	Очень низкое	< 50	–	–	Низкое	Высокая
2	Низкое	51–70	–	–		
3	Среднее	71–90	–	–	Среднее	Средняя
4	Повышенное	91–110	–	–		
5	Высокое	111–150	–	–	Высокое	Низкая
6	Очень высокое	> 150	–	–		
Для почв подзолистого типа всех почв края						
1	Очень низкое	–	<50	–	Низкое	Высокая
2	Низкое	–	51–100	–		
3	Среднее	–	101–150	–	Среднее	Средняя
4	Повышенное	–	151–200	–		
5	Высокое	–	201–300	–	Высокое	Низкая
6	Очень высокое	–	> 300	–		
Для карбонатных почв всех зон края						
1	Очень низкое	–	–	<100	Низкое	Высокая
2	Низкое	–	–	101–200		
3	Среднее	–	–	201–300	Среднее	Средняя
4	Повышенное	–	–	301–400		
5	Высокое	–	–	401–600	Высокое	Низкая
6	Очень высокое	–	–	> 600		

Таблица П. 8 – Примерный коэффициент использования влаги культурами по зонам Красноярского края

Зоны	Коэффициент
Тайга, подтайга	0,70
Лесостепь	0,65
Степь	0,60

Таблица П. 9 – Примерные запасы продуктивной влаги (ПВ) в почве перед посевом культур по зонам Красноярского края в зависимости от предшественников (данные КрасГАУ, КНИИСХ, гидрометеослужбы)

Предшественник	Запасы ПВ в слое 1 м, мм	
	Колебания	Среднее
Тайга, подтайга		
Пар чистый	220–260	240
Пар занятый	190–230	210
Пропашные	180–200	190
Зерновые	120–160	140
Многолетние травы	130–160	150
Лесостепь		
Пар чистый	205–230	210
Пар занятый	170–210	190
Пропашные	150–190	170
Зерновые	100–160	120
Многолетние травы	110–170	130
Степь		
Пар чистый	180–200	190
Пар занятый	140–180	160
Пропашные	130–170	150
Зерновые	90–140	110
Многолетние травы	100–140	120

Таблица П. 10 – Среднее многолетнее количество осадков в условиях Красноярского края (данные гидрометеослужбы)

Метеостанция	Осадки за период от посева (посадки) до созревания культуры		
	Яровые зерновые, кукуруза на силос	Рожь озимая	Картофель, корнеплоды
Боготол	200	280	220
Дзержинское	150	200	170
Идринское	190	280	220
Казачинское опытное поле	210	240	220
Тюхтет	190	250	210
Ермаковское	220	270	250
Крутояр	200	260	240
Шарыпово	220	240	230
Уяр	180	230	200
Ирбейское	180	220	200
Балахта	190	230	220
Каратуз	220	250	230
Шира	190	-	200
Бея	200	-	230
Сухобузимо	180	220	200

Таблица П. 11 – Расход влаги на формирование 1 ц основной и побочной продукции, мм (КрасГАУ, 1960–1992 гг.)

Культуры	Без удобрений	При внесении удобрений
1	2	3
Тайга, подтайга		
Пшеница, ячмень	9–11	7–8
Овес	10–11	8–9
Корнеплоды	0,7–0,8	0,6–0,7
Картофель	1,3–1,5	1,1–1,2
Силосные	0,9–1,0	0,7–0,8
Однолетние травы	7–8	5–6
Лесостепь		
Пшеница, ячмень	10–11	8–9
Овес	10–12	9–10
Корнеплоды	0,8–0,9	0,6–0,7
Картофель	1,5–1,8	1,2–1,3
Силосные	1,0–1,1	0,7–0,9
Однолетние травы	8–9	6–7

Окончание табл. П. 11

1	2	3
Степь		
Пшеница, ячмень	12–14	9–11
Овес	13–15	10–12
Корнеплоды	0,9	0,7
Картофель	1,8	1,5
Силосные	1,1	1,0
Однолетние травы	10–11	8–9

Таблица П. 12 – Коэффициенты перевода продукции растениеводства в зерновые единицы

Продукция	Коэффициент перевода
Пшеница, рожь, ячмень	1
Зернобобовые, гречиха, рис	1,4
Овес	0,8
Просо	0,9
Подсолнечник (семена)	0,4
Картофель, овощные, бахчевые	1,44
Кормовые корнеплоды	0,2
Сено однолетних трав	0,4
Сено многолетних трав	0,5
Кукуруза, подсолнечник, рапс на зеленую массу	0,17
Прочие силосные культуры	0,12

