

ФГБОУ ВО «БРЯНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Кафедра агрохимии, почвоведения и экологии

Н.М. Белоус

В.В. Мамеев

Е.В. Смольский

СИСТЕМА УДОБРЕНИЯ

Учебно-методическое пособие
для выполнения курсового проекта
для студентов обучающихся по направлению подготовки
110100 «агрохимия и агропочвоведение»

Брянская область

2015

УДК 631.8 (07)
ББК 40.40
Б 43

Белоус, Н.М. **Система удобрения**: учебно-методическое пособие для выполнения курсового проекта / Н.М. Белоус, В.В. Мамеев, Е.В. Смольский / Брянск: Из-во Брянского ГАУ, 2015 г. – 48 с.

Учебно-методическое пособие написано в соответствии с программой дисциплины «Система удобрения» и отвечает требованиям Федерального государственного образовательного стандарта РФ.

Издание предназначено для студентов сельскохозяйственных вузов, обучающихся по направлению подготовки «Агрохимия и агропочвоведение», оно также будет полезно специалистам, работающим в сельскохозяйственной сфере.

Целью пособия является проектирования экологической системы удобрений в хозяйстве, расчёты баланса гумуса и основных элементов питания, основные мероприятия повышения плодородия почвы. Это пособие можно использовать как для самостоятельного проектирования, так и под контролем преподавателя, что позволит глубоко и прочно овладеть необходимым объемом знаний, реализует следующие компетенции: ПК-1, ПК-12, ПК-14, ПК-17.

Рекомендовано к изданию решением методической комиссии агроэкологического института Брянского государственного аграрного университета от 25 марта 2015 года, протокол № 5.

Р е ц е н з е н т ы :

М.И. НИКИФОРОВ – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент Брянской государственной сельскохозяйственной академии;

В.В. ОСМОЛОВСКИЙ – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент Брянской государственной сельскохозяйственной академии.

© Брянский ГАУ, 2015
© Коллектив авторов, 2015

ВВЕДЕНИЕ

В соответствии с ФГОС высшего профессионального образования Российской Федерации Объектами профессиональной деятельности бакалавров по направлению подготовки 110100 «Агрохимия и агропочвоведение» являются: агроландшафты и агроэкосистемы; почвы, режимы и процессы их функционирования; сельскохозяйственные угодья; сельскохозяйственные культуры; удобрения и мелиоранты; технологии производства продукции растениеводства и воспроизводства плодородия почв; агроэкологические модели.

Учебная дисциплина «Система удобрения» входит в базовую часть цикла профессиональных дисциплин, включенных в учебный план согласно ФГОС ВПО направления 110100 – «Агрохимия и агропочвоведение».

В результате изучения дисциплины студент должен:

знать:

- биологические особенности роста и развития основных сельскохозяйственных культур и агроэкологические требования к условиям их произрастания;

- вынос (хозяйственный, биологический) элементов питания урожаем сельскохозяйственных культур, затраты элементов питания на создание единицы урожая;

- методы оценки и контроля эффективного и потенциального плодородия почв и условий минерального питания сельскохозяйственных культур;

- доступность элементов питания почвы и удобрений основным сельскохозяйственным растениям.

- основные принципы и приемы оптимизации минерального питания растений и агрохимических свойств почвы с помощью удобрений и химической мелиорации для увеличения производства растениеводческой продукции хорошего качества;

- основные методы определения доз удобрений, разработки систем удобрения, годовых и календарных планов применения минеральных удобрений и мелиорантов.

- химические и физические свойства минеральных, органических удобрений и мелиорантов;

- способы хранения, подготовки удобрений и технологические приемы рационального их применения;

уметь:

- определять и корректировать дозы удобрений, сроки и способы их внесения в севооборотах на основе рекомендаций, выноса элементов питания растениями и баланса питательных веществ в агроценозах;

- проектировать системы, годовые и календарные планы применения удобрений и мелиорантов в агроценозах, составлять технологические схемы их внесения, контролировать реализацию системы удобрения в хозяйствах.

- использовать знания о химическом составе растений для определения выноса элементов питания в агроценозах, оценки качества растениеводческой продукции, расчета доз удобрений, определения баланса элементов питания в агроценозах;

владеть:

- терминами и понятиями системы удобрения при ее проектировании, оценке эффективного плодородия почвы и продуктивности посевов;

- необходимыми знаниями для оценки рекомендаций применения удобрений и мелиорантов в агроценозах, корректировать способы и сроки внесения минеральных и органических удобрений;

- навыками обоснования системы удобрения, годовых и календарных планов, технологий применения удобрений и средств химической мелиорации почв;

- приемами контроля качества выполнения работ по применению удобрений и мелиорантов.

Целью курсового проекта является:

- Готовность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования;
- Способность разрабатывать и обосновывать системы и планы применения удобрений, способы хранения, подготовки удобрений и их рационального применения, технологические проекты получения заданной продуктивности сельскохозяйственных культур и воспроизводства плодородия почв различных агроценозов;
- Готовность к обоснованному принятию конкретных технологических решений применения удобрений и мелиорантов с учетом почвенно-климатических условий, доз удобрений и биологических особенностей сельскохозяйственных культур;

- Готовность изучения научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта применения удобрений.
- Способность к обобщению и статистической обработке результатов опытов, формулированию выводов.
- Способность контролировать и оценивать системы удобрения агроценозов и реализации их в различных севооборотах хозяйств.

Курсовой проект следует выполнять по техническому заданию ведущего преподавателя или использовать исходные материалы конкретного хозяйства, из которого он прибыл на учёбу или в котором предполагает работать после её завершения. Для правильного выполнения курсового проекта необходимо придерживаться задания и настоящих методических рекомендаций. В полученном задании не допускаются никаких изменений и исправлений без разрешения ведущего преподавателя. Студент может внести дополнения в проектируемую часть (расчёты, таблицы и т.п.) исходя из особенностей хозяйства.

Каждый раздел завершается обоснованием, в котором дается оценка полученным материалам.

В конце следует обязательно привести список документов используемых в разработке проекта: почвенно-агрохимические очерки, картограммы кислотности, содержания подвижного фосфора, обменного калия и литературу.

Курсовой проект должен быть выполнен грамотно, аккуратно, чернилами или пастой без исправлений и помарок в соответствии с нижеприведенными методическими рекомендациями. Правильно выполненный курсовой проект допускается к защите. При защите студент обязан дать квалифицированные разъяснения по всем разделам и оценку разработанной им экологической системы применения удобрений в севооборотах.

Разработку курсового проекта по системе применения удобрений целесообразно производить в такой последовательности:

1. Получить в хозяйстве или взять из выдаваемого задания на выполнение курсового проекта, необходимую исходную информацию, а именно:
 - размеры площадей пашни в севооборотах (полевых, кормовых);
 - чередование культур в севооборотах;
 - агрохимическую характеристику почв по полям севооборота;
 - бальную оценку почв пашни;

- поголовье скота в хозяйстве по видам скота и возрастным группам;
 - планируемые уровни урожая сельскохозяйственных культур на перспективу (при их отсутствии студент разрабатывает сам);
2. Составить многолетний план известкования почвы в севооборотах и других угодьях с обоснованием доз внесения, выбора формы известкового удобрения, сроков внесения и способов заделки в почву;
 3. Рассчитать баланс гумуса в севооборотах и разработать планы потребности хозяйства в органических удобрениях, их накопления и размещения между объектами использования;
 4. Разработать систему удобрений для получения экологически чистой растениеводческой продукции, где определить дозы, сроки и способы внесения минеральных, включая микроудобрения, и органических удобрений;
 5. Для культур севооборота обосновать и дать описание приёмам, срокам и способам внесения удобрений с указанием вида, формы, физической массы удобрений, а также марки машин и орудий для их внесения;
 6. Дать оценку разработанной системы применения удобрений ;
 7. Рассчитать баланс кальция, магния и серы в севообороте и дать ему оценку;
 8. Произвести расчёт биоэнергетической эффективности удобрений в севообороте по каждой культуре и в целом по севообороту.

Методические рекомендации по сбору данных, их обобщению, анализу и оформлению в курсовом проекте

1. Воробьев Г.Т. Почвы Брянской области. – Брянск: Грани, 1993, 160 с.;
2. Воробьев Г.Т., Бобровский А.И., Прудников П.В. Агрохимические свойства почв Брянской области и применение удобрений. Брянск, 1995, 121 с.;
3. Почвенный очерк сельскохозяйственного предприятия;
4. Система земледелия сельскохозяйственного предприятия;
5. Система удобрений сельскохозяйственного предприятия.

