

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Департамент научно-технологической политики и образования
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Красноярский государственный аграрный университет»
Институт агроэкологических технологий
Кафедра почвоведения и агрохимии

**СИСТЕМА ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ В СЕВООБОРОТЕ НА ПРИМЕРЕ
(конкретного хозяйства)**

КУРСОВАЯ РАБОТА

Выполнил:

Студент группы

(подпись)

Принял:

Профессор, д.б.н.

(подпись)

Красноярск 2024

ВВЕДЕНИЕ

Применение удобрений оптимизирует минеральное питание растений. Оптимизация питания рассматривается как научно-обоснованная система, базирующаяся на концепции единства почвы и растения, обеспечивающая получение планируемых или запрограммированных урожаев при минимальном использовании химической энергии в виде удобрений.

Система удобрений – это комплекс агрономических, экономических и организационно-хозяйственных мероприятий по рациональному применению органических и минеральных удобрений, химических мелиорантов, обеспечивающих получение планируемого урожая сельскохозяйственных культур хорошего качества, сохранение или повышение плодородия почвы, повышение производительности труда, снижение энергозатрат и себестоимости и формирование экологически безопасных экосистем.

Система удобрения севооборота – это составная часть генеральной схемы организационно-хозяйственных мероприятий, осуществляемых в хозяйстве.

По данным многочисленных исследований применение удобрений в севообороте повышает их эффективность на 20-30 %. При этом доля участия удобрений в формировании урожая зависит от влагообеспеченности и потенциального плодородия почв.

Разработка системы удобрения в севообороте состоит из двух этапов: на первом устанавливают общую потребность культур в удобрениях, обеспечивающую заданную продуктивность и повышение плодородия почвы; на втором этапе, исходя из рассчитанной потребности в удобрениях, распределяют их между культурами при их чередовании и определяют технологию и приемы внесения. Далее проводится оценка эффективности разработанной системы удобрения севооборота.

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Цель настоящей курсовой работы состоит в том, чтобы определить потребность севооборота в элементах питания с учетом его продуктивности и разработать наиболее эффективную рациональную систему удобрения в севообороте с учетом агроклиматических ресурсов, плодородия почвы, биологических особенностей культур, предшественников и экологических требований.

При разработке курсовой работы по системе удобрения в севообороте перед студентами ставятся следующие задачи:

- научиться методам научного обоснования применения удобрений;
- приобщиться к самостоятельной работе над первоисточниками;

- применить и закрепить знания по составлению рациональной системы удобрения в севообороте;
- квалифицированно проанализировать запланированные мероприятия по внесению органических, минеральных удобрений и химических мелиорантов;
- доказать эффективность применяемых мероприятий.

СОДЕРЖАНИЕ ОСНОВНЫХ ГЛАВ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Общий объем курсовой работы (текст с таблицами) должен занимать около 25-30 страниц.

1. Во введении очень кратко охарактеризовать роль и значение удобрений в повышении урожайности сельскохозяйственных культур и их качества. Дать определение и основные принципы рациональной системы удобрения севооборота.

2. 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 природных условий. 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).

3. Дать подробную агрохимическую характеристику почвы, на которой расположен севооборот. Установить потребность в химических мелиорациях (известковании и гипсовании). Провести оценку обеспеченности почвы основными элементами питания (азотом, фосфором и калием).

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

5. Рассчитать накопление органических удобрений в хозяйстве (на отделении, в бригаде) и поступление с ними питательных веществ. Установить норму, место и периодичность внесения органических удобрений в севообороте.

6. Определить потребность культур, выращиваемых в севообороте, в питательных веществах с учетом выноса элементов питания с планируемым урожаем, поступления питательных веществ с органическими удобрениями и принятых критериев баланса азота, фосфора и калия с учетом обеспеченности ими.

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

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

9. Рассчитать емкость склада для хранения требуемого объема удобрений в туках.

