

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации  
Федеральное государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Пермская государственная сельскохозяйственная академия  
имени академика Д.Н. Прянишникова»

Кафедра агрохимии

**Воспроизводство и оптимизация плодородия  
почв при возделывании с. х. культур в севообо-  
ротах и выводных полях**

Методическое пособие к практическим занятиям  
по системе удобрения

Составители: Т.А. Кротких, Л.А. Михайлова

Пермь 2009

УДК 631.452:631.582

Рецензент - А.А. Васильев

Воспроизводство и оптимизация плодородия почв при возделывании с. х. культур в севооборотах и выводных полях [Текст]: методическое пособие/ сост. Т.А. Кротких, Л.А. Михайлова, М-во с.-х. РФ, ФГОУ ВПО «Пермская ГСХА». - Пермь: Изд-во ФГОУ ВПО «Пермская ГСХА», 2009. - 24 с.; 20 см. - 100 экз.

Методическое пособие к практическим занятиям по системе удобрения предназначенное для студентов специальностей 110101, 110102 агрохимического факультета очной и заочной формы обучения отделения и составлено в соответствии с программой курса система удобрения доцентами Т.А. Кротких, Л.А Михайловой.

Печатается по решению методической комиссии агрохимического факультета, утверждено протокол №.

Пермь 2009

## Содержание

	Стр.
Введение	
Общие сведения о хозяйстве	4
1. Обеспечение бездефицитного баланса гумуса при возделывании с.-х. культур в севообороте или выводном клину	5
1.1 Роль гумуса, его баланс, статьи прихода и расхода, источники восполнения гумуса в почве	5
1.2 Расчет баланса гумуса в севообороте или выводных полях	5
1.3 Определение потребности в органических удобрениях	6
2. Оптимизация реакции почвенной среды	9
2.1 Кислотность почвы, её формы и влияние на урожайность с.х. культур	10
2.2 Нуждаемость почв в известковании. Суть основного и поддерживающего известкования и их различие. Значение известкования в повышении урожайности сельскохозяйственных культур	10
2.3 Методы расчета доз известьсодержащих удобрений, их суть и различие	11
3. Оптимизация фосфатного и калийного уровня почв	12
4. Расчет ориентировочной экономической эффективности приемов производства и оптимизации почвенного плодородия	15
5. Литература	17
6. Приложение	18

**Цель** - закрепление программного материала по дисциплине «Система удобрения», расширение и углубление знаний студентов по вопросам оптимизации плодородия почв и рационального применения средств химической мелиорации почв.

**Введение.** Дать понятия о воспроизводстве и оптимизации почвенного плодородия, значение удобрений в изменении агрохимических свойств и повышении урожайности с.-х. культур по источникам литературы.

### Общие сведения о хозяйстве

Область, район, наименование хозяйства, его специализация.

Площадь сельскохозяйственных угодий, га:

всего пашни

-полевые севообороты

-кормовые севообороты

-овощные или овощекормовые севообороты

луга и пастбища

всего сельскохозяйственных угодий:

Поголовье скота на 100га с.х. угодий:

а) лошади

б) крупный рогатый скот

в) овцы

г) свиньи

д) куры

Таблица 1

Характеристика севооборота

Культуры	рН <sub>КСl</sub>	Содержание P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		Используется P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> из почвы, кг	Вынос P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 1 т урожая, кг	Фактическая урожайность, ц/г	Площадь поля, га
		мг/кг	кг/га				

Общая площадь севооборота      га

Таблица 2

Агрохимическая характеристика почв по полям севооборота

№ поля	Название почвы	Гранулометрический состав	Гумус, %	Мг-экв/100 г почвы			рН <sub>(КСl)</sub>	V, %	Мг/кг почвы	
				Нг	S	ЕКО			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1										
2										
п...										

# 1. Обеспечение бездефицитного баланса гумуса при возделывании с.-х. культур в севооборотах и выводных полях

## 1.1 Роль гумуса, его баланс, статьи прихода и расхода, источники восполнения гумуса в почве

## 1.2 Расчет баланса гумуса в севообороте или выводных полях

Динамика гумуса в почвах зависит от почвенно-климатических условий, структуры посевных площадей, интенсивности обработки почв, количества и качества применяемых удобрений и мелиорантов. Баланс гумуса равен разности между выходом его из пожнивно-корневых остатков и минерализацией.

Расчёт баланса гумуса ведут на основании таблицы 3.

Таблица 3

Баланс гумуса в севообороте или выводном поле

Культура севооборота	Урожайность, т/га	Минерализация гумуса в год, т/га	Коэфф. выхода пожнивно-корневых остатков от основной продукции	Выход пожнивно-корневых остатков, т/га	Коэфф. гумификации	Выход гумуса из пожнивно-корневых остатков, т/га	Баланс гумуса, ± т/га
1-я							
2-я							
п-я							
За севооборот	-	-	-	-	-	-	

При расчёте баланса гумуса учитывают его минерализацию (приложение 2).

Частично гумус восполняется за счёт органического вещества пожнивных и корневых остатков. Количество пожнивных и корневых остатков разных культур определяют по формуле:

$$ПКО = Y \times K_n, \quad (1)$$

где ПКО - выход пожнивных и корневых остатков, т/га; Y – урожайность культуры, т/га; Kп – коэффициент выхода пожнивных и корневых остатков (приложение 1).

В состав гумуса переходит только часть органического вещества пожнивно-корневых остатков. Коэффициент гумификации растительных остатков варьируют в значительных пределах от 0,1 до 0,18. Выход гумуса из пожнивных и корневых остатков разных культур определяют по формуле:

$$Г = ПКО \times K_2, \quad (2)$$

где Г - выход гумуса из пожнивно-корневых остатков, т/га; Kг- коэффициент гумификации (приложение 2); ПКО - выход пожнивно-корневых остатков, т/га.