РАЗДЕЛ I

ХАРАКТЕРИСТИКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ХОЗЯЙСТВА

Сведения для выполнения этого раздела находят из официальных документов хозяйства (почвенный очерк, система земледелия и система удобрений сельскохозяйственного предприятия) и предоставляют в следующей последовательности:

1. Общие сведения о хозяйстве представить в таблице 1 курсового проекта;

Таблица 1 - Общие сведения о хозяйстве

№	Показатель	Сведения
1.	Местонахождение хозяйства (республика, область, район)	
2.	Название хозяйства (колхоз, совхоз, др.)	
3.	Сложившаяся специализация	
4.	Балл пашни	
5.	Площадь землепользования, га (всего)	
	в т.ч. сельхозугодий	
	из них пашни	
	луга и пастбища	
	многолетние насаждения	
	прочие земли	
6.	Количество севооборотов и занимаемая площадь пашни, га (всего)	
	в т. ч. 1 севооборот	
	2 севооборот	
7.	Расстояние от усадьбы хозяйства до, районного центра, км областного центра, км	
8.	Характеристика дорог в хозяйстве	
9.	Наличие и ёмкость складов для минеральных удобрений, навозохранилищ	
10.	Источники торфяных, и других видов органических удобрений, известковых материалов	
11.	Средняя обеспеченность хозяйства минеральными удобрениями ц/га органическими удобрениями т/га	
12.	Плотность загрязнения $Ku/км^2$	
13.	Степень эродированности почвы	

2. Охарактеризовать основные климатические условия сельскохозяйственного предприятия по данным ближайшей метеостанции и представить в таблице 2;

Таблица 2 - Характеристика климатических условий
(по данным _____ метеорологической станции)

№	Показатель	Сведения
1.	Средняя сумма осадков, мм за год за вегетационный период	
2.	Средняя температура, °С за год за вегетационный период за май июнь июль август сентябрь	
3.	Продолжительность вегетационного периода, дней	
4.	Сумма активных температур (выше + 10 °С)	

3. Фактическую урожайность сельскохозяйственных культур (за последние 3 года) представить в таблице 3, планируемые (действительно возможные) уровни урожая сельскохозяйственных культур на перспективу разрабатывает сам студент.

Таблица 3 - Урожайность сельскохозяйственных культур

№	Культура	Средняя урожайность за 3 года, т/га	Планируемая урожайность, т/га
1.	Оз. рожь (зерно)		
2.	Оз. пшеница		
3.	Яровая пшеница		
4.	Ячмень		
5.	Овёс		
6.	Гречиха		
7.	Горох, вика		
8.	Люпин		
9.	Картофель (клубни)		
10.	Лён (волокно, семена)		
11.	Многолетние травы (сено)		
12.	Однолетние травы (сено)		
13.	Кукуруза (зелёная масса)		
14.	Кормовые корнеплоды		
15.	Овощи в среднем: в т.ч. капуста		
16.	Люпин (зел. масса)		
17.	Естественные пастбища		
18.	Культурные пастбища		
19.	Естественные сенокосы		
20.	Культурные сенокосы		

Под действительно возможным урожаем понимают такой уровень урожайности, которого можно достичь на каждом конкретном поле с учётом реального почвенного плодородия (реального бонитета почв поля). Действительно возможную урожайность можно рассчитать, используя формулу 1 и приложения 1, 2 и 3.

$$ДВУ = Бп \times Цб \times К, \quad (1)$$

где ДВУ – действительно возможная урожайность, ц/га;

Бп – бонитет почвы, балл;

Цб – урожайная цена балла почвы, ц;

К – поправочный коэффициент на агрохимические свойства почвы.

4. поголовье скота в хозяйстве по видам скота и возрастным группам представить в таблице 4.

Таблица 4 - Наличие поголовья скота в хозяйстве

№	Виды и группы скота	Количество голов, гол.
1.	Крупно рогатый скот всего, в т. ч. взрослых молодняк от 1 до 2 лет молодняк до 1 года	
2.	Лошади - всего	
3.	Свиней - всего в т. ч. взрослые молодняк	
4.	Другие виды животных:	

5. Чередование культур в севооборотах представить в таблице 5;

Таблица 5 - Принятые в хозяйстве севообороты
(для разработки системы применения удобрений)

севооборот			севооборот		
№ поля	Культура	Площадь, га	№ поля	Культура	Площадь, га
1			1		
2			2		
3			3		
4			4		
5			5		
6			6		
7			7		
8			8		
ИТОГО			ИТОГО		

6. В таблице 6 представить данные двух основных типов почв сельскохозяйственного предприятия с указанием агрохимических свойств, бальной оценки почв пашни, плотности загрязнения.

Таблица 6 - Агрохимическая характеристика почв полей севооборотов

№ поля	Культура	Площадь, га	Балл почвы	Почва, тип / гранулометр. состав	Содержание гумуса, %	pH _{KCl}	V, %	Nг, мМоль на 100 г. почвы	Содержание легкогогидролизуемого азота, мг/кг		Плотность загрязнения ¹³⁷ Cs, Ки/км ²
									P ₂ O ₅	K ₂ O	
<i>Севооборот № 1</i>											
1.											
2.											
3.											
...											
<i>Севооборот № 2</i>											
1.											
2.											
3.											
4.											
...											

Особое внимания требует задание 6, материалы для которого послужат основой дальнейших расчетов. Для этого необходимо повторить разделы агрохимии, где излагаются вопросы о реакции почвы, емкости поглощения, гидролитической кислотности, обеспеченности почв подвижными формами питательных веществ, роли и содержания гумуса, группировке почв по этим показателям.

Рассмотрев сведения о хозяйстве, климатических условиях, урожайности сельскохозяйственных культур и изучив данные агрохимических свойств, необходимо дать заключение по указанным пунктам в курсового проекта, используя приложения 4, 5 и 6.

РАЗДЕЛ II

ОРГАНИЗАЦИЯ ХИМИЧЕСКОЙ МЕЛИОРАЦИИ ПОЧВ

В соответствии с агрохимической характеристикой почвы, студент должен составить многолетний план известкования в севооборотах с обоснование норм внесений, выбора форм известковых удобрений, сроков внесения и способов заделки в почву, а также экологическую роль известкования и особенности известкования почв, загрязнённых радионуклидами. В многолетнем плане должны быть намечены следующие основные мероприятия:

- установление необходимости известкования почв;
- определение очередности известкования почв, относящихся к разным севооборотам;
- определение дозы CaCO_3 ;
- определение дозы известкового удобрения и корректирование в зависимости от плотности загрязнения;
- составление плана известкования почв в севооборотах с учетом культур и агротехники их возделывания;

Установление необходимости известкования почв. Как недостаточное, так и избыточное известкование приводит к понижению урожая сельскохозяйственных культур в течение продолжительного времени. Для определения необходимости известкования применяют агрохимические методы. На основании этих методов установление нуждаемости почв в известковании производится по величине обменной кислотности (рН солевой вытяжки) и степени насыщенности почв основаниями. Оценка потребности почвы в известковании (по М.Ф. Корнилову) представлена в приложении 6.

Определение дозы CaCO_3 . Для определения доз известки используются различные методы. Широко распространено определение доз известки по величине рН солевой вытяжки с учётом механического состава почвы и содержания гумуса. Для этого используют справочные данные, разработанные научно-исследовательскими учреждениями (прил. 8).

Более точно полную дозу известки можно установить по величине гидролитической кислотности (Нг). Расчет дозы CaCO_3 на 1 га производится по формуле 2 исходя из массы пахотного слоя.

$$D = \frac{H_z \times 500 \times 3000000}{1000000000} = H_z \times 1,5, \quad (2)$$

где D - доза CaCO_3 , т/га;

H – гидролитическая кислотность, ммоль (м-экв) на 100 г почвы;

500 - количество CaCO_3 , необходимое для нейтрализации 1 ммоль (м-экв.) H в 1 кг почвы, мг;

3000000 - масса почвы пахотного слоя на 1 га, кг;

1000000000 - коэффициент для перевода мг CaCO_3 в т.

В зависимости от типа севооборота дозы извести (CaCO_3) корректируют (табл. 7).