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

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ОСНОВНЫХ РАЗДЕЛОВ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

1. Общие сведения о хозяйстве

2. Агрохимическая характеристика почвы севооборота

В данном разделе указывается, на какой почве расположен севооборот, для которого проектируется система удобрения. Дается подробная агрохимическая характеристика по основным показателям (содержанию гумуса, актуальной, обменной и гидролитической кислотности, емкости катионного обмена, степени насыщенности основаниями, обеспеченности почв подвижными формами основных питательных веществ). По данным таблицы 1 дается оценка агрохимических показателей в следующем порядке.

Таблица 1 - Агрохимическая характеристика почвы севооборота

Глубина гумусового слоя, см	Гумус, %	S	Нг	ЕКО	Na	V, %	pH ксл	P ₂ O ₅	K ₂ O
		мг-экв/100 г						По методу....., мг/100 г	

1. Определить потребность почвы в известковании по степени насыщенности основаниями (У) и величине обменной кислотности (рНксл). Для этого необходимо рассчитать емкость катионного обмена (ЕКО) и степень насыщенности почвы основаниями (У, %). 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 (CaCO₃, т на га)

2. При наличии в почве поглощенного натрия определить степень солонцеватости почвы (Na, %) и потребность почв в гипсовании. Если почва нуждается в гипсовании, необходимо рассчитать дозу гипса.

3. Определить возможность применения фосфоритной муки по графику Голубева, а также наиболее эффективный способ применения фосфоритной муки для данной почвы.

4. Дать оценку обеспеченности почв доступным азотом, учитывая роль предшественника и содержание гумуса (приложение 1).

Данные по обеспеченности почвы азотом в севообороте представить в виде таблицы 2. Кроме того, оценить наличие в почве нитратного азота (N-NO₃), пользуясь разработанными градациями в приложении 2.

Таблица 2 - Обеспеченность доступным азотом сельскохозяйственных культур севооборота в зависимости от содержания гумуса

и предшественников

Севооборот	Класс по содержанию	Обеспеченность	Примерное содержание N-NO ₃ , мг/кг почвы

Указать мероприятия, способствующие накоплению азота в почве (введение паров, посев многолетних трав, сидерация, внесение органических и минеральных удобрений и т. д.).

На основании агрохимических картограмм содержания в почве подвижных фосфатов (P₂O₅) и обменного калия (K₂O), а также данных таблицы 1, проводится оценка обеспеченности почв этими элементами питания по местным градациям (приложение 2). Результаты оценки обеспеченности почв фосфором и калием представить в виде таблицы 3, указав метод их определения (Чириков, Кирсанов, Мачигин).

Таблица 3 - Обеспеченность подвижным фосфором и обменным калием по методу.....

Элементы питания	Содержание, мг/100 г почвы	Обеспеченность для культур севооборота		
		зерновые, зернобобовые	пропашные, травы	картофель, овощи
P ₂ O ₅ K ₂ O ₅				

В заключение этого раздела по литературным данным и результатам агрохимического обследования почв Красноярского края охарактеризовать обеспеченность почвы севооборота микроэлементами.

3 Определение продуктивности севооборота

Первое условие, обеспечивающее высокоэффективное использование удобрений и их экологическую безопасность - правильное установление продуктивности севооборота и величины планируемой урожайности сельскохозяйственных культур. При планировании урожайности следует помнить, что в районах недостаточного увлажнения лимитирующим фактором урожайности сельскохозяйственных культур является в первую очередь почвенная влага. Поэтому, планируя урожайность, необходимо учитывать продуктивные запасы влаги в почве и количество атмосферных осадков за вегетационный период, а также использование влаги растениями.

При таких условиях урожайность определяется согласно формуле:

$$У_{п} = \frac{K (ПВ + АО)}{Н}, \text{ ц с 1 га}$$

где: К – коэффициент использования влаги культурами при применении удобрений (приложение 3); П – запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы, мм (приложение 4); АО – атмосферные осадки за вегетационный период (до созревания растений), мм (приложение 5); Н – норматив затрат влаги на создание 1ц основной продукции с учетом побочной, мм (приложение 6).