Пример расчета для одной культуры севооборота приведён ниже:

Культура севооборота	Урожайность, т/га	Минерализация гумуса в год, т/га	Коэфф. выхода пожнивнокорневых остатков от основной продукции	Выход пожнивнокорневых остатков, т/га	Коэфф. гумификации	Выход гумуса из пожнивнокорневых остатков, т/га	Баланс гумуса, ±, т/га
картофель	15	1,5	0,13	15×0,13=1,95	0,1	1,95×0,1=0,195	0,195-1,5=-1,305

Баланс гумуса может быть отрицательным, т.е. дефицитным, когда потери его преобладают над приходом, нормальным или нулевым при равенстве потерь и прихода, положительным, когда приход преобладает над расходом.

При отрицательном балансе основным источником восполнения гумуса в почве являются органические удобрения, поэтому для каждого севооборота необходимо установить дозу внесения и насыщенность органическими удобрениями. В среднем, подстилочный навоз содержит 22% сухого вещества, коэффициент гумификации которого равен 0,2 или 20%. Тогда выход гумуса из 1 т навоза составляет 44 кг или 0,044т (1,0\*22\*20/100\*100). При отрицательном балансе дозу органических удобрений (Д, т/га) рассчитывают по формуле:

$$D, \text{ т/га} = \text{Баланс гумуса} \text{ т/га} / 0,044 \quad (3)$$

Для данного примера доза органических удобрений составит 1,305/0,044=23,5 т/га.

Важным показателем при расчётах балансов является насыщенность – количество удобрений (т и кг) приходящееся на 1 га площади посевов. Например, баланс гумуса в восьмипольном севообороте составил - 3,52 т/га, доза органических удобрений будет равна 3,52/0,044 = 80 т/га, насыщенность для бездефицитного баланса гумуса составит 80: 8 = 10 т/га.

Сделать вывод по полученным данным.

### 1.3 Определение потребности в органических удобрениях

Для обеспечения необходимой насыщенности органическими удобрениями в каждом хозяйстве планируются мероприятия по их накоплению, хранению, применению.

Определить общее количество органических удобрений (табл. 4) и рассчитать фактическую насыщенность 1 га пашни органическими удобрениями в условном хозяйстве. Выход навозной жижи составляет 15% от общего количества навоза. Выход органических удобрений от одной головы приведён в приложениях 3, 4.

Количество навоза (т), получаемого в хозяйстве, можно также рассчитать по формуле:

$$H = (K/2 + П) \times 4, \quad (4)$$

где K/2 - количество сухого вещества корма, переходящего в навоз;

П - количество подстилки, т; 4 - коэффициент пересчета (масса сырого навоза в 4 раза больше, чем масса сухого вещества корма).

Таблица 4

## Накопление органических удобрений в хозяйстве, т

Вид скота	Количество голов	Примерная норма выхода навоза от 1 головы	Всего навоза	Навозной жижи
Итого				

Для создания бездефицитного баланса гумуса в условном хозяйстве рассчитать потребность в органических удобрениях на всю площадь пашни и их баланс. При определении общей потребности в органических удобрениях необходимо учитывать рекомендуемую насыщенность. Для расчётного севооборота насыщенность органическими удобрениями должна обеспечивать бездефицитный баланс гумуса. Для других севооборотов и выводных участков рекомендуется брать следующую насыщенность: полевой севооборот – 3-6 т/га; кормовой (прифермский) – 6-10 т/га; овощной – 10-15 т/га.

Таблица 5

## Баланс органических удобрений

Севооборот	Общая площадь севооборота, га	Рекомендуемая насыщенность органическими удобрениями, т/га	Требуется органических удобрений согласно насыщенности, т	Наличие навоза, навозной жижи в отделении, хозяйстве, бригаде, т	Недостающее количество органических удобрений, т
Полевой					
Кормовой					
Овощной					
Итого					

Недостающее количество органических удобрений необходимо восполнить приготовлением компостов.

**Торфонавозные компосты.** При компостировании с навозом торф обогащается микроорганизмами, снижается его кислотность, в компосте усиливается микробиологическая деятельность, интенсивнее происходит разложение органического вещества и увеличивается количество доступного растениям азота. Торф, благодаря высокой поглотительной способности, полностью связывает аммиак, образующийся при разложении органического вещества, при этом потери азота из навоза резко уменьшаются. Хорошо приготовленный торфонавозный компост не уступает по эффективности навозу.

Действие компоста еще более повышается при добавлении к нему 2-3 % фосфоритной муки, а при использовании кислого торфа – 1-2 % извести. Для компостирования с навозом следует брать проветренный торф с влажностью 60-65 %. Чем выше степень разложения торфа, тем больше торфа и меньше навоза можно брать для приготовления компоста. При закладке компоста зимой на одну часть навоза берут одну часть торфа, а при весенне-летней закладке –

две-три части. Качество компоста выше при более узком соотношении между торфом и навозом.

Торфонавозные компосты следует готовить в поле на месте их применения, вблизи животноводческих ферм или в навозохранилище.

**Торфожижевые компосты.** Накапливающуюся в хозяйстве навозную жижу целесообразнее использовать для компостирования с торфом. При этом резко сокращаются потери азота из навозной жижи и повышается удобрительное качество торфа. Для компостирования с навозной жижей подходят все виды торфа, кроме известковых его форм.

На 1 т проветренного торфа в зависимости от его влажности берут от 0,5 до 1 т навозной жижи. После впитывания жижи всю массу сгребают бульдозером в штабеля, которые не уплотняют.

Аналогично можно заготовить компосты из торфа и жидкого навоза (соотношение между торфом и навозом 1:1 или 2:1).