Таблица 7 - Дозы извести в севооборотах различных типов

Севооборот	Доза извести в долях от полной
Полевой с многолетними травами	1 - при малых площадях картофеля (10 – 15 %); 3/4 - при больших площадях
Кормовой с корнеплодами	1,2 - при внесении борных удобрений
Льняной	1 - на связных, буферных, средне- и тяжелосуглинистых почвах; 1/2 - на песчаных и супесчаных
Картофельный	1/2 - на легких; 3/4 - на тяжелых окультуренных почвах
Овощной	1 или 1,25 - 1,30

Например, для льняного севооборота для одного из полей найдена доза CaCO_3 5 т/га. На песчаных и супесчаных почвах, доза CaCO_3 будет равна 2,5 т/га и т. д.

Следующим этапом в разработке плана известкования является определение доз известковых удобрений.

Определение доз известковых удобрений. Дозу того или иного известкового удобрения в физическом весе с учётом влажности, примесей и содержания крупных частиц определяют по формуле 3.

$$D = \frac{H \times 1000000}{(100 - B) \times (100 - K) \times \Pi}, \quad (3)$$

где D - количество известкового удобрения, т/га;

H - норма чистого и сухого углекислого кальция, которую определяют по гидролитической кислотности или по таблицам, откорректированная в зависимости от севооборота, т/га;

B - влажность удобрения, %;

K - количество примесей и частиц крупнее 1 мм, %;

Π - нейтрализующая способность известкового удобрения в пересчете на CaCO_3 или содержание $\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$, %.

Составление плана известкования почв в различных севооборотах. При составлении плана учитываются степень нуждаемости почв в известковании и очередность. Важным условием составления плана является проведение известкования на всех полях в течение 3 - 5 лет.

В соответствии с требованиями культур, а также с учетом времени посева и уборки рекомендуется использовать календарь работ по известкованию (табл. 8).

Таблица 8 - Календарь работ по известкованию

Месяц	Место внесения извести
Апрель - май	Под культуры ярового сева, прежде всего под многолетние травы
Июнь - август	После уборки парозанимающих культур и трав первого и второго года пользования, под озимые
Сентябрь - октябрь	После уборки озимых, яровых и пропашных культур
Ноябрь - декабрь (при толщине снежного покрова не более 20 см)	По мерзлой почве или снегу, по тающему снегу на достаточно ровных площадях, по всем участкам, не известкованным в предшествующий период, но требующим известкования; под все яровые культуры (кроме льна); на вновь освоенных землях, на лугах и пастбищах

При известковании зимой необходимо соблюдать ряд условий:

- для известкования выбирать поля с ровным рельефом;
- глубина снежного покрова не должна превышать 20 см;
- нельзя вносить известковые удобрения по озимым из-за возможного вымерзания их в колеях прохода агрегатов;
- вследствие низкого расположения разбрасывающих дисков не следует вносить известковые удобрения по снежному покрову глубиной более 20 см;
- нельзя вносить известковые удобрения на поля при скорости ветра 5 - 6 м/с и более из-за переноса частиц извести с поверхности снежного покрова;
- зимой не рекомендуется разбрасывать известковые удобрения с содержанием влаги более 8 %, так как они смерзаются, и неравномерно распределяются на поверхности;
- для предотвращения сноса ветром известковые удобрения необходимо заделывать шлейфом или легкой бороной на глубину 5 - 7 см.

Известкование почв зимой следует планировать на полях, где затруднено внесение удобрений в другие периоды; на переувлажненных почвах; полях, предназначенных под посев ранних яровых культур; отдаленных полях с плохими подъездными путями.

При составлении плана известкования нужно принимать во внимание также и особенности действия известковых удобрений на отдельные культуры, а также учитывать технологию возделывания культур в севообороте.

Наиболее отзывчивы на известкование клевер, люцерна, донник. При возделывании этих культур на кислых почвах необходимо проводить обязательное известкование. При этом необходимо применять полные дозы известковых удобрений.

Озимая пшеница и ячмень очень хорошо отзываются на известкование не только на сильнокислых почвах, но и на среднекислых.

В льняных севооборотах известковые удобрения можно вносить не только под зерновые культуры и многолетние травы, но и непосредственно под лен. При этом необходимо обязательно вносить борные удобрения и более высокие дозы калийных удобрений. Лучше использовать известковые удобрения, содержащие магний.

Известковые удобрения непосредственно под картофель также можно вносить, но при этом нужно известкование проводить тогда, когда вносится под эту культуру органическое удобрение; использовать борные удобрения; увеличить на 10 - 15 % дозы калийных удобрений. Лучшим известковым удобрением при непосредственном его внесении под картофель является доломитовая мука.

При известковании кислых почв с легким механическим составом в севооборотах с люпином лучше применять магнийсодержащие известковые материалы; известь вносить в половинной дозе, добиваясь равномерного ее рассеивания. На связных почвах дозу извести можно увеличить и вносить ее непосредственно под люпин. После известкования рекомендуется применять удобрения, содержащие бор (борный суперфосфат и бормагниевое удобрение).

При известковании почв в овощных севооборотах известь можно вносить под любую культуру. При этом для более быстрого и сильного действия известь следует заделывать послойно: 3/4-2/3 дозы осенью под зяблевую вспашку и 1/4-1/3 под ранневесеннюю культивацию. Под капусту можно вносить известь локально в лунки.

Определение необходимости повторного известкования производится так же, как и первоначального, т.е. по величине $pH_{КС}$, механическому составу, степени насыщенности почв основаниями.

Опыт известкования показывает, что проводить поддерживающее известкование вполне достаточно один раз в 4-6 лет, несколько чаще на почвах легких и реже на почвах более тяжелого механического состава.

Особенности известкования почв при загрязнении их радионуклидами

Известкование кислых почв является весьма эффективным способом снижения поступления радионуклидов из почвы в растения. Установлено, что от внесения известковых удобрений в нормах, рассчитанных по гидролитической кислотности, содержание стронция-90 и цезия-137 в растениеводческую продукцию снижается в 1,5-2,5 раза, а в ряде случаев – в 3 раза. Дальнейшее повышение норм извести в меньшей степени влияет на снижение поступления радионуклидов в растения. При оптимальных значениях реакции почвенной среды отмечается минимальное накопление радионуклидов в продукцию растениеводства. Поэтому основной целью известкования кислых почв в зоне радиоактивного загрязнения является нейтрализация кислотности почв и насыщение ППК кальцием и магнием.

При проведении известковании кислых почв следует учитывать уровень загрязнения их радионуклидами. Установлено три уровня:

- ◆ загрязнение по цезию-137 – от 1 до 5 Ки/км²;
- ◆ загрязнение по цезию-137 – от 5 до 15 Ки/км²;
- ◆ загрязнение по цезию-137 – от 15 до 40 Ки/км².

Нормы внесения известкового материала определяются с учетом поправочных коэффициентов в зависимости от уровня загрязнения (прил. 7).

Составляет план известкования почв в севообороте и потребность в известковых удобрениях. В конце раздела делает заключение по имеющимся пунктам.

Фосфоритование почв в хозяйстве

Необходимо дать краткое описание приёма и провести подбор площадей для фосфоритования, используя картограммы содержания подвижного фосфора, в зависимости от величины рН, содержания Р₂О₅, и биологических особенностей сельскохозяйственных культур.

РАЗДЕЛ III

БАЛАНС ГУМУСА. НАКОПЛЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ В ХОЗЯЙСТВЕ. ВОСПРОИЗВОДСТВО ПОЧВЕННОГО ПЛОДОРОДИЯ

Расчёт баланса гумуса. Количество и качество гумуса оказывает существенное влияние на основные свойства почвы, запас и доступность питательных веществ, санитарное состояние. Поэтому система удобрений в севообороте должна предусматривать не только бездефицитный баланс гумуса (воспроизводство), но и положительный (воспроизводство).

Главная задача гумусового баланса – определение его прогноза и расчет потребности пахотных почв в органических удобрениях с целью получения планируемой урожайности и обеспечения воспроизводства почвенного плодородия. Баланса гумуса рассчитывается по двум севооборотам, как разность между статьями поступления (за счёт гумификации пожнивно-корневых остатков и расхода (минерализации при возделывании сельскохозяйственных культур).

Статья расхода: Минерализация – это совокупность процессов превращения (разложения) органических веществ в минеральные соли, воду и углекислоту, которые используются растениями микрофлорой почвы. Вынос азота с урожаем определяется по приложению 10.