Планируемая урожайность (У_п) 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 используют пропорцию:

$$У_{п} - 100 \%$$

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, которые приведены в приложении 7. 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 заносятся в таблицу 4 и обобщаются.

Таблица 4 - 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

Итого:

4. Накопление и использование органических удобрений

В таблице 5 определяется производство и накопление органических удобрений. Примерное количество твердого навоза, которое можно получить от всего поголовья скота в хозяйстве подсчитывают, пользуясь средними данными по выходу навоза на 1 голову в зависимости от продолжительности стойлового периода (приложение 8) и поголовья скота.

В связи с тем, что наиболее эффективным является применение полуперепревшего навоза, следует от полученного количества навоза (таблица 5) вычесть 25 %, которые теряются при его разложении. Общее количество органических удобрений, рассчитанных в таблице, нужно рационально распределить по объектам. Необходимо установить, в какое поле данного севооборота, и в какой норме планируется внесение органических удобрений. Кратко описать применяемый способ внесения и заделки органических удобрений в почву.

Таблица 5 - Накопление навоза на отделении (ферме, бригаде) при продолжительности стойлового периода ...дней

Вид скота, имеющийся	Количество голов, шт	Выход навоза за 1 год, тонн

в хозяйстве		от 1 головы	всего
КРС Молодняк КРС Лошади Свиньи Овцы Птица			

Чтобы определить степень использования органических удобрений культурами севооборота, следует провести расчеты в таблице 6. Исходя из химического состава навоза, взятого по справочникам или из приложения 9, рассчитывается содержание питательных веществ в той дозе навоза, которая запланирована для внесения в конкретное поле севооборота. С учетом коэффициента использования растениями питательных веществ из навоза определяется количество доступных элементов питания, получаемое растениями из навоза.

Таблица 6 - Использование питательных веществ культурами из навоза

Показатели	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Химический состав навоза, %			
Содержание питательных веществ в ___ т навоза, кг			
Использование первой культурой			
Коэффициент использования питательных веществ из навоза, %			
Будет усвоено, кг			
Использование второй культурой			
Коэффициент использования питательных веществ из навоза, %			
Будет усвоено, кг			
Использование третьей культурой			
Коэффициент использования питательных веществ из навоза, %			
Будет усвоено, кг			
Усвоено всего культурами, кг			

Примечание: показатель – усвоено всего культурами (кг) рассчитывается как сумма усвоенных элементов первой, второй и третьей культурами. Коэффициенты использования питательных веществ из навоза приведены в приложении 10.

5. Определение потребности культур севооборота в минеральных удобрениях

Существует много методов расчета доз удобрений и определения суммарной потребности в удобрениях за севооборот. Все они имеют положительные и отрицательные стороны. В настоящей курсовой работе применяется метод расчета доз удобрений, основанный на возврате питательных веществ от их выноса с урожаями в зависимости от обеспеченности почвы элементами питания.

Математическое выражение этого метода имеет такой вид:

$$D = U_{\text{п}} \times B \times K_1 \times K_2; \text{ где:}$$

D – доза удобрения, кг д.в. на гектар;

$U_{\text{п}}$ – величина планируемого урожая, ц с 1 га;

B – вынос элементов питания (N , P_2O_5 , K_2O) с единицей урожая, кг (приложение 11).

K_1 – поправочный коэффициент в зависимости от обеспеченности почв элементами питания или коэффициент возврата (табл. 7, 9, 11);

K_2 – поправочный коэффициент на содержание доступной влаги в метровом слое почвы перед посевом культур (приложение 12).

Студент должен провести расчет доз удобрений для каждой культуры севооборота, пользуясь этим методом. Порядок выполнения расчетов доз удобрений приводится ниже.

5.1. Расчет потребности севооборота в азоте

Для получения высоких урожаев азот должен возвращаться в виде удобрений в овощных севооборотах на 100-110 %, а в полевых – в количестве 50-80 % от выноса с планируемым урожаем.

Коэффициенты возврата азота от его выноса с урожаем, в зависимости от обеспеченности этим элементом питания, приведены в таблице 7. Данная таблица имеет справочный характер для полевых севооборотов, по которым студенты разрабатывают систему удобрения.