Таблица П. 13 – Примерное количество навоза, получаемого в год от взрослого животного, т

Животные	Продолжительность стойлового периода, дни			
	240–220	220–200	200–180	Менее 180
Подстилочный навоз				
Крупный рогатый скот	9–10	8–9	6–8	4–5
Лошади	7–8	5–6	4–4,5	2,5–3
Овцы	1,0	0,9	0,6–0,8	0,4–0,5
Свины	1,5–2,0	1,2–1,5	1,0–1,2	0,8–1,0
Бесподстилочный навоз				
Крупный рогатый скот	3	2,5	2,0	1,5
Свины	0,5	0,3	0,25	0,2

Таблица П. 14 – Годичное поступление птичьего помета от 1 головы (кг) и его химический состав (% на сырое вещество)

Вид птицы	Выход помета	С использованием подстилки	Влажность	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO
Куры	6–7	30	75	1,5	1,4	0,5	1,1
Утки	7–9	35–40	83	0,6	0,8	0,3	1,0
Гуси	10–12	50–60	83	0,6	0,5	0,8	0,6
Индейки	10–11	48–52	75	0,7	0,6	0,5	0,6

Таблица П. 15 – Нормативы затрат минеральных удобрений в действующем веществе на 1 ц основной продукции с учетом побочной, кг (по данным Н.М. Майбороды, Ю.П. Танделова, 1987)

Номер	Культуры	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	Рожь озимая	2,4	2,7	1,6
2	Пшеница яровая	3,8	3,1	2,8
3	Ячмень яровой	2,9	2,4	2,0
4	Овес	2,8	2,2	2,1
5	Просо	2,2	2,1	1,4
6	Горох, вика	1,9	3,0	2,3
7	Гречиха	2,8	3,1	3,1
8	Картофель	0,4	0,47	0,80
9	Кукуруза на зеленую массу	0,42	0,25	0,29
10	Рапс	0,30	0,25	0,28
11	Многолетние злаковые травы	2,7	1,9	1,9
12	Многолетние бобовые травы	1,9	3,0	2,5
13	Однолетние травы (сено)	2,5	1,9	1,9
14	Корнеплоды	0,22	0,22	0,28
15	Капуста	0,32	0,24	0,31
16	Огурцы	0,38	0,31	0,31
17	Морковь	0,20	0,20	0,30
18	Свекла столовая	0,27	0,21	0,24
19	Томаты	0,24	0,26	0,24
20	Лук-репка	0,37	0,20	0,38

Таблица П. 16 – Урожайность культур и поправочные коэффициенты к дозам удобрений в зависимости от содержания элементов питания в почвах

Номер класса	Содержание в почве элементов питания	Урожайность культур, ц/га					
		Зерновые		Многолетние травы на сено			
		20	30	25	30	35	50
		Пропашные,		картофель, рапс, огурцы			
		100	150	200	250	300	350
		Капуста					
		300	400	500	600	700	800
		Столовая свекла					
		200	250	300	350	400	450
		Лук, чеснок, редис					
		50	75	100	125	150	175
		Коэффициенты для зерновых, пропашных					
1	Очень низкое	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
2	Низкое	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
3	Среднее	0,3	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6
4	Повышенное	–	0,2	0,2	0,35	0,4	0,4
5	Высокое	–	–	–	0,15	0,2	0,2
6	Очень высокое	–	–	–	–	0,1	0,1
		Коэффициенты для овощей и корнеплодов					
1	Очень низкое	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
2	Низкое	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
3	Среднее	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
4	Повышенное	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
5	Высокое	0,3	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6
6	Очень высокое	–	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4

Таблица П. 17 – Поправочный коэффициент к дозам удобрений в зависимости от содержания продуктивной влаги в почве перед посевом культур

Содержание продуктивной влаги в метровом слое почвы, мм	Поправочный коэффициент
100–130	0,9
130–160	1,0
160–200	1,1
200–250	1,2

Таблица П. 18 – Вынос элементов питания урожаем культур
(средние данные КНИИСХ, КрасГАУ, ФГУП ЦГАС «Красноярский»)