Расчёт минерализации гумуса проводится на основе выноса растениями почвенного азота. В связи с тем, что минерализация гумуса зависит от культуры, механического состава почвы, степени рыхления почвы, вводятся поправочные коэффициенты. При выносе урожаем 60 кг азота, в почве минерализуется в среднем 10 центнеров гумуса. Поправочные коэффициенты для гумуса на гранулометрический состав почвы: тяжёлый суглинок – 0,8, средний – 1,0, лёгкий – 1,2, супесь – 1,4, песок – 1,6; для многолетних трав – 1, зерновые и другие культуры сплошного сева – 1,2, пропашные – 1,6.

При выращивании бобовых культур надо учитывать поступление азота в почву из атмосферы. Определение выноса почвенного азота бобовыми культурами проводится с учётом азотфиксирующей деятельности микроорганизмов. Установлено, что обеспеченность многолетних бобовых растений в азоте за счёт атмосферного азота составляет 70-89 %, зернобобовых (горох, вика, кормовые бобы) 50-60 %, вика-овсяной смеси – 10-20 %.

В связи с тем, что размеры азотфиксации могут изменяться в зависимости от вида бобовых культур, почвенных и погодных условий,

удобрений, активности клубеньковых бактерий и других факторов, существует метод ускоренного определения выноса азота бобовыми культурами с учётом коэффициентов азотфиксации по формуле 4:

$$\text{Вынос}N = N_{\text{общ}} - (N_{\text{общ}} \times K_{\phi}), \quad (4)$$

где $N_{\text{общ}}$ - *общий азот в урожае бобовых культур, кг/га;*

K_{ϕ} – *коэффициент азотфиксации (прил. 14).*

Статьи пополнения гумуса в почве: В современном земледелии поступление в почву органического вещества корневых и пожнивных остатков полевых культур является существенной приходной статьей гумусового баланса. Установлены уравнения линейной регрессии (прил. 15), которые позволяют быстро определить количество растительных остатков, поступающих в почву.

Принимая во внимание, что из общего количества поступивших в почву растительных остатков лишь некоторая часть их может превращаться в гумусовые вещества, предложены коэффициенты гумификации:

- для зерновых культур, зернобобовых, однолетних трав и льна – 0,1;
- многолетние травы, люпин – 0,18;
- картофель, овощи, корнеплоды – 0,08.

В настоящее время принято считать, что из одной тонны органических удобрений влажностью 70-80 % образуется: на связанных почвах – 50, на легких – 35-40 кг гумуса.

Пример расчёта баланса гумуса.

Планируемая урожайность позднего картофеля – 280 ц/га. По приложению 10 находим, что 1 ц основной и соответствующее количество побочной продукции выноса 0,54 кг азота.

При планируемой урожайности с 1 га вынос азота составит:

$$280 \times 0,54 = 151,2 \text{ кг}(N)$$

При выносе 60 кг азота в почве минерализуется в среднем 10 ц гумуса, а при выносе 151,2 кг соответственно выносятся – 25,2 ц/га.

Почва дерново-подзолистая легкосуглинистая, следовательно, расход гумуса составляет:

$$25,2 \times 1,2 \times 1,6 = 48,28 \text{ ц/га}.$$

Накопление корневых и пожнивных остатков рассчитывают используя уравнения линейной регрессии (прил. 15).

В нашем случае $Y = 0.014 \times 280 + 7 = 10,92$ ц/га. Количество гуму-

са образующее из корневых и пожнивных остатков составляет: $10,92 \times 0,08 = 0,87$ ц/га. Соответственно баланс гумуса без применения органических удобрений равен: $0,87 - 48,28 = - 48,27$ ц/га, т.е. отрицательный.

На связанных почвах из 1 т органических удобрений образуется 0,5 ц гумуса. Соответственно для бездефицитного баланса гумуса при урожайности картофеля 280 ц/га нам необходимо внести 96,5 т/га органических удобрений.

После расчета баланса гумуса для воспроизводства плодородия почвы необходимо определить общую потребность в органических удобрениях для севооборотов в целом и для каждого поля, а так же установить основные источники и пути накопления органических удобрений в хозяйстве.

Накопление навоза в хозяйстве Мероприятия по накоплению и эффективному использованию органических удобрений являются важным фактором повышения плодородия почвы и увеличения урожайности. В этом разделе студент должен вспомнить состав и свойства различных органических удобрений способы и условия правильного хранения подстилочного и бесподстилочного навоза, предотвращения потери питательных веществ и загрязнение окружающей среды, способы приготовления компостов, рациональную технологию применения (способы, и нормы внесения под отдельные культуры). Для определения количества накапливаемого органического удобрения необходимо сделать предварительные расчёты его планового выхода, используя для этого имеющиеся справочные данные.

Выход подстилочного навоза. При расчёте выхода подстилочного навоза можно пользоваться табличными данными (прил. 11), составленными с учётом количества подстилки на одну голову скота.

Общее количество навоза в хозяйстве можно определить, путём умножения суточного количества навоза на продолжительность стойлового периода и общее поголовье скота, используя формулу 5.

Можно использовать готовые данные выхода навоза получаемого от одного животного за соответствующий стойловый период, используя приложение 12.

$$V_c = \frac{V_d \times D_c \times Ч_c}{1000}, \quad (5)$$

где V_c – выход навоза за стойловый период от группы скота, т

V_d – выход свежего навоза день, кг;

D_c – длина стойлового периода, дней;

$Ч_c$ – численность стада (поголовье);

1000 – коэффициент для перевода в тонны.

Определение бесподстилочного (полужидкого) навоза. При бесподстилочном содержании животных основными компонентами навоза являются кал и моча. Дневной выход навоза складывается из количества твёрдых и жидких выделений животных (прил. 13). Поэтому за тот или иной период содержания животных количество полужидкого навоза в м³ можно определить по формуле 6.

$$N_{пж} = \frac{(K + M) \times D_c \times Ч_c}{1000}, \quad (6)$$

где $(K+M)$ – количество кала и мочи животных, получаемое в полужидком виде

за 1 день от одной головы скота, м³;

D_c – длина стойлового периода, дней;

$Ч_c$ – численность поголовья;

1000 – коэффициент для перевода 1 кг навоза в 1 м³.

При расчёте массы 1 м³ полужидкого навоза можно приравнять к 0,9 т.

План распределения органических удобрений между севооборотами

При составлении плана распределения органических удобрений определяется общая потребность хозяйства в органических удобрениях, исходя из зональных особенностей того или иного хозяйства и типа севооборотов. Если обнаружится, что навоза недостаточно, то определяются возможные пути для увеличения количества органических удобрений. Проводят компостирование торфа с навозом, навозной жижей, жидким навозом, применяют в качестве удобрений солому, зелёное удобрение и т.д.

Приготовление компостов. Для увеличения накопления органического удобрения и повышения насыщенности севооборота органическими удобрениями с целью достижения положительного баланса необходимо планировать приготовление компостов. В этом случае потребуются расчёты по составу компостов и соотношению компонентов с активным и инертным органическим веществом. От этого зависит и продолжительность созревания компоста.

К компонентам с активным органическим веществом относятся материалы, богатые микрофлорой (навоз, навозная жижа, помёт). Инертное органическое вещество содержит торф, сапрпель, солома, опилки, листья и т.п. созревание компостов в зимнее время требует большей доли активного компонента. Например, для приготовления торфонавозного компоста обычно применяют соотношение торфа и подстилочного наво-

за зимой 1:1, летом 2:1. При использовании бесподстильного навоза соотношение зависит от влажности навоза и торфа приложение 16. В состав компоста могут быть введены минеральные удобрения (фосфоритная мука 1-3 %, калийные 0,5 % от массы компоста).

Солома является источником органических удобрений. Её использование должно неуклонно увеличиваться. Содержание органического вещества в соломе высокое, что предопределяет её значение в пополнении запасов гумуса в почве. Недопустимо сжигание соломы, что ведёт к безвозвратной потере органического вещества и загрязнению окружающей среды. Солома может использоваться самостоятельно: измельчённую солому разбрасывают по полю, а затем запахивают, и в составе компостов. При самостоятельном использовании добавляют азотсодержащие минеральные или органические удобрения для устранения иммобилизации азота из расчёта 15 кг азота на 1 тонну соломы.