Таблица 7 – Возврат азота с удобрениями в зависимости от обеспеченности им почв для полевых севооборотов

Обеспеченность почв азотом	Возврат азота в % от его выноса с урожаями	Коэффициент возврата (K_1)
Очень низкая	80	0,8
Низкая	70	0,7
Средняя	50	0,5
Повышенная	20	0,2
Высокая	не применяется	–
Очень высокая	–II–	–

Рассчитывается вынос азота с планируемым урожаем культур, а также потребность севооборота в азотных удобрениях в зависимости от обеспеченности растений азотом по предшественникам. Результаты расчетов оформляются в виде таблицы 8.

Азотные удобрения в севообороте действуют один год и не обнаруживают последствий. Это положение необходимо учитывать при дальнейшем распределении удобрений в севообороте.

Таблица 8 - Расчет доз азота в севообороте

Севооборот	Планируемый урожай (Уп), ц с 1 га	Вынос азота (В) с 1 ц, кг	Вынос азота планируемым урожаем, кг/га	Обеспеченность культур азотом по предшественникам	Коэффициент возврата азота (K_1)	Расчетная доза азота (Д), кг/га

Итого:

От общего количества требуемого азота, рассчитанного в таблице 8, необходимо вычесть поступление азота с органическими удобрениями, вычисленное в таблице 6.

5.2. Расчет потребности севооборота в фосфоре

Академик Д.Н. Прянишников рекомендовал возвращать в почву 100-130% фосфора от его выноса с урожаями. Возврат фосфора в зависимости от обеспеченности им почв изменяется, как представлено в таблице 9.

Общая потребность севооборота в фосфоре рассчитывается в таблице 10. Используется такой же принцип расчета как для азота.

Таблица 9 - Возврат фосфора с удобрениями в зависимости от обеспеченности им почв для полевых севооборотов

Обеспеченность почв фосфором	Возврат фосфора в % от его выноса с урожаями	Коэффициент возврата (K_1)
Очень низкая	Более 130	1,3
Низкая	120	1,2
Средняя	110	1,1
Повышенная	на почвах обогащенных азотом посев семян	с дозой 10-20 кг/га –II–
Высокая		
Очень высокая		

Следует учитывать, что рядковое внесение удобрений в малых дозах практически не оказывает последствий. Фосфорные удобрения в дозах 40-80 кг д.в. на гектар существенно действуют на урожай два года, что также необходимо учитывать при разработке системы удобрения

Таблица 10 - Расчет доз фосфора в севообороте

Севооборот	Планируемый урожай (Уп), ц с 1 га	Вынос фосфора (В) с 1 ц, кг	Вынос фосфора с планируемым урожаем, кг/га	Обеспеченность почв фосфором	Коэффициент возврата (К ₁)	Расчетная доза фосфора (Д), кг/га

Итого:

От общего количества фосфора, требуемого культурами севооборота в таблице 10, следует вычесть фосфор, поступающий с органическими удобрениями, рассчитанный в таблице 6.

5..3. Расчет потребности севооборота в калие

Для калия выдерживается такой же принцип расчета доз удобрений. Размеры возврата калия с удобрениями на почвах среднего и тяжелого гранулометрического состава приведены в таблице 11.

При средней и высокой обеспеченности почв калием его возврат с удобрениями меньше, потому что валовые запасы его в почве больше и происходит постоянный переход их в подвижные формы.

Таблица 11 - Возврат калия с удобрениями в зависимости от обеспеченности им почв для полевых севооборотов

Обеспеченность почв калием	Возврат калия в % от его выноса с урожаями	Коэффициент возврата (К ₁)

Очень низкая	100	1,0
Низкая	80	0,8
Средняя	60	0,6
Повышенная	20–40	0,2–0,4
Высокая	не применяется	
Очень высокая	–II–	

Порядок расчета потребности севооборота в калийных удобрениях приведен в таблице 12.