Спланировать приготовление 1-2 видов компостов в севообороте, их состав должен соответствовать ГОСТ (табл. 6).

Твердые органические удобрения (традиционный подстилочный навоз и различные компосты) вносят преимущественно по двум технологическим схемам – прямоточной (ферма – поле) и перевалочной (ферма – бурт, штабель – поле).

Таблица 6

#### Приготовление компостов

Вид компостов	Соотношение компостируемых материалов	Компостируемые материалы				Всего
		навоз	торф	навозная жижа	Рф	
Торфонавозный						
Торфонавозофосфоритный						
Торфожижевый						
Торфожижефосфоритный						
Всего компостов						

Применение органических удобрений в каждом хозяйстве начинают с распределения их по севооборотам и внесевооборотным участкам в следующем порядке:

- лучшие виды (навоз и экологически безопасные компосты с его участием) выделяют под овощные севообороты;
- во вторую очередь выделяют с учетом удаленности от мест их производства оставшиеся удобрения для кормовых севооборотов и участков;
- в третью очередь распределяют оставшиеся ресурсы, включая сидераты, солому по полевым севооборотам.

В пределах каждого севооборота или внесевооборотного участка рекомендуемые дозы органических удобрений под конкретными культурами устанавливают также с учетом ряда условий:



- неодинаковой отзывчивости культур (сортов) на это удобрение и уровней планируемой (ожидаемой) среднемноголетней урожайности их;
- организационно-технических возможностей качественного внесения и заделки вносимого вида и дозы удобрений в почву;
- обеспечения максимально возможной экономической эффективности и экологической безопасности вносимого вида и дозы удобрения.

Среди овощных культур на органические удобрения наиболее отзывчивы огурцы, кабачки, тыквы и другие стелющиеся культуры, а также лук, чеснок, столовая свёкла и морковь, причём под стелющиеся культуры лучшими являются слаборазложившийся и свежий навоз, под лук и чеснок – полуперепревший, а под корнеплоды – перепревший навоз.

Среди кормовых культур на органические удобрения наиболее отзывчивы многолетние и однолетние травы, кукуруза на силос и кормовые корнеплоды (свекла, морковь, брюква, турнепс).

Среди полевых культур традиционно эти удобрения вносят под картофель и озимые зерновые культуры, хотя по данным многолетних опытов при эквивалентных по питательным элементам дозах под картофель органические и минеральные удобрения равноценны, а под зерновыми (озимыми и яровыми) культурами органические удобрения часто уступают минеральным.

Дозы органических удобрений зависят от количества и качества их, способов внесения, биологических особенностей и продуктивности культур и почвенно-климатических условий и при этом должны быть экономически выгодными и экологически безопасными.

Минимальные экономически оправданные дозы твердых органических удобрений при разбросном внесении с немедленной заделкой в почву на бедных почвах — 20 – 30 т/га, на окультуренных и плодородных почвах – 10 – 20 т/га, максимальные соответственно 40 – 100, 30 – 60 т/га, а при локальных способах внесения (в борозды, лунки) — в два раза меньше.

Определить дозу и место внесения органических удобрений в севообороте.

## **2. Оптимизация реакции почвенной среды**

Химическая мелиорация почв - это регулирование состава поглощённых ППК катионов путем замены избытка нежелательных среди них (водород, алюминий, железо, марганец в кислых, натрий, иногда и магний в щелочных почвах) на кальций. Мелиорация почв должна предшествовать применению удобрений для создания оптимальной реакции среды и максимального потребления питательных элементов почв и удобрений возделываемыми культурами.

## 2.1 Кислотность почвы, ее формы и влияние на урожайность с.х. культур

В этом разделе описать влияние кислотности на урожайность сельскохозяйственных культур и её формы.

## 2.2 Нуждаемость почв в известковании. Суть основного и поддерживающего известкования и их различие. Значение известкования в повышении урожайности сельскохозяйственных культур

На кислых почвах нуждаемость и очередность известкования почв каждого севооборота уточняют по всему комплексу агрохимических показателей ( $pH_{\text{кол}}$ , степень насыщенности основаниями, содержание органического вещества, подвижных форм алюминия и марганца) с учетом гранулометрического состава.

При определении нуждаемости и очередности в известковании учитывают и биологические особенности культур. В севооборотах с картофелем (при 40% и более этой культуры в структуре севооборота) и льном повышать  $pH$  почвы более 6,0 не следует, а оптимальные для льна значения в супесчаных разностях  $pH$  5,0 - 5,5, легко- и среднесуглинистых 5,3 - 5,8, тяжелосуглинистых и глинистых  $pH$  5,5 - 6,0.

В первую очередь известкуют сильно кислые, а в последнюю - слабокислые почвы. При этом почвы с более высокой степенью насыщенности основаниями слабее нуждаются в известковании (приложения 5, 6). Если же по финансово-экономическим причинам нет возможности известковать все кислые почвы, выгоднее начинать эту работу со средне- и слабокислых, как более плодородных почв, что позволит при меньших дозах извести и удобрений (при меньших затратах) получать хорошие урожаи наиболее ценных (с учетом конъюнктуры рынка) овощных, пропашных, зерновых и других культур.

Определить нуждаемость почв по полям севооборота (табл. 7). Изложить суть основного и поддерживающего известкования и их различие.

Таблица 7

Нуждаемость почв в известковании по полям севооборота

№ поля	Культура	Агрохимические показатели, мг-экв/100 почвы			V,%	pH(KCL)	Нуждаемость в известковании
		Hr	S	EKO			
1							
2							
3							
n...							