При использовании соломы на удобрение необходимо учитывать количество соломы, используемое для подстилки животных, на корм скоту, на укрытие буртов. Расчет расхода соломы для подстилки производят по формуле 7.

$$\Sigma\Pi = \frac{\Pi \times C \times D_c}{1000}, \text{ т} \quad (7)$$

где Π – расход подстилки на 1 голову, кг; C – количество голов; D_c – стойловый период, дней.

На корм скоту в рационе питания солома яровых зерновых культур на одну голову составляет: КРС – 6,6 ц, молодняка КРС – 3,3 ц, лошади - 13 ц, овцы – 4,1 ц в год.

Для средней полосы НЗ расход соломы на укрытие составляет для буртов с картофелем и корнеплодами – 100 кг/т, для буртов с капустой – 70 кг/т.

Зелёное удобрение применяется для обогащения почвы органическим веществом, при разложении которого накапливаются питательные вещества, главным образом азот. Для этой цели выращивают растения – сидераты, обычно из семейства бобовых (люпин, донник, сераделла, чина, бобы), которые накапливают азот за счёт фиксации или из семейства крестоцветных (горчица, рапс, редька масличная, горчица белая).

Количество гумуса, получаемого от 1 т органического материала, определяют по формуле 8:

$$\Gamma = \frac{K_r \times OB}{100}, \quad (8)$$

где G – количество гумуса, получаемого 1 т органического материала, кг;
 Kg – коэффициент гумификации, для Центрального района
Нечерноземья – 20%;
 OB – содержание органического вещества, % (прил. 15).

Пример расчёта.

Навоз, содержит органического вещества 21 % или 210 кг на 1 т, коэффициент гумификации 20 %.

$$G = \frac{20 \times 210}{100} = 42 \text{ кг гумуса от 1 т навоза.}$$

После того, когда в хозяйстве полностью определены основные виды органических удобрений, можно приступить к их распределению между севооборотами. В первую очередь их используют для удобрения в овощных и кормовых (прифермских) севооборотах. Поскольку компосты по действию их на урожай и качество основных сельскохозяйственных культур не уступают навозу, можно их применять под овощные и кормовые культуры с длинным вегетационным периодом, например под поздние сорта капусты белокочанной, под кормовую свёклу, брюкву и другие культуры. В органических удобрениях нуждается также картофель. Поэтому если эта культура возделывается в полевом севообороте, то определенное количество навоза планируется под культуры полевых севооборотов.

Например, общая потребность хозяйства в органических удобрениях на 1000 га пашни составляет 15000 т. Хозяйство при использовании всех резервов будет иметь только 12000 т, при этом 6000 т навоза и 6000 т торфо-навозных компостов хорошего качества. Это количество будет распределено следующим образом.

В хозяйстве 3 севооборота: овощно-кормовой и 2 полевых. Общая площадь овощно-кормового севооборота 180 га, каждого поля - 30 га. Он имеет следующий набор культур: 1) вика + овес с подсевом многолетних трав; 2) многолетние травы 1-го года; 3) многолетние травы 2-го года; 4) капуста белокочанная; 5) свекла столовая; 6) морковь столовая.

Оптимальной дозой органических удобрений в овощном севообороте на дерново-подзолистых почвах является 20 - 25 т/га. В соответствии с этим определяем, что если каждый гектар будет получать 25 т, то на 180 га необходимо вывезти и внести 4500 т.

Один из двух полевых севооборотов с общей площадью 400 га включает 2 поля картофеля: 1) многолетние травы 1-го года; 2) многолетние травы 2-го года; 3) озимая пшеница; 4) картофель ранний; 5)

ячмень; б) овес; 7) картофель поздний; 8) ячмень с подсевом многолетних трав. Площадь одного поля в среднем 50 га. В полевых севооборотах с большим процентом пропашных культур оптимальная доза органических удобрений 12 - 15 т/га. Следовательно, на всю площадь севооборота нужно выделить примерно 4800 т.

На второй полевой севооборот, где очень мало пропашных культур, а преобладающее место занимают зерновые культуры, приходится оставшаяся часть органических удобрений - 3300 т. Это семипольный севооборот с площадью 420 га, одного поля - 60 га: 1) многолетние травы 1-го года; 2) многолетние травы 2-го года; 3) яровая пшеница; 4) брюква кормовая; 5) ячмень; 6) пар занятой; 7) озимая пшеница с подсевом многолетних трав.

На каждый гектар севооборотной площади в третьем севообороте приходится 7,9 т органических удобрений. Это почти столько, сколько рекомендуется вносить на 1 га в полевых севооборотах с малой насыщенностью пропашных культур.

После такого расчета определяется среднее количество органических удобрений, приходящееся на 1 га пашни в хозяйстве. В условиях данного примера оно составляет 12 т (12 000: 1000).

При распределении органических удобрений по полям севооборота нужно, прежде всего, руководствоваться биологическими особенностями культур и отзывчивостью их на органическое удобрение. В то же время нужно помнить, что для всех культур минимальной дозой органических удобрений, которая является экономически и агротехнически целесообразной, является доза 20 т/га. Так как это условие нельзя выполнить, надо выбрать 2 - 3 поля в севообороте, в которых будет использоваться органическое удобрение. На дерново-подзолистых и серых лесных почвах органические удобрения вносят под картофель, овощи, кормовые корнеплоды, коноплю, сахарную свеклу и другие пропашные культуры из расчета 30 - 60 т/га. Учитывая последствие органических удобрений, их можно вносить под озимые культуры. Средняя доза должна быть ниже, чем под пропашные, - 20 - 30 т/га. В овощном севообороте в ранее разобранный пример удобрения нужно вносить под капусту белокочанную, свеклу столовую и под смесь вики с овсом; под капусту и столовую свеклу - по 60 т/га, или всего 3600 т; под вику с овсом - по 30 т/га, или всего 900 т.

В конце раздела необходимо дать обоснование по указанным пунктам.

РАЗДЕЛ IV

РАСЧЁТ И ОПТИМИЗАЦИЯ НОРМ УДОБРЕНИЙ НА ПЛАНИРУЕМУЮ УРОЖАЙНОСТЬ

Нормы удобрений должны быть рассчитаны таким образом, чтобы полностью удовлетворить потребность растений в питательных веществах, обеспечить расширенное воспроизводство почвенного плодородия и в тоже время не допустить загрязнения окружающей среды, отрицательного воздействия на качество получаемой продукции и непродуцибельных потерь самих удобрений.

Под **нормой** понимается количество удобрения, вносимого под сельскохозяйственную культуру за период её выращивания, а **доза** – это количество удобрения, вносимого за один прием (для основного, припосевного или послепосевного использования). При установлении норм удобрений необходимо учитывать состав и свойства почвы, баланс питательных веществ в агропедоценозе, процессы взаимодействия удобрений с почвой и растением в конкретных условиях ландшафта.

Существуют два принципиальных подхода к расчёту норм удобрений:

1. Нормативный или статистический метод, который в настоящее время считается основным и обосновывается на анализах многолетних экспериментальных данных полевых агрохимических опытов с удобрениями. Для установления норм удобрений пользуются данными, приведенными в приложении 20. Эти нормы должны уточняться в зависимости от эффективного плодородия почвы при помощи поправочных коэффициентов приложение 9 и плотности загрязнения приложение 7. При определении норм азотных удобрений необходимо учесть количество азотных удобрений рассчитанных для иммобилизации азота при использовании соломы на удобрение.

2. Расчётный или балансовый метод, основанный на учёте использования растениями питательных веществ из почвы и удобрений. При определении норм удобрений этим методом надо знать:

- Вынос питательных веществ урожаем, который нетрудно рассчитать, используя данные приложения 10
- Содержание подвижных питательных веществ на 1 га в пахотном слое почвы. Для этого содержание подвижных питательных веществ, выраженное в мг на 100 г почвы, умножают на коэффициент 30 и получают их запасы в кг на 1 га.
- Коэффициенты использования питательных веществ растениями из почвы и удобрений, представленные в приложениях 21, 22 и 23

Об обеспеченности почвы подвижными формами азота можно судить по содержанию в ней органического вещества (гумуса) или обеспеченности фосфором и калием.

В первом случае расчет ведется следующим образом.