Калийные удобрения вносятся один-два раза за севооборот в оптимальных дозах, в основном, под калиелюбивые культуры. В таких дозах калийные удобрения обладают последствием.

Таблица 12 - Расчет доз калия в севообороте

Севооборот	Планируемый урожай (Уп), ц с 1 га	Вынос калия (В) с 1 ц, кг	Вынос калия с планируемым урожаем, кг/га	Обеспеченность почв калием	Коэффициент возврата (К ₁)	Расчетная доза калия (Д), кг/га

Итого:

Из общего количества калия, требуемого культурами севооборота (табл.12) необходимо вычесть калий, поступающий с органическими удобрениями (табл. 6).

6. Рациональное распределение удобрений в севообороте

Для правильного распределения удобрений в севообороте необходимо изучить литературу по вопросам применения удобрений.

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 и др.). Эти работы опубликованы в трудах КСХИ, КНИИСХ, КрасГАУ, агрохимлабораторий, агрохимического центра «Красноярский», а также опытных станций и государственных сортоучастков.

Исходя из планируемой урожайности сельскохозяйственных культур, почвенно-климатических особенностей, предшественников, доз минеральных и органических удобрений, составляется система удобрения севооборота.

Итоговое суммарное количество питательных веществ (азота, фосфора и калия), требуемых за севооборот из таблиц 8, 10 и 12 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 13.

После заполнения таблицы 13 необходимо представить следующие расчеты:

- 1) соотношение питательных веществ в минеральных удобрениях (N, P₂O₅, K₂O);
- 2) приходится действующего вещества в среднем на 1 га пашни севооборота, кг: N, P₂O₅, K₂O, навоза или химического мелиоранта.

Таблица 13 - Распределение минеральных удобрений в севообороте

Сево- оборот	Азот			Фосфор				Калий				
	дозы питательных веществ по способам внесения, кг д.в.											

7. Агрохимическое обоснование системы удобрения севооборота

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 машины и орудия используются для внесения удобрений под каждую культуру.

Рациональность разработанной системы удобрения следует подкреплять ссылкой 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.

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.

Приводится расчет удобрений в туках (Т, ц на га). Для этого доза удобрения (Д, кг д.в. на 1 га) делится на содержание элементов питания в конкретном удобрении (С, %) по формуле:

$$D = \frac{T}{C}$$

Расчеты проводятся под каждую культуру севооборота и вносятся в соответствующие графы таблицы 14.

Таблица 14 - План внесения минеральных и органических удобрений в севообороте

Севооборот	Дозы					Виды удобрений, формула, содержание д.в.	Внесено в туках (Т), ц/га			
	навоз	мелиоранты	кг д.в./га				азотные	фосфорные	калийные	комплексные
			N	P	K					
			по способам внесения							

Итого:

8. Расчет емкости склада для удобрений севооборота

Определяется общая потребность по видам удобрений на всю площадь полей севооборота. Для этого туки, рассчитанные в таблице 14, умножают на площадь поля севооборота и переводят их в тонны физической массы конкретных удобрений. Результаты расчетов заносят в таблицу 15.

Исходя из общего количества туков (общая масса удобрений), также объема, занимаемого одной тонной удобрений по каждому виду (приложение 13), рассчитывается объем склада для хранения этих удобрений. Заполняется форма таблицы 16.

Таблица 15 - Общая потребность в минеральных удобрениях для севооборота

Севооборот	Площадь поля, га	Удобрения по видам на все поля, тонн			
		азотные	фосфорные	калийные	комплексные

Итого:

Чтобы рассчитать площадь склада, требуется общий объем удобрений (кубатуру удобрений) поделить на высоту штабеля или насыпи, которая приведена в приложении 13.

Таблица 16 - Расчет емкости склада

Вид удобрения	Общая масса удобрений для севооборота, тонн	Объем тонны удобрения, м ³	Общий объем удобрений, м ³	Площадь склада, м ²

После расчета емкости склада необходимо кратко изложить основные правила возможного смешивания и хранения тех видов и форм удобрений, которые выбраны в курсовой работе.