## 2.3 Методы расчета доз известьесодержащих удобрений, их суть и различие

Дозы известковых материалов в зависимости от всех ранее перечисленных условий определяют наиболее подходящим для конкретных условий методом, среди которых наиболее распространены следующие:

- по гидролитической кислотности почвы:

$$D_{CaCO_3} = H_g \times K, \quad (5)$$

где  $D$  – доза  $CaCO_3$ , т/га,  $H_g$  - гидролитическая кислотность почвы, мг-экв/100г,  $K$  - коэффициент пересчета (1,5 при условии, что масса пахотного горизонта почвы на 1га равна 3 млн. кг, 1,25 при условии, что масса пахотного горизонта почвы на 1га равна 2,5 млн. кг);

- на планируемый сдвиг  $pH_{\text{сол}}$ :

$$D_{CaCO_3} = \Delta pH \times A / 0,1, \quad (6)$$

где  $\Delta pH$  - планируемый сдвиг  $pH_{\text{сол}}$ ,  $A$  - затраты  $CaCO_3$  для сдвига на 0,1 pH (приложение 9);

- по совокупности агрохимических показателей ( $pH_{\text{сол}}$ , содержание гумуса, по рекомендациям, основанным на опытных данных и др.) с учетом гранулометрического состава почвы.

Описать методы расчета доз известьесодержащих удобрений, их суть и различие. Рассчитать дозы извести по гидролитической и обменной кислотности (табл. 8, 9).

Таблица 8

Расчет доз извести по полям севооборота по гидролитической кислотности

№ поля	$H_g$ , мг-экв./100г почвы	Доза $CaCO_3$ , т/га	Доза известкового удобрения, т/га	Поправочный коэффициент	Доза известкового удобрения в зависимости от типа севооборота и гранулометрического состава почв, т/га	Потребность на поле, т
1						
2						
3						
n...						

Таблица 9

Расчет доз извести по полям севооборота на сдвиг обменной кислотности

№ поля	Название почвы	Гранулометрический состав	$pH_{(KCL)}$ факт.	Планируемый уровень $pH_{(KCL)}$ *	$\Delta pH_{(KCL)}$	Доза извести, т/га			
						$CaCO_3$ необходимое для сдвига на 0,1 pH, т	Доза $CaCO_3$ , т/га	Необходимо извести 1 или 2 кл.	Необходимо извести на площадь поля, т
1									
2									
3									
n...									

Дозы CaCO<sub>3</sub> пересчитать на конкретное известковое удобрение по формуле:

$$D \text{ т/га} = \text{х.ч. CaCO}_3 \times 100 \times 100 \times 100 / (M \times (100 - B) \times (100 - Z)) \quad (7)$$

где D – доза конкретного известкового удобрения, т/га, M - % д.в. в удобрении, Z – количество частиц в удобрении, диаметр которых больше 1 мм, %, B – влажность удобрения, %.

Полные дозы извести по гидролитической кислотности корректируют с учётом ведущих культур севооборота и гранулометрического состава (приложение 7). Дозы извести по обменной кислотности устанавливают с требованиями растений к кислотности почвы (приложение 8).

Внесение известьсодержащих удобрений, рассчитанных по Нг обеспечивает сдвиг реакции на 1,5-2 ротации, а на сдвиг реакции – на 5-6 лет.

Дать характеристику имеющихся в хозяйстве известьсодержащих материалов. Обосновать выбор форм известковых удобрений с учетом агрохимических свойств почв и требованиями культур. Разработать план известкования (табл. 10). Подсчитать необходимое количество известковых удобрений на всю площадь севооборота. Указать место, сроки и способы внесения извести в севообороте с указанием марки машин.

Таблица 10

План известкования в севообороте

№ поля	pH <sub>(KCL)</sub>	Доза известкового удобрения в зависимости от типа севооборота, т/га	Год известкования
1			
2			
п...			

Общая потребность в известковых удобрениях за севооборот

### 3. Оптимизация фосфатного и калийного уровня почв

Высокие урожаи с.-х. культур обеспечивает соответствующий питательный режим почвы, связанный с запасами доступного фосфора и калия для растений. Запасы подвижных форм элементов питания зависят от типа почв, гранулометрического состава, окультуренности и технологии возделывания с.-х. культур.

Оптимальным уровнем содержания подвижных форм фосфора и калия, к которым необходимо стремиться, следует признать для дерново-подзолистых и серых лесных почв в полевых севооборотах 100-150, в кормовых – 150-200 и овощных – 200-250 мг/кг почвы (по методу Кирсанова, приложение 10). Повышение содержания подвижного фосфора в почвах севооборота можно провести путем внесения высоких доз фосмуки. Этот прием получил название – фосфоритование. Фосфоритная мука – самое дешевое фосфорное удобрение. Для изготовления ее могут быть использованы низкопроцентные фосфориты, не пригодные для химической переработки в суперфосфат.

Фосфоритная мука негигроскопична, не слеживается, может смешиваться с любым удобрением, кроме извести. Выпускают четыре сорта фосфоритной муки, общее содержание фосфора в расчете на  $P_2O_5$  в которых следующее: высший сорт – не менее 30 %, I – 25 %, II сорт – 22 %, III – 19 %.

Большинство сельскохозяйственных культур могут использовать фосфоритную муку только при определенной кислотности почвы, достаточной для его разложения. Поэтому на почвах с нейтральной реакцией (обыкновенные, типичные и южные черноземы) применение её малоэффективно. На кислых дерново-подзолистых и серых лесных почвах, красноземах и выщелоченных черноземах она может не уступать суперфосфату. Под влиянием почвенной кислотности фосфоритная мука превращается в усвояемую форму для растений. Исследованиями доказано, что на почвах, имеющих гидролитическую кислотность менее 2-2,5 мг-экв./100г, разложение фосфоритной муки происходит



слабо и эффективность ее очень низкая. Чем больше гидролитическая кислотность, тем выше эффективность фосфоритной муки. Однако действие ее зависит не только от величины кислотности почвы, но и от емкости поглощения и степени насыщенности основаниями. При одной и той же гидролитической кислотности действие фосфоритной муки тем выше, чем меньше емкость обменного поглощения катионов почвы и ниже степень насыщенности ее основаниями.