При содержании в почве гумуса, например, 2 % его масса будет равняться $Z_n = (2 \times 3) \times 10 = 60$ т на 1 га. Поскольку в гумусе содержится 5 % азота, то его общее количество в почве составит 3 т на 1 га. По обобщенным данным ВИУА, в дерново-подзолистых почвах среднее содержание легкогидролизуемого азота составляет 4 – 7 % общего его количества. Рассчитывать лучше по минимальному значению – 4 %. Тогда количество легкогидролизуемого азота в почве будет определяться величиной:

$$\frac{3 \times 4}{100} = 0,12 \text{ т или } 120 \text{ кг на } 1 \text{ га.}$$

Во втором случае учитывается определенная зависимость между обеспеченностью подвижными формами фосфора и азота, а на песчаных и супесчаных почвах - между калием и азотом. Об обеспеченности почвы азотом лучше всего судить, но обеспеченности элементом, находящимся в минимуме, которым может быть либо фосфор, либо калий. Для этого устанавливают, к какому классу относится почва по обеспеченности фосфором (или калием) и по этому классу определяют содержание легкогидролизуемого азота (прил. 18).

Например, почва по обеспеченности P_2O_5 относится к III классу. Следовательно, содержание легкогидролизуемого азота в ней составляет (при $pH < 5$) 50- 70 мг на 1 кг почвы или 150 – 210 кг на 1 га.

Используя справочные и имеющие в хозяйстве данные, студент устанавливает нормативным методом нормы удобрений для двух севооборотов, и расчетным методом нормы удобрений для зерновой и пропашной культур.

Пример расчёта норм удобрений на планируемую урожайность балансовым методом. Планируемая урожайность позднего картофеля – 250 ц/га. По табличным или справочным данным находим, что 1 ц основной и соответствующее количество побочной продукции вынося $N - 0,54$ кг, $P_2O_5 - 0,16$ кг, $K_2O - 1,07$ кг. При планируемой урожайности с 1 га вынос питательных веществ составит:

азота $250 \times 0,54 = 135$ кг;

фосфора $250 \times 0,16 = 40$ кг;

калия $250 \times 1,07 = 267,5$ кг

Дерново-подзолистая почва относится по обеспеченности подвижными формами питательных веществ к III классу и содержит N - 50 мг, P₂O₅ - 50 мг, K₂O - 100 мг на кг почвы. Запасы питательных веществ в почве составляют, кг/га:

$$\begin{aligned} N &- 50 \times 3 = 150 \text{ кг;} \\ P_2O_5 &- 50 \times 3 = 150 \text{ кг;} \\ K_2O &- 100 \times 3 = 300 \text{ кг.} \end{aligned}$$

Коэффициенты использования питательных веществ из почвы принимаются следующие: N - 0,20 (20 %), P₂O₅ - 0,07 (7 %), K₂O - 0,09 (9 %). Следовательно, из почвы для создания урожая будет использовано N - 30 кг, P₂O₅ - 10,5 кг, K₂O - 27 кг.

Под картофель намечено внести 40 т навоза на 1 га, содержащего: N - 0,5 %, P₂O₅ - 0,25 %, K₂O - 0,6 %, с которым на 1 га будет внесено 200 кг - азота, P₂O₅ - 100 кг, K₂O - 240 кг.

Коэффициент использования питательных веществ из органических удобрений (прил. 23) принимаются следующие: N - 0,20 (20 %), P₂O₅ - 0,30 (30 %), K₂O - 0,50 (50 %). Растения получают из навоза в первый год:

$$\begin{aligned} N &- 200 \times 0,20 = 40 \text{ кг;} \\ P_2O_5 &- 100 \times 0,30 = 30 \text{ кг;} \\ K_2O &- 240 \times 0,5 = 120 \text{ кг.} \end{aligned}$$

С минеральными удобрениями необходимо внести на 1 га:

$$\begin{aligned} N &- 135 - (30+40) = 65 \text{ кг;} \\ P_2O_5 &- 40 - (10,5+30) = - 0,5 \text{ кг;} \\ K_2O &- 267,5 - (27+120) = 120,5 \text{ кг.} \end{aligned}$$

С учётом коэффициента использования питательных веществ из минеральных удобрений составляют: N - 0,50 (50 %), K₂O - 0,85 (85 %), нектарные нормы внесения равны:

$$\begin{aligned} N &- 65 \times 0,5 = 32,5 \text{ кг;} \\ K_2O &- 20,5 \times 0,85 = 102,4 \text{ кг.} \end{aligned}$$

Форма удобрений устанавливают с учётом биологических особенностей культур и хозяйственных возможностей. Если имеются аммиачная селитра (N - 34 %) и сульфат калия (K₂O - 46 %), то их потребуется на 1 га:

$$\begin{aligned} \text{аммиачной селитры} &- 32,5 : 34 = 0,95 \text{ ц/га;} \\ \text{сульфат калия} &- 102,4 : 46 = 2,2 \text{ ц/га.} \end{aligned}$$

РАЗДЕЛ V

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УДОБРЕНИЙ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОЙ ПРОДУКЦИИ РАСТЕНИЕВОДСТВА

В системе применения удобрений планы имеют важное организационно-экономическое значение. В курсовом проекте студент должен научиться планировать различные виды работ по использованию удобрений, опираясь на агрохимические свойства почвы и удобрений, биологические особенности растений. С этой целью студенту предполагается составить план распределения удобрений в севооборотах, дать конкретное обоснование и описание применения удобрений в разные сроки и различными способами. Для этого надо изучить биологические особенности возделываемых культур: отношение к реакции среды, концентрации питательных веществ, поступление питательных веществ по разным фазам вегетации, предпочитаемые формы удобрений. Особое внимание следует обратить на взаимодействие используемых удобрений с почвой в зависимости от её свойств, сроков и способов внесения удобрений, глубины заделки. Указать машины для внесения и заделки удобрений.

Расчет потребности в складском помещении для хранения минеральных удобрений рассчитать используя приложение 26.

РАЗДЕЛ VI

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РАЗРАБОТАННОЙ СИСТЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ

Разработанная система должна обеспечивать воспроизводство и оптимизацию плодородия почвы, получение запланированной урожайности сельскохозяйственных культур и продуктивности севооборота. При этом необходимо положительно решать вопросы качества продукции, экологии и экономики. Поэтому разработанную систему нельзя рассматривать как некую застывшую схему. Она должна быть динамичной и постоянно корректироваться в зависимости от конкретных природных, агрономических и организационно-экономических условий.

Студенту предлагается сделать оценку разработанной им системы по двум показателям - балансу питательных веществ и общей продуктивности севооборота.

Баланс питательных веществ. После определения доз удобрений производится расчет баланса элементов питания, который складывается из расходной части и приходной, что представляет интенсивность баланса, то есть меру наращивания почвенного плодородия. Он является научной основой планирования применения удобрений, позволяет целенаправленно регулировать плодородие почвы, защиту ее и окружающей среды от загрязнения агрохимикатами.

Поступление элементов питания включает следующие приходные статьи баланса: минеральные удобрения; органические удобрения; симбиотический азот; семена; атмосферные осадки; несимбиотического азота.

Расход элементов питания состоит из следующих статей баланса: вынос планируемыми урожаями; потери от вымывания; потери от эрозии почв; газообразные потери азота.

Расчёт поступления (приход). Определяют поступление элементов питания по приходным статьям баланса и записывают в соответствующие строки.

Количество питательных элементов поступивших с минеральными удобрениями находят в соответствующей таблице курсовой проекта. Поступление их с органическими удобрениями рассчитывают следующим образом: находят насыщенность органическими удобрениями на 1 га севооборотной площади соответствующего севооборота.

Пример. Насыщенность органическими удобрениями она составляет 12 т/га, соответственно с одной тонной навоза КРС на соломенной подстилке (прил. 24) поступает в почву 5 кг азота, а с 12 т – 60 кг, фосфора $2 \times 12 = 24$ кг, калия – $6 \times 12 = 72$ кг.

Для определения количества симбиотического азота используют данные о величинах фиксированного из атмосферы симбиотического азота, оставшегося в почве после бобовых растений. Так, в расчете на 1 ц сена в почве остается симбиотически фиксированного азота, сверх усвоенного из почвы: после многолетних бобовых трав – 1,0 кг, после многолетних бобово-злаковых смесей – 0,6 кг; после однолетних бобовых трав на 1 ц зеленой массы, люпина на зерно, гороха на зерно – 0,24 кг. Бобово-злаковые травы улучшенных сенокосов и пастбищ на 1 ц зеленой массы оставляют в почве 0,12 кг азота.

Пример. В севообороте на площади 1000 га люпин занимает 100 га, клевер – 200 га. Урожайность люпина (зеленой массы) 200 ц/га, клевера (сена) – 45 ц/га.