9. Определение агрономической эффективности применения удобрений в севообороте

Агрономическая эффективность применения удобрений – это результат действия удобрений на выход основной продукции (зерна, клубней, волокна и т. п.), выраженный прибавкой урожая с гектара или на единицу тука. 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:

$$O_y = \frac{P_y}{\Sigma NPK},$$

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.

Заключение

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.

Литература

Агрохимическая характеристика почв СССР. Средняя Сибирь. М.: Наука, 1971.

Агрохимическая характеристика почв СССР. Восточная Сибирь. М.: Наука, 1969.

Агрохимия /Под ред. Б.А. Ягодина. М.: Колос, 2002.

Бугаков П.С., Чупрова В.В. Агрономическая характеристика почв земледельческой зоны Красноярского края. Красноярск: изд-во Краснояр. гос. аграр. ун-та, 1995.

Биоэнергетическая оценка севооборотов: Методические рекомендации/ Неклюдов А.Ф., Киньшакова В.Д., Копейкин О.В. Новосибирск, 1993.

Ефимов В.Н., Донских И.Н., Сеницин Г.И. Система применения удобрений. М., 1984.

Ермохин Ю.И. Почвенно-растительная оперативная диагностика «ПРОД-ОмСХИ» минерального питания, эффективности удобрений, величины и качества урожая сельскохозяйственных культур: Монография /ОмГАУ. Омск, 1995 4. Каюмов М.Н. Программирование урожая сельскохозяйственных культур. М., 1989.

Ермохин Ю.И. Почвенная диагностика обеспеченности растений макро- и микроэлементами на черноземах Сибири. Уч. пособие: Омск, 1987.

Каюмов М.Н. Программирование урожайности сельскохозяйственных культур. М., 1989.

Крупкин П.И. Черноземы Красноярского края. Красноярск: изд-во гос. ун-та, 2002.

Литвак Ш.И. Системный подход к агрохимическим исследованиям. М., 1990.

Майборода Н.М. и др. Расчет удобрений на планируемый урожай культур при интенсивных технологиях. Красноярск, 1988.

Майборода Н.М. и др. Средства химизации на планируемый урожай в условиях Красноярского края. Красноярск, 1991.

Мальцев В.Т. Азотные удобрения в Приангарье / РАСХН .Сиб. отд-ние. Новосибирск, 2001.

Минеев В.Г. Агрохимия: Учебник. М., 2002.

Панников В.Д., Минеев В.Г. Почва, климат, удобрение и урожай. М., 1987.

Рудой Н.Г. Агрохимия почв Средней Сибири. Красноярск, 2003.

Танделов Ю.П. и др. Состояние плодородия пахотных почв Приенисейской Сибири. М.: изд-во МГУ, 1997.

Танделов Ю.П. Плодородие почв и эффективность удобрений в Средней Сибири. М.: изд-во МГУ, 1998.

Шатилов И.С. и др. Руководство по программированию урожаев. М.,

ПРИЛОЖЕНИЯ

Таблица 1 - Обеспеченность почв доступным азотом в зависимости от содержания гумуса и предшественника, оценка ее в классах

Предшественники	Содержание гумуса в почве		
	менее 5%, подзолистые и серые лесные	5-10, чернозе- мы, темно- серые лесные, 3-5% - кашта- новые	более 10%, черноземы, лугово- черноземные почвы.
Зерновые по чистому пару	4	5	6
Зерновые по занятому пару	3	4	4
Зерновые по раннему пла- сту многолетних трав	4	5	6
Зерновые по позднему пла-	2	3	4

сту многолетних трав			
Зерновые по обороту пласта	2	3	4
Зерновые по удобренным пропашным	2	3	4
Зерновые по зерно-бобовым	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 2 - Группировка почв по содержанию питательных веществ по зонам Красноярского края, мг/100 г