Рис. 1. Зависимость действия фосфоритной муки от гидролитической кислотности ( $H_r$ ) и ёмкости обменного поглощения катионов ( $T$ ) (график Голубева)

Пользуясь графиком Голубева определить возможность использования фосфоритной муки в севообороте и определить её действие (табл. 11).

Таблица 11

Определение возможности использования фосфоритной муки в севообороте

№ поля	Агрохимические показатели почвы, мг-экв./100г почвы			V, %	Исходное содержание $P_2O_5$ , мг/кг	Перевод в класс по обеспеченности $P_2O_5$	Действие фосмуки
	$H_r$	S	ЕКО				
1							
2							
п...							

Определить дозы ее внесения с учетом содержания доступного фосфора в почве и планируемого фосфатного уровня (табл. 12) по формуле:

$$D_{Pф, м/га} = \Delta P_2O_5 \times A / 10 / D.в. / 10, \quad (8)$$

где  $\Delta P_2O_5$  – разность между планируемым содержанием фосфора и исходным, мг/кг, А - затраты  $P_2O_5$  для сдвига на 10 мг/кг почвы, Д.в. - % действующего вещества в удобрении, 10 – коэффициент перерасчёта в т/га.

Нормативы затрат питательных веществ на увеличение фосфора на 10 мг/кг почвы и рекомендуемое его содержание для основных севооборотов на различных почвах приведены в приложениях 10, 12.

Таблица 12

Расчет доз фосфоритной муки по полям севооборота и в целом за севооборот

№ поля	Название почвы	Гранулометрический состав	Исходное содержание P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг	Планируемое содержание P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг*	ΔP <sub>2</sub> O <sub>5</sub> **	Норм. затрат P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> для сдвига содер. фосфора на 10 мг/кг, кг/га	Доза P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , кг/га***	Доза фосфоритной муки, т/га****
1								
2								
п..								

\* - 1 и 2 класс переводится в 3 класс, 3 класс – в 4, 4 класс – в 5 (приложение 11)

\*\* - Δ P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – планируемый сдвиг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

\*\*\* - Доза P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> = ΔP<sub>2</sub>O<sub>5</sub> × A / 10, (9)

где A – норматив расхода P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, необходимый для сдвига содержания фосфора на 10 мг/кг, кг/га (приложение 12).

\*\*\*\* - Доза фосмуки, т/га = Доза P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> / Д.в. / 10 (10)

Пользуясь графиком Голубева, определить каким образом будет использоваться фосмука - в чистом виде или в компостах. Описать технологию внесения фосмуки и ожидаемый эффект. Указать место, сроки и способы внесения фосфоритной муки, подсчитать общее количество её на севооборот (табл. 13).

Таблица 13

План фосфоритования почв

№ поля	Доза фосмуки, т/га	Площадь поля, га	Необходимое кол-во Рф на площадь поля, т	Год внесения фосмуки	В каком виде и когда вносится фосмука
1					
2					
п...					
Общая потребность в фосфоритной муке за севооборот				×	×

Обосновать необходимость повышения калийного уровня в Вашем севообороте (табл. 14) Определить дозы внесения хлористого калия в запас с учетом содержания доступного калия в почве и планируемого калийного уровня (табл. 15).

Таблица 14

Определение нуждаемости почв в повышении калийного уровня

№ поля	Содержание K <sub>2</sub> O, мг/кг	Класс обеспеченности	Перевод в класс	Нуждаемости в запасном внесении KCL
1				
2				
п...				

Нормы затрат питательных веществ на увеличение калия на 10 мг/кг почвы и рекомендуемое его содержание для основных севооборотов на различных почвах приведены в приложениях 10, 12.

Таблица 15

Расчет доз хлористого калия по полям севооборота и в целом за севооборот

№ поля	Название почвы	Гранулометрический состав	Исходное содержание $K_2O$ , мг/кг	Планируемое содержание $K_2O$ , мг/кг*	$\Delta K_2O$ **	Норм. затрат $K_2O$ для сдвига содер. калия на 10 мг/кг, кг/га	Доза $K_2O$ , кг/га***	Доза $KCl$ , т/га****
1								
2								
п..								

\* - 1 и 2 класс переводится в 3 класс, 3 класс – в 4, 4 класс – в 5 (приложение 11)

\*\* -  $\Delta K_2O$  – планируемый сдвиг  $K_2O$

\*\*\* - Доза  $K_2O = \Delta K_2O \times A / 10$ , (11)

где  $A$  – норматив расхода  $K_2O$ , необходимый для сдвига содержания калия на 10 мг/кг, кг/га (приложение 12).

\*\*\*\* - Доза  $KCl$ , т/га = Доза  $K_2O$  / Д.в. / 10 (12)

Спланировать запасное внесение хлористого калия на ряд лет. Указать место, сроки и способы внесения хлористого калия, подсчитать общее количество на севооборот.

Таблица 16

План внесения хлористого калия в запас

№ поля	Доза хлористого калия, т/га	Площадь поля, га	Необходимое количество $KCl$ на площадь поля, т	Год, сроки внесения хлористого калия
1				
2				
п...				
В сумме за севооборот				

4. Расчет ориентировочной экономической эффективности приемов воспроизводства и оптимизации почвенного плодородия

Экономическая эффективность – это стоимостное сопоставление произведенной продукции с суммарными затратами на ее производство, выражаемое рядом показателей: чистый доход, производительность труда, окупаемость затрат, себестоимость продукции, рентабельность, и др. Расчеты показателей экономической эффективности удобрений можно осуществлять по данным полевых и производственных опытов в типичных природно-экономических условиях, а также по нормативам прибавок урожаев культур.