После люпина в почве остается 48 кг/га азота ($200 \times 0,24$), а на 100 га – 4800 кг. После клевера остается 45 кг/га (45×1), а на 200 – 9000 кг.

Сумма оставшегося после люпина и клевера азота делят на площадь пашни в севообороте и находят среднее количество симбиотического азота на 1 га:

$$\frac{4800 + 9000}{1000} = 13,8 \text{ кг}$$

С атмосферными осадками поступление элементов питания в почву составляет: азота – 5 кг/га, фосфора – 0,1 кг/га, калия – 7 кг/га. С посадочным материалом картофеля в почву возвращается около 20 кг азота, 10 кг фосфора и 30 кг калия, с семенами зерновых и зернобобовых культур, азота – 10-15, фосфора – 5-10, калия – 10-12 кг/га. Поступление несимбиотического азота, фиксированного свободно живущими бактериями, при расчете баланса на пахотных и лугопастбищных угодьях принимается на уровне 10 кг/га в год.

Расчет расходной статей баланса. Вынос питательных элементов планируемыми урожаями в среднем на 1 га севооборотной площади и потери при эрозии определяют используя приложения 10 и 28.

Потери азота за счет вертикального стока в среднем под культурами сплошного сева 20-25 кг/га, пропашными 50-60 кг/га, фосфора и калия 2-5 кг/га.

Газообразные потери азота в среднем составляют от 15 до 20 % от количества, внесённого с минеральными и органическими удобрениями.

Сопоставляя, приход с расходом, находим общий баланс и его интенсивность. Общий баланс принято считать удовлетворительным, когда интенсивность его будет положительной и примерно равна: по азоту – 100 - 120 %, по фосфору – 150 - 180 %, по калию – 110 – 130 %. При таких значениях интенсивность баланса на пахотных почвах в производственных условиях обеспечивает продуктивность пашни на уровне 50-60 ц/га кормовых единиц.

Применив коэффициенты использования питательных веществ, поступивших в почву с органическими и минеральными удобрениями, находим то количество питательных элементов, которое будет усвоено растениями из вносимых удобрений. Сопоставив эти показатели с выносом с урожаями, получим характеристику эффективного баланса.

Продуктивность севооборота. Продуктивность севооборота является важным показателем степени использования биологических особенностей возделываемых культур, природных почвенных и климатических условий (влагообеспеченности, солнечной радиации, теплового режима, естественного плодородия почвы), а также применяемых агротехнических факторов, в том числе удобрений. По обобщенным опытными данным продуктивность полевых севооборотов на дерново-подзолистых, серых лесных и черноземных почвах колеблется от 2 до 7 т на га зерновых единиц, приложение 19.

Степень использования почвенного плодородия возрастает в зависимости от достигнутой продуктивности севооборота. При оптимальном насыщении севооборотов удобрениями на дерново-подзолистых почвах достигается средний (на супесчаных почвах) и повышенный (на суглинистых почвах) уровни продуктивности, а на черноземных почвах - высокий уровень.

Следует иметь в виду, что высокий и очень высокий уровни продуктивности севооборота связаны с полным освоением зональной системы земледелия, что создает необходимые условия наилучшего использования биоклиматического потенциала зоны. Низкая и очень низкая продуктивность севооборота в Нечерноземной зоне во многом обусловлена сильноокислой и кислой реакцией почв. В таких случаях разработку системы применения удобрений надо начинать с известкования, так как на почвах с рН = 4 минеральные удобрения неэффективны.

Для оценки общей продуктивности севооборота необходимо

урожаем всех возделываемых культур перевести в зерновые единицы при помощи установленных коэффициентов приложение 25. Результаты расчетов необходимо сопоставить с уровнями продуктивности севооборота (прил. 19) и сделать соответствующие выводы.

Баланс кальция, магния и серы. В приходных статьях баланса учитывается поступление этих элементов с известковыми, минеральными и органическими удобрениями, а также с осадками и семенами. В расходной части учитывается вынос урожаем, потери от эрозии.

Например. В среднем на 1 га севооборотной площади вносится в год вносится 1,1 т доломитовой муки в которой 85 % CaCO_3 . Содержание CaCO_3 в 1,1 т составит $1,1 \times 0,85 = 0,935$ т. В приложении 29 находим количество CaO и MgO вносимое на 1 га с известковыми материалами. С 935 кг CaCO_3 поступает 280,5 кг CaO ($30 \times 9,35$) и 187 кг MgO ($20 \times 9,35$). На 1 гектар планируется внести 65 кг P_2O_5 в виде двойного суперфосфата начале рассчитывают. С этим количеством P_2O_5 поступает 30 кг CaO на 1 га ($64 \times 46 : 100$). Приход с органическими удобрениями рассчитывают в зависимости от их вида и дозы, используя данные о содержании CaO , MgO , S (прил. 24).

Приход с атмосферными осадками CaO равен 22 кг/га, MgO – 3,01, серы – 11 кг/га, с семенами поступает CaO - 0,2 кг/га, MgO – 0,1, серы – 0,2 кг/га.

Суммируя статьи приходной части баланса, получим поступление кальция, магния и серы на 1 га севооборотной площади.

Вынос урожаем кальция, магния и серы рассчитывают аналогично тому, как это делается для азота, фосфора и калия. Используя данные о выносе каждой культурой, вычисляют средние значения на 1 га.

Потери от эрозии почв (прил. 28) позволяют определить расход на 1 га. Сопоставив показатели по приходу и расходу, находят абсолютные значения баланса и его интенсивности.

РАЗДЕЛ VII

РАСЧЕТ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ

Производство продукции растениеводства в земледелии связано с затратами невозобновляемой энергии, в том числе и за счет применения удобрений. Поэтому важно разрабатывать и использовать энергосберегающие технологии, при которых меньше затрачивается энергии на производство растениеводческой продукции. Это требует от агрономов-экологов знаний по основам расчета энергетической эффективности применения удобрений в прогрессивных технологиях.

Накапливаемая в основной и побочно продукции растениеводства энергия оценивается в джоулях. Содержание энергии в основной (хозяйственно ценной) продукции растениеводства с учетом побочной рассчитывается по формуле 9:

$$\mathcal{E}_\Pi = \Pi \times K \times 100, \quad (9)$$

где \mathcal{E}_Π - содержание энергии в основной продукции растениеводства, МДж/га;

Π - прибавка урожая от удобрения, ц/га (прил. 30);

K - количество энергии в 1 кг основной продукции в натуре (прил. 32), МДж;

100 - коэффициент пересчета ц в кг.

Энергозатраты на минеральные удобрения под культуры, связанные с их производством рассчитывают по формуле 10,

$$\mathcal{E}_y = (D_N \times \mathcal{E}_N) + (D_P \times \mathcal{E}_P) + (D_K \times \mathcal{E}_K), \text{ МДж/га}, \quad (10)$$

где D_N, D_P, D_K - фактическая дозы внесения соответственно азотных, фосфорных и калийных удобрений по д. в. кг/га;

$\mathcal{E}_N, \mathcal{E}_P, \mathcal{E}_K$ - энергетические затраты на 1 кг д. в га азотных, фосфорных и калийных удобрений (прил. 31), МДж/га.

Расчёт затраты, связанные с подготовкой, погрузкой, транспортировкой и внесением минеральных удобрений осуществляется по формуле 11,

$$\mathcal{E}_B = 171,4 + (8,0974 \times D_N) + (1,2954 \times D_P) + (2,804 \times D_K) - (0,1533 \times P^2)$$

где \mathcal{E}_B - общие энергозатраты на подготовку, погрузку, транспортировку и внесение удобрений МДж/га;

D - доза удобрений в физической массе азотных, фосфорных и калийных соответственно, ц;

P - расстояние перевозки удобрений от склада хозяйства до поля, км.

Затраты на доставку минеральных удобрений от прирельсовой базы в хозяйство в среднем составляют 22 МДж на 1 т/км, на хранение в складах хозяйства 38,8 МДж/т.

Энергозатраты на погрузку, транспортировку и внесение органических удобрений приводятся в приложении 34, а на уборку, доработку и реализацию дополнительного урожая за счет удобрений - в приложении 33.

Общие затраты энергии при применении удобрений слагаются из энергозатрат на производство удобрений, их транспортировку, погрузку и внесение, а также на уборку, доработку и реализацию дополнительного урожая.