Классы	Цвет	Почвенно-климатические зоны	
		Тайга, подтайга	Лесостепь, степь
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
Нитратный азот			
1	Красный	<0,4	
2	Оранжевый	0,4-0,8	
3	Желтый	0,8-1,2	
4	Зеленый	1,2-1,6	
5	Голубой	1,6-2,0	
6	Синий	2,0-2,4	
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
Подвижный фосфор			
классы	По Кирсанову	По Чирикову	По Мачигину
1	<15,0	<10,0	<1,0

2	15,1-20,0	10,1-15,0	1,1-2,0
3	20,1-25,0	15,1-20,0	2,1-3,0
4	25,1-30,0	20,1-25,0	3,1-4,5
5	30,1-35,0	25,1-30,0	4,6-6,0
6	>35,0	>30,0	>6,0
Обменный калий			
1	<5,0	<5,0	<10,0
2	5,1-10,0	5,1-7,0	10,1-20,0
3	10,1-15,0	7,1-9,0	20,1-30,0
4	15,1-20,0	9,1-11,0	30,1-40,0
5	20,1-30,0	11,1-15,0	40,1-60,0
6	>30,0	>15,0	>60,0

Таблица 3 - Примерный коэффициент использования влаги культурами по зонам Красноярского края

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

Таблица 4 - Примерные запасы продуктивной влаги (ПВ) в почве перед посевом культур по зонам Красноярского края в зависимости от предшественников (Данные КрасГАУ, КНИИСХ, гидрометслужбы)

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 5 - Среднее многолетнее количество осадков в условиях Красноярского края

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 6 - Расход влаги на формирование 1 ц основной и побочной продукции, мм
(КрасГАУ, 1960-92 гг.)

Культуры	Без удобрений	При внесении удобрений
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
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 7 - 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	0,4
Картофель, овощные, бахчевые	1,44
Кормовые корнеплоды	0,2
Сено однолетних трав	0,4
Сено многолетних трав	0,5
Кукуруза (силос)	0,17
Прочие силосные культуры	0,12

Таблица 8 - 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
Свиньи	1,5-2,0	1,2-1,5	1,0-1,2	0,8-1,0
Безподстилочный навоз				
Крупный рогатый скот	3	2,5	2,0	1,5
Свиньи	0,5	0,3	0,25	0,2

Таблица 8а - 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 9 - Химический состав свежего навоза, % на сырое вещество (Красноярская и Ачинско-Боготольская лесостепь, ФГУП ЦГАС «Красноярский»)

Вид органического удобрения	Влажность	Зольность	Органическое вещество	pH	Содержание		
					N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Навоз КРС:							
Подстилочный	78,7	5,8	17,5	8,2	0,43	0,24	0,33
Безподстилочный	83,6	3,2	13,2	8,0	0,39	0,16	0,26
На гидросмыве	95,7	1,0	3,3	7,6	0,16	0,05	0,17
Свиной:							
Безподстилочный	76,2	2,8	21,0	7,1	0,77	0,20	0,22
подстилочный	75,6	3,5	20,0	6,8	1,00	0,39	0,66
Овечий	66,4	0,8	34,8	8,7	1,01	0,34	1,55
Конский	73,7	4,9	21,4	7,5	0,52	0,29	0,53

Таблица 10 - Коэффициенты использования питательных веществ из органических удобрений

Вид удобрения	Год действия	Коэффициенты использования, %		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Навоз	1	20-25	25-35	30-40
Компосты	2	10-15	15-20	20-25
Зеленое удобрение	3	5-10	5-10	10-15

Таблица 11 - Вынос элементов питания урожаям культур (средние данные КНИИСХ, КрасГАУ, ФГУП ЦГАС «Красноярский»)

Культуры	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	3,0	1,6	4,0
Горох	Зерно	1:1,5	6,8	1,9	3,0
Вика	Зерно	1:1,6	6,6	1,8	2,8
Просо	Зерно	1:1,8	3,3	1,0	3,4
Кукуруза	Зерно	1:2,0	0,4	0,1	0,4
Картофель	Клубни	1:1,2	0,66	0,36	0,9
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
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	0,2	0,14	0,29
Редис	Корнеплоды	1,2:1,0	0,32	0,14	0,34