Культура	Основная продукция	Отношение основной продукции к побочной	Вынос на 1 ц основной продукции, кг		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Пшеница яровая	Зерно	1:1,4	3,5	1,4	2,5
Рожь озимая	Зерно	1:1,7	3,0	1,4	2,6
Овес	Зерно	1:1,5	3,0	1,4	2,5
Ячмень	Зерно	1:1,5	3,0	1,3	2,4
Гречиха	Зерно	1:1,8	5,0	2,4	8,0
Горох	Зерно	1:1,5	6,8	1,9	3,0
Рапс (семена)			5,6	2,9	5,0
Рапс (зеленая масса)			0,4	0,1	0,6
Вика	Зерно	1:1,6	6,6	1,8	2,8
Просо	Зерно	1:1,8	3,3	1,0	3,4
Кукуруза (зеленая масса)	Силос	1:2,0	0,4	0,1	0,4
Подсолнечник (зеленая масса)	Силос	–	0,4	0,1	0,5
Картофель	Клубни	1:1,2	0,5	0,2	0,7
Лен-долгунец	Волокно Семена	1:6,0 1:8,0	8,0	4,0	7,0
Люцерна в цвету	Сено	–	2,6	1,1	2,2
Клевер	Сено	–	2,5	1,0	2,1
Кострец безостый	Сено	–	1,6	0,8	2,4
Однолетние травы	Сено	–	2,0	0,8	2,4
Сахарная свекла	Корнеплоды	1:1,0	0,6	0,2	0,75
Кормовая свекла	Корнеплоды	1:1,0	0,4	0,13	0,46
Турнепс	Корнеплоды	1:1,0	0,3	0,1	0,4
Капуста поздняя	Кочаны	5:1,0	0,42	0,15	0,7
Томаты	Плоды	1,5:1,0	0,3	0,28	0,37
Огурцы	Плоды	4:1	0,4	0,2	0,5
Морковь	Корнеплоды	1:1	0,21	0,13	0,43
Свекла столовая	Корнеплоды	1:1	0,4	0,16	0,65
Лук	Луковица	1,2:1,0	0,5	0,14	0,24
Редис	Корнеплоды	1,2:1,0	0,34	0,14	0,4

Таблица П. 19 – Содержание энергии в компонентах урожая

Культура	Влажность, %	ГОСТ	МДж/кг сухого вещества (КрасГАУ)
1	2	3	4
Пшеница мягкая	17	10467-76	19,1
Рожь	17	10468-76	19,3
Ячмень	15	10469-76	19,0
Овес	18	10470-76	19,2
Гречиха	15	10247-76	18,6
Кукуруза (зерно, семена)	16	20582-75	17,8
Просо	15	10249-75	19,2
Горох	16	10246-75	20,3
Злаковые многолетние травы	15	19449-74	19,0
Бобовые многолетние травы	13	19450-74	20,0
Эспарцет	14		20,0
Подсолнечник	10	9576-71	23,1
Лен	14	9668-75	24,0
Горчица	12	9670-61	28,4
Рапс	12	9824-71	26,0
Рыжик	13	9671-61	28,4
Конопля	14	10490-63	26,0
Свекла сахарная	14	20797-75	21,0
Свекла сахарная, односемянная	15	10882-73	21,0
Бобовые многолетние травы	17		20,6
Бобовые однолетние травы	17		17,6
Злаковые многолетние травы	17		17,6
Злаковые однолетние травы	17		18,0
Естественные травы	17		16,3
Кукурузная	75		24,0
Подсолнечниковая	60		23,0
Сенаж	45		17,2
Овсяная	11		18,4
Клеверная	11		20,6
Естественные травы	12		16,3
Бобово-злаковая	12		19,0
Картофель	77,6		15,1
Капуста белокочанная, цветная	90,6		16,8
Лук репчатый	86,5		16,7
Морковь	85,6		18,0
Редька	87,0		18,0
Редис	93,0		18,0

Окончание табл. П. 19

1	2	3	4
Репа	90,8		18,0
Свекла	82,2		19,8
Томат	93,4		18,0
Чеснок	64,6		18,0
Огурец	95,4		18,0
Брюква	88,8		18,0
Кабачок	95,1		18,0

Таблица П. 20 – Энергозатраты на производство промышленных минеральных (по В.В.Токареву и др., 1987; Л.М. Державину, 1992) и местных удобрений (по Н.М. Майбороде, 1988)

Вид удобрений	Энергозатраты, МДж/кг д. в.
Азотные	86,8
Фосфорные	12,6
Калийные	8,3
Комплексные	51,5
Известковые материалы	3,8
Зола древесных культур	2,9
Навоз (80 % влажности)	0,45
Торф, компосты (60 % влажности)	1,7