Энергетическая эффективность (энергоотдача или биоэнергетический КПД) выражается в единицах и рассчитывается путем деления энергии, полученной в прибавке урожая от удобрений на общие энергозатраты, связанные с применением удобрений. Расчёт энергетической эффективности применения удобрений произвести по одному севообороту.

РАЗДЕЛ VIII

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СОХРАНЕНИЯ И ВОСПРОИЗВОДСТВА ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ В ХОЗЯЙСТВЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

В этом разделе студент в конкретной форме мотивирует свой подход к разработке альтернативной или биологической системы применения удобрений, даёт обоснование принятой системы, указывает текущие недостатки. Указанные требования должны вытекать из конкретных данных разработанной системы и опираться на теоретические знания, при этом необходимо отразить следующие основные моменты:

- негативное влияние удобрений на плодородие почвы и её свойства;
- тяжёлые металлы в удобрениях, как источник загрязнения;
- влияние агрохимических средств на фитосанитарное состояние почв и посевов;
- органические удобрения как фактор биологизации земледелия.

Приложение 1

Шкала бонитировки дерново-подзолистой суглинистой почвы

рН _{КС1}	Содержание P ₂ O ₅ мг/кг	Балл бонитета					
		яровые зерновые	рожь озимая	многолетние травы	картофель	лён	кормовые корнеплоды
< 4,5	< 100	30 – 34	26 – 30	32 - 36	38 - 42	30 - 34	14 - 18
	100– 200	42 – 46	38 – 42	40 - 44	42 – 46	36 - 40	18 – 22
	200>	50 – 54	42 – 46	44 - 48	46 - 50	45 – 48	22 – 26
4,5 – 5,0	<100	42 – 46	42 – 46	48 - 52	46 - 50	36 – 40	28 – 32
	100– 200	50 – 54	58 – 62	62 - 66	50 - 54	44 – 48	32 – 36
	200>	58 – 62	66 – 70	66 - 70	54 - 58	52 – 56	36 – 40
5,0 – 6,5	< 100	54 – 58	54 – 58	66 - 70	54 - 58	48 – 52	36 – 40
	100– 200	66 – 70	70 – 74	82 - 86	58 - 62	54 – 58	44 – 48
	200>	74 – 78	82 – 86	86 - 90	62 - 66	60 – 64	52 – 66
6,5 >	< 100	62 – 66	50 – 54	68 - 72	50 - 54	54 – 58	36 – 40
	100– 200	74 – 78	66 – 70	86 - 90	54 - 58	60 – 64	44 – 48
	200>	82 - 86	74 - 78	90 - 94	58 - 62	68 - 72	52 - 56

Приложение 2

Урожайная цена балла, ц основной продукции на 1 балл
(данные Санкт-Петербургского ГАУ)

Культура	Уровень агротехники		
	низкий	средний	высокий
Озимая рожь	0,17	0,25	0,45
Яровые зерновые	0,17	0,25	0,40
Картофель	1,50	2,00	3,20
Многолетние травы (сено)	0,40	0,50	0,90
Лён (соломка)	0,20	0,40	0,80
Кормовые корнеплоды	2,50	4,00	10,0
Зернобобовые: на зелёный корм	1,50	2,50	3,5
на зерно	-	0,80	-

Приложение 3

Поправочный коэффициент к цене балла пашни на агрохимические свойства почвы (К)
при содержании K₂O 141 – 160 мг на кг почвы

рН	Содержание P ₂ O ₅ , мг на кг почвы							
	51 – 70	71 – 90	91 – 110	111 – 130	131 – 150	151 – 170	171 – 190	более 190
< 4,5	0,85	0,87	0,91	0,95	0,97	0,99	1,00	1,01
4,51-4,7	0,90	0,92	0,96	1,00	1,02	1,05	1,05	1,06
4,71-4,9	0,94	0,96	1,00	1,04	1,06	1,08	1,09	1,10
4,91-5,1	0,98	1,00	1,04	1,08	1,10	1,12	1,13	1,14
5,11-5,3	1,02	1,04	1,08	1,12	1,14	1,16	1,17	1,18
5,31-5,5	1,05	1,07	1,11	1,15	1,17	1,19	1,20	1,21
5,51-5,7	1,08	1,10	1,14	1,18	1,20	1,22	1,23	1,24
5,71-5,9	1,10	1,12	1,16	1,20	1,22	1,24	1,25	1,26
5,9 >	1,12	1,14	1,18	1,22	1,24	1,26	1,27	1,28

Оценка содержания гумуса в пахотном горизонте почв

№ группы	Обеспеченность органическим веществом	Содержание органического вещества, %		
		Дерново-подзолистые песчаные и супесчаные	Дерново-подзолистые и светло-серые лесные легко суглинистые	Серые и темно-серые лесные легкосуглинистые
I	Очень низкая	Менее 1,0	Менее 1,3	Менее 2,0
II	Низкая	1,1-1,3	1,4-1,7	2,1-2,5
III	Средняя	1,4-1,7	1,8-2,2	2,6-3,0
IV	Повышенная	1,8-2,4	2,3-2,7	3,1-4,0
V	Высокая	Более 2,4	Более 2,7	Более 4

Группировка почв по степени кислотности и содержанию питательных веществ

Классы почв	Кислотность почв		Содержание подвижных форм P ₂ O ₅ и K ₂ O	P ₂ O ₅ мг/кг	K ₂ O мг/кг
	Степень кислотности	pH _{KCl}			
I	Оч. сильнокислые	< 4,0	Очень низкое	< 25	< 40
II	Сильнокислые	4,1-4,5	Низкое	26-50	41-80
III	Среднекислые	4,6-5,0	Среднее	51-100	81-120
IV	Слабокислые	5,1-5,5	Повышенное	101-150	121-170
V	Бл. к нейтральным	5,6-6,0	Высокое	151-250	171-200
VI	Нейтральные	> 6,0	Очень высокое	> 250	> 200

Оценка потребности почвы в известковании (по Корнилову)

Почвы	Потребность в известковании							
	сильная		средняя		слабая		отсутствует	
	pH _{KCl}	V, %	pH _{KCl}	V, %	pH _{KCl}	V, %	pH _{KCl}	V, %
Тяжело- и среднесуглинистые	< 5,0	< 45	5,0-5,5	54-60	5,5-6,0	60-70	> 6,0	> 70
	< 4,5	< 50	4,5-5,0	50-65	5,0-5,5	65-75	> 5,5	> 75
	< 4,0	< 55	4,0-5,5	55-70	4,5-5,0	70-80	> 5,0	> 80
Легкосуглинистые	< 5,0	< 35	5,0-5,5	35-55	5,5-6,0	55-65	> 6,0	> 65
	< 4,5	< 40	4,5-5,0	40-60	5,0-5,5	60-70	> 5,5	> 70
	< 4,0	< 45	4,0-5,5	45-55	4,5-5,0	65-75	> 5,0	> 75
Супесчаные и песчаные	< 5,0	< 30	5,0-5,5	30-45	5,5-6,0	45-55	> 6,0	> 55
	< 4,5	< 35	4,5-5,0	35-50	5,0-5,5	50-60	> 5,5	> 60
	< 4,0	< 40	4,0-5,5	40-55	4,5-5,0	55-65	> 5,0	> 65

Поправочные коэффициенты к дозам известки и калийных удобрений, в зависимости от уровня загрязнения почвы ¹³⁷Cs

Уровни загрязнения Ки/км ²	Поправочные коэффициенты	
	известковые	калийные
1-5	1,3	1,77
5-15	1,5	2,33
15-40	2,0	3,00

Дозы CaCO₃ для почв Центральных районов Нечерноземной зоны, т/га

Почва	pH _{KCl}								
	3,8-3,9	4,0-4,1	4,2-4,3	4,4-4,5	4,6-4,7	4,8-4,9	5,0-5,1	5,2-5,3	5,4-5,5
Песчаная	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0	-
Супесчаная	7,0	5,5	4,5	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5	-
Легкосуглинистая	8,0	6,5	5,5	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,5
Среднесуглинистая	9,0	8,0	6,5	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0
Тяжелосуглинистая	10,5	9,5	7,5	6,5	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0
Глинистая	14,5	10,5	9,0	7,0	6,5	6,0	5,5	5,0	4,5

Приложение 9

Поправочные коэффициенты к нормам удобрений под сельскохозяйственные культуры в зависимости от обеспеченности почв подвижными формами фосфора и калия

Класс почвы	Зерновые, зернобобовые и многолетние травы	Пропашные	Овощные