Таблица 12 - Поправочный коэффициент к дозам удобрений, в зависимости от содержания продуктивной влаги в почве перед посевом культур

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

Таблица 13 - Ориентировочные данные расчета емкости складов минеральных удобрений

Удобрение	Объем 1 т удобрения, м ³	Условия хранения и высота штабеля
Мочевина	1,55	в заводской таре, до 2 м
Сульфат аммония	1,12–1,25	насыпью до 3 м
Аммиачная селитра	1,23	в заводской таре, до 2 м
Натриевая селитра	0,70–0,91	–"– –"–
Кальциевая селитра	1,10–0,88	–"– –"–
Хлористый аммоний	1,70–1,72	насыпью, до 3 м
Аммиак жидкий	1,59	в герметичной таре
Аммиак водный	1,08–1,09	–"– –"–
Цианид кальция	1,67–1,64	в заводской упаковке, до 2 м
Нитрат-сульфат-аммония	1,15	–"– –"–
Сульфат аммония-нитрат	1,20	–"– –"–
Фосфоритная мука	0,62–0,59	насыпью до 3 м
Суперфосфат из фосфоритов	1,02	в заводской таре, до 2 м
Суперфосфат из апатитов	0,98–0,93	–"– –"–
Суперфосфат двойной	1,15	–"– –"–

Преципитат	1,16–1,15	–"	–"
Томасшлак	0,50–0,49	насыпью, до 3 м	
Костяная мука сырая	1,12	–"	–"
Аммонизированные простые суперфосфаты	1,03	в заводской таре, до 2 м	
Сильвинит	0,94– 0,91	насыпью, до 3 м	
Калийные соли	1,06–1,08	–"	–"
Хлористый калий	1,13	–"	–"
Сульфат калия	0,77	–"	–"
Азотнокислый калий	1,03	в заводской таре, до 2 м	
Гипс	1,0	насыпью, до 3 м	
Известняковая мука	0,60	–"	–"
Доломитовая мука	0,70	–"	–"
Жженая негашеная известь	1,05	–"	–"
Жженая гашеная известь	1,7	насыпью до 2м	
Торфяная зола	2,5	насыпью до 3 м	
Известковый туф	1,1–1,25	–"	–"
Торфотуфы	2,0	–"	–"
Цементная пыль	1,25	–"	–"
Аммофос	0,95–1,0	насыпью до 3 м	
Нитрофоска	1,0	–"	–"
Диаммофос	1,0	–"	–"
Нитроаммофос	0,9–1,0	–"	–"

Таблица 14 - Содержание энергии в компонентах урожая

Культура	Влажность, %	ГОСТ	МДж/кг сухого ве- щества (КрасГАУ)
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
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
Бобовое - многолетние травы	17		20,6
Бобовое - однолетние травы	17		17,6
Злаковое - многолетние травы	17		17,6
Злаковое - однолетние травы	17		18,0
Естественное	17		16,3
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
Кукурузный	75		24,0
Подсолнечниковый	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
Репка	90,8		18,0

Свекла	82,2		19,8
Томаты	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 15 - Энергозатраты на производство промышленных минеральных (по В.В.Токареву и др., 1987; Л.М.Державину, 1985) и местных (по Н.М. Майбороде, 1980) удобрений

Виды 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 16 - 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
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		1,7	
60% влажности			
Местные минеральные удобрения		2,9	
Известковые материалы		3,8	

Таблица 17 - Энергозатраты на применение минеральных и органических удобрений, МДж/т

Показатели	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 18 - Энергозатраты на заготовку, хранение органических удобрений при естественной влажности (по Н.М.Майбороде)

Виды удобрений	Содержание воды, %	Энергозатраты на	
		1 т	1 кг д.в.
Навоз КРС: Подстилочный полужидкий	80	5,8	0,45
	85	3,4	0,40
Навоз свиной: Подстилочный полужидкий	75		
	80	5,9	0,45
Навоз: Овечий конский	65	13	0,7
	65	11,6	0,8
Навозная жижа: КРС Свиней	95	3,3	0,5
	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 19 - 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