Таблица П. 21 – Энергетические эквиваленты удобрений

Название удобрений	Содержание действующего вещества, %	Энергетический эквивалент, МДж	
		1 кг д. в.	1 кг физической массы
1	2	3	4
Азотные		86,8	17,79
Сульфат аммония	20,5		17,79
Аммиачная селитра	34,5		29,95
Натриевая селитра	16		13,88
Кальциевая селитра	17	14,76	
Карбамид (мочевина)	46		39,93
Хлористый аммоний	26		22,57
Аммиачная вода	20,5		17,79
Аммиак жидкий	82		71,18
Углеаммиакаты жидкие	29		25,17

Окончание табл. П. 21

1	2	3	4
Фосфорные		12,6	х
Суперфосфат простой гранулированный	19,5		2,46
Суперфосфат двойной гранулированный	46		5,8
Фосфат-шлак	10		1,26
Фосфоритная мука	19		2,39
Калийные		8,3	
Хлористый калий	60		4,98
Калийная соль	40		3,32
Сульфат калия	48		3,98
Концентрат калийно-магниевый	19	1,58	
Сложные		51,5	х
Нитрофоска	12-12-12		18,54
Нитрофоска	16-16-16		24,72
Нитрофос	24-14		19,57
Аммофос из апатита	11-49		30,9
Диаммофос	19-48		34,5
Нитроаммофоска	14-14-14		21,63
Нитроаммофос	23-23		23,69
Жидкие фосфорные удобрения	10-34		22,66
Органические и жидкие удобрения			
Навоз:			
80 % влажности		0,42	
60 % влажности		0,84	
Торфонавозные компосты			
60 % влажности		1,7	
Местные минеральные удобрения		2,9	
Известковые материалы		3,8	

Таблица П. 22 – Энергозатраты на применение минеральных и органических удобрений, МДж/т

Показатель	Энергия
Транспортировка, погрузо-разгрузочные работы, хранение и подготовка минеральных удобрений к внесению	1880
Внесение минеральных удобрений:	
СЗП-3,6	800
СЗС-2,1	1180
РУМ-5	240
Погрузка, транспортировка и внесение органических удобрений	136

Таблица П. 23 – Энергозатраты на заготовку, хранение органических удобрений при естественной влажности (по Н.М. Майборода, 1991)

Вид удобрений	Содержание воды, %	Энергозатраты	
		На 1 т	На 1 кг д. в.
Навоз КРС:			
подстилочный	80	5,8	0,45
полужидкий	85	3,4	0,40
Навоз свиной:			
подстилочный	75		
полужидкий	80	5,9	0,45
Навоз:			
овечий	65	13	0,7
конский	65	11,6	0,8
Навозная жижа:			
КРС	95	3,3	0,5
свиней	95	4,2	0,5
Птичий помет	55	7,8	2,5
Торф	70	6,9	0,9
Компосты	70	3,0	1,7

Таблица П. 24 – Энергозатраты на уборку дополнительной продукции (зерно), МДж/т

Наименование работ	Энергозатраты
Прямое комбайнирование	139,4
Транспортировка зерна	206,8
Очистка и сушка зерна	524,9
ИТОГО	871,1

Образец титульного листа курсовой работы

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Департамент научно-технологической политики и образования
ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет»

Институт агроэкологических технологий

Кафедра почвоведения и агрохимии

**СИСТЕМА ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЯ В СЕВООБОРОТАХ
ЗАО «МАЯК»**

Курсовая работа

Выполнил студент 3-го курса
И.П. Сидоров
«.....».....20...г.

Руководитель – к. б. н., доцент Е.С. Дроздова
«.....».....20...г.

Красноярск 20...

СИСТЕМА ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ

Учебно-методическое пособие

*Ульянова Ольга Анатольевна
Белоусова Елена Николаевна*

Редактор И.В. Пантелеева

Санитарно-эпидемиологическое заключение № 24.49.04.953.П. 000381.09.03 от 25.09.2003 г.

Подписано в печать 29.06. 2017. Формат 60×90/16. Бумага тип. № 1.

Печать – ризограф. Усл. печ. л. 7,75. Тираж 60 экз. Заказ № 179

Редакционно-издательский центр Красноярского государственного аграрного университета
660017, Красноярск, ул. Ленина, 117