Пользуясь справочной и научной литературой рассчитать прибавки урожаев культур севооборота в зерновых единицах (табл. 17, приложения 13, 14,

15). Провести расчет затрат, связанных с проведением мероприятий по повышению плодородия почв севооборота (табл. 18).

Таблица 17

Расчет прибавок урожайности за севооборот

Агроприем	Доза, т/га	Прибавки, ц/га		Коэффициенты перевода в з.ед.		Выход з. ед., ц/га			Стоимость прибавки, руб.
		основной продукции	побочной продукции	основной продукции	побочной продукции	основной продукции	побочной продукции	всего	
Внесение орг. удобр.									
Известкование									
Фосфоритование									
Внесение KCL									
Всего от приемов на 1 га									

Таблица 18

Расчет затрат на повышение плодородия почв на 1 га пашни

Название приема	Доза, т/га	Затраты, руб.						Затраты на уборку дополнительного урожая, руб.	Всего затрат, руб.
		стоимость удобрений		транспортировка удобрений		внесение удобрений			
		1 т	всего	1 т	всего	1 т	всего		
Внесение орг. удобр.									
Известкование									
Фосфоритование									
Внесение KCL									
Всего затрат									

Рассчитать условно чистый доход и рентабельность от проводимых мероприятий. Условно чистый доход находят по разности между стоимостью прибавки с 1 га и затратами. Стоимость прибавки находится умножением прибавки в зерновых единицах на закупочную цену 1 ц зерновых единиц. Рентабельность вычисляют по формуле:

$$P, \% = \text{УЧД} \times 100 / Z_0, \quad (13)$$

где P – рентабельность, %; УЧД – условно- чистый доход, руб.; Z<sub>0</sub> – общие затраты, руб.

На основании всех расчетов сделать заключение о рентабельности проводимых мероприятий, окупаемости и целесообразности их проведения в Вашем севообороте.

$$\text{Окупаемость, лет} = Z_0 / \text{УЧД} \quad (14)$$



## Литература

1. Агрохимия / Под ред. Б.А. Ягодина – М., Мир, 2003. - С. 383 – 489.
2. Агрохимия на службе земледелия / Под ред. С.И. Поповой. - Пермь, 1981. – 176 с.
3. Анспок П.И. и др. Справочник агрохимика нечерноземной полосы / П.И. Анспок, Ю.А. Штиканс, Р.Р. Визла. - Л.: Колос, 1981. – 328
4. Донских И.Н. Курсовое и дипломное проектирование по системе удобрения / И.Н. Донских - М., КолосС, 2004. – 144 с.
5. Дудина Н.Х. Агрохимия и система удобрения / Дудина Н.Х., Панова Е.А., М.П. Петухов. – М.: Агропромиздат, 1991.- 400 с.
6. Ефимов В.Н и др. Система удобрения / В.Н. Ефимов, И.Н. Донских, В.П. Царенко. - М.: КолосС, 2002. – 320 с
7. Известкование кислых почв в Предуралье // Сб. научных тр. Пермской с.х. опытной станции. - Пермское книжное издательство, 1976. - Т.4. - 210 с.
8. Кулаковская Т.Н. Оптимизация агрохимической системы почвенного питания растений / Т.Н. Кулаковская. - М.: Агропромиздат, 1990. – 219 с.
9. Минеев В.Г. Агрохимия / В.Г. Минеев. - М.: Изд-во Московского ун-та, 1990. – 485 с.
10. Мещанов В.Н Известкование кислых почв / В.Н. Мещанов. - М.: Россельхозиздат, 1982. – 64 с.
11. Сапожников Н.А. Научные основы системы удобрения в Нечерноземной полосе / Н.А. Сапожников, М.Ф. Корнилов. – Л.: Колос, 1977.- 296 с.
12. Справочник агронома Нечерноземной зоны. М.: Агропромиздат, 1990. – 575 с.
13. Штиканс Ю.А. Повышение эффективности известкования кислых почв /Ю.А. Штиканс. - Л.: Колос, 1977. – 128 с.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

Приложение 1

Коэффициенты выхода пожнивно-корневых остатков на 1 т основного продукта (1- урожайность, т/га;  
2- накопление пожнивно-корневых остатков на 1 т основного продукта)

Урожайность, т/га	Озимые зерновые	Яровые зерновые	Урожайность, т/га	Многолетние травы (сено)	Однолетние травы (сено)	Урожайность, т/га	Многолетние травы (з/м)	Однолетние травы (з/м)	Силосные без кукурузы	Кукуруза на силос	Карт., корнеплоды, овощи	Люпин	Урожайность т/га	Гречиха
1	2	2	1	2	2	1	2	2	2	2	2	2	1	2
0-1,0	2,0	1,5	0-1,0	2,6	1,1	0-5,0	0,55	0,35	0,28	0,13	0,18	0,20	0-0,5	2,6
1,1-1,5	1,8	1,3	1,1-2,0	1,9	0,9	5,1-10,0	0,45	0,28	0,23	0,12	0,14	0,18	0,6-1,0	2,5
1,6-2,0	1,5	1,2	2,1-3,0	1,6	0,9	10,1-15,0	0,35	0,25	0,17	0,12	0,13	0,15	1,1-1,5	2,2
2,1-2,5	1,3	1,1	3,1-4,0	1,4	0,8	15,1-20,0	0,31	0,20	0,14	0,12	0,12	0,13	1,6-2,0	2,0
2,6-3,0	1,2	1,0	4,1-5,0	1,3	0,8	20,1-25,0	0,29	0,15	0,12	0,11	0,12	0,12	2,1-2,5	1,6
3,1-3,5	1,1	0,9	5,1-6,0	1,2	0,7	25,1-30,0	0,27	0,13	0,11	0,11	0,12	0,11	2,6-3,0	1,5
3,6-4,0	1,1	0,9	6,1-7,0	1,1	0,7	30,1-35,0	0,25	0,11	0,11	0,10	0,11	0,11	3,1-4,0	1,4

1. Минерализация гумуса:
- чистый пар – 0,8-1,0;
  - пропашные культуры – 0,8;
  - яровые и озимые зерновые – 0,6;
  - травы – 0,2;
  - зернобобовые - 0,5.
2. Коэффициенты гумификации (Кг):
- многолетние травы - 0,18;
  - озимые и яровые зерновые – 0,15;
  - силосные и пропашные культуры - 0,10.

Примерное количество навоза (т), получаемого в год от одного животного при содержании на соломенной подстилке (Агрохимия, 2003)

Вид скота	Продолжительность стойлового периода, дни			
	240-220	220-200	200-180	Менее 180
Крупный рогатый скот	9-10	8-9	6-8	4-5
Лошади	7-8	5-6	4-4,5	2,5-3,0
Свиньи	2,25	1,75	1,5	1,0
Овцы	1,0	0,9	0,6-0,8	0,4-0,5

Годовой выход и состав птичьего помета (Агрохимия, 2003)

Виды птицы	Годовой выход, кг на 1 голову, при содержании	
	выгульном	клеточном
Куры	6-8	50-70
Утки	8-10	100-170
Гуси	10-12	250-380

Группировка почв дерново-подзолистой зоны по обеспеченности подвижным фосфором и калием культур зерновых и паро-зерновых севооборотов (Практикум по агрохимии, 2008)

Класс почвы по кислотности	pH <sub>(KCL)</sub>	Степень кислотности	Нуждаемости в известковании
1	>4,0	очень сильно кислые	очень сильная
2	4,0-4,5	сильнокислые	сильная
3	4,6-5,0	среднекислые	средняя
4	5,1-5,5	слабокислые	слабая
5	5,6-6,0	близкие к нейтральным	не нуждаются
6	<6,0	нейтральные	не нуждаются

Приложение 6

Оценка степени нуждаемости в известковании в зависимости от свойств почвы по М. Ф. Корнилову (Мещанов В.Н., 1982)

Почвы	Нуждаемость почвы в известковании							
	сильная		средняя		слабая		отсутствует	
	pH	V, %	pH	V, %	pH	V, %	pH	V, %
Тяжело- и среднесуглинистые	4,5	50	4,5-5,0	50-65	5,0-5,5	65-75	5,5	75
Легкосуглинистые	4,5	40	4,0-5,0	40-60	5,0-5,5	60-70	5,5	70
Супесчаные и песчаные	4,5	35	4,5-5,0	35-50	5,0-5,5	50-60	5,5	60
Заболоченные торфянистые и болотные	3,5	35	3,5-4,2	35-55	4,2-4,8	55-65	4,8	65

Приложение 7

Поправочные коэффициенты к дозам извести, рассчитанные по гидролитической кислотности (Технология производства и хранения..., 1992)

Севообороты	Поправочные коэффициенты	
	тяжелосуглинистая и глинистая почвы	песчаная, супесчаная, легко- и среднесуглинистая почва
Полевые с многолетними травами и зерновыми, кормовые и овощные	1,0...1,5	1,0
Полевые с многолетними травами и льном	0,5...0,25	0,5...0,25
Полевые с картофелем	0,75...0,5	0,5

Приложение 8

Оптимальные значения pH в зависимости от гранулометрического состава и севооборота (Технология производства и хранения..., 1992)

Почвы	Полевые со льном и картофелем	Полевые с картофелем и многолетними бобовыми травами	Овощные, кормовые с культурами, особо чувствительными к кислотности
Дерново-подзолистые песчаные и супесчаные	5,0 5,5	5,2 5,8	5,5 6,0
Дерново-подзолистые легко- и среднесуглинистые	5,3 5,8	5,5 6,0	6,0 6,5
Дерново-подзолистые тяжелосуглинистые и глинистые	5,5 6,0	5,3 6,3	6,5 7,0
Торфяники	4,6 4,8	4,8 5,5	5,0 5,8

Приложение 9

Нормы расхода известковых материалов для сдвига реакции почвенной среды до оптимального уровня (Уральский экономический район)

Тип почвы	Исходное значение рН	Оптимальное значение рН	ΔрН	Нормы расхода CaCO <sub>3</sub> (т/га) для сдвига на	
				0,1рН	ΔрН
Дерново-подзолистые	< 4,5	5,8	1,5	0,80	12,0
	4,6-5,0	5,8	1,0	0,95	9,5
	5,1-5,5	5,8	0,5	1,25	6,2
Светло-серые и серые лесные	< 4,5	5,9	1,6	0,83	13,2
	4,6-5,0	5,9	1,1	0,99	10,8
	5,1-5,5	5,9	0,6	1,32	7,9
Тёмно-серые и чернозёмы выщелоченные	< 4,5	6,0	1,7	0,87	14,7
	4,6-5,0	6,0	1,2	1,12	13,4
	5,1-5,5	6,0	0,7	1,37	9,5
Пойменные луговые и прочие	< 4,5	5,5	1,2	0,81	9,7
	4,6-5,0	5,5	0,7	0,97	6,7
	5,1-5,5	5,5	0,2	1,28	2,6

Приложение 10

Рекомендуемое содержание фосфора и калия для основных севооборотов на различных почвах при агрохимическом окультуривании полей

Тип почвы (метод определения)	Вид севооборота	Содержание, мг/кг почвы	
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Дерново-подзолистые (по Кирсанову)	зернотравяной	150	150
	зернокартофельный	200	250
	кормовой прифермский	200	250
	сенокосно-пастбищный	150	150
	овощной	250	300
Серые лесные (по Кирсанову)	зернотравяной	150	150
	зернокартофельный	200	250
	зерносвекловичный	250	250
	сидеральный	150	120
	кормовой прифермский	200	250
	овощной	250	300

Приложение 11

Группировка почв дерново-подзолистой зоны по обеспеченности подвижным фосфором и калием культур зерновых и паро-зерновых севооборотов  
(Практикум по агрохимии, 2008)

Класс почвы по обеспеченности	Содержание, мг/кг почвы		Обеспеченность
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	
1	0-25	0-40	очень низкая
2	26-50	41-80	низкая
3	51-100	81-120	средняя
4	101-150	121-170	повышенная
5	151-250	171-250	высокая
6	> 250	> 250	очень высокая

Приложение 12

Нормы затрат питательных веществ на увеличение содержания фосфора и калия на 10 мг/кг почвы (слой 0-20 см) при одновременном внесении удобрений, кг/га сверх выноса

Тип почвы	Гранулометрический состав	Нормы		Метод определения
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	
Дерново-подзолистые	1	50-60	40-60	по Кирсанову
	2	70-90	60-80	по Кирсанову
	3	100-120	80-100	по Кирсанову
Глеевые	в среднем	150-160	–	по Кирсанову
Серые лесные	1	70-80	60-70	по Кирсанову
	2	90-110	70-80	по Кирсанову
	3	120-140	80-90	по Кирсанову
Чернозёмы оподзоленные и выщелоченные	1	80-90	80-90	по Чирикову
	2	90-100	80-90	по Чирикову
	3	100-120	80-90	по Чирикову

Примечание. 1 – песчаные и супесчаные, 2 – суглинистые, 3 – тяжелосуглинистые и глинистые.

Прибавка урожая от минеральных и органических удобрений  
(Справочник агрохимика, 1976; Дудина Н.Х. и др., 1991; Ефимов В.Н. и др., 2002)

Культура	Прибавка урожая от 1 кг д.в. минеральных удобрений, кг		Прибавка урожая от 10 т органических удобрений, ц (в производственных условиях)			
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	всего	в том числе		
				1 культурой	2 культурой	3 культурой
Озимая рожь	3,5	1,8	5,5	2,5	2,1	0,9
Ячмень, овёс	4,0	1,2	3,0	-	2,1	0,9
Пшеница	5,0	0,9	2,2	-	1,5	0,7
Картофель	50,0	40,0	34,0	20,0	10,0	4,0
Клевер (сено)	40,0	5,0	6,0	-	4,0	2,0
Пён (соломка)	2,1	1,2		-	-	-
Кормовые корнеплоды	40,0	60,0	100	50	30	20
Кукуруза (з.м.)	34,0	24,0	80	40	52	15
Свёкла кормовая	133,0	36,0	40	25	10	5
Однолетние травы (з.м.)	36,0	25,0	35	20	10	5
Подсолнечник (з.м.)	42,0	55,0	-	-	-	-
Люпин (з.м.)	20,0	20,0	25	-	15	10
Морковь столовая	10,7	15,7	-	-	-	-
Свёкла столовая	12,1	12,1	95	50	30	15
Тук	6,4	5,4	130	70	40	20
Капуста	13,2	23,3	100	80	20	-
Огурец	10,4	11,5	40	-	25	15
Гомат	15,9	11,9	5,5	2,5	2,1	0,9

Соотношение основной и побочной продукции  
(Технология производства и хранения..., 1992)

Культуры	Основная продукция	Отношение основной продукции к побочной
Пшеница озимая, рожь озимая, люпин	зерно	1,0:2,0
Пшеница яровая	зерно	1,0:1,6
Овес, гречиха, горох	зерно	1,0:1,5
Ячмень	зерно	1,0:1,4
Вика	зерно	1,0:1,2
Картофель	клубни	1,0:1,0
Свёкла кормовая	корни	1,0:0,4
Лен долгунец	семена	1,0:8,0
	волокно	1,0:6,0

## Коэффициенты перевода урожая сельскохозяйственных культур в зерновые единицы (Технология производства и хранения..., 1992)

Культура	Основная продукция		Побочная продукция	
	вид	коэффициент	вид	коэффициент
Озимые пшеница, рожь	зерно	1,0	солома	0,20
Пшеница яровая, ячмень, овес, гречиха, горох, люпин, кукуруза	зерно	1,0	солома	0,25
Картофель	клубни	0,25	-	-
Морковь столовая	корнеплоды	0,16	ботва	0,11
Корнеплоды кормовые (свёкла, морковь, турнепс)	корнеплоды	0,20	ботва	0,11
Капуста	кочаны	0,16	листья	0,11
Огурцы, томаты	плоды	0,16	-	-
Лен	соломка	0,41	семена	1,65
Подсолнечник	зерно	1,47	стебли	0,25
Травы многолетние	сено	0,5	-	-
Травы однолетние	сено	0,4	-	-
Клевер, люцерна, люпин, вика, бобы, горх+овёс	зелёная масса	0,11	-	-
Кукуруза	зелёная масса	0,17	-	-
Ячмень, подсолнечник, озимая рожь	зелёная масса	0,16	-	-
Кукуруза	зелёная масса	0,20	-	-

## Учебное издание

Воспроизводство и оптимизация плодородия почв при возделывании сельскохозяйственных культур в севооборотах и выводных полях

## Методическое пособие

Составители: Тамара Андриановна Кротких

Людмила Аркадьевна Михайлова

Подписано в печать

Формат 60×84 1/16/09

Тираж 100 экз. Заказ

Отпечатано в ИПЦ «Покрость»

Пермской государственной сельскохозяйственной академии

имени академика Д.Н. Прянишникова,

614090, Россия, г. Пермь ул. Коммунистическая, 23

Тел. 210-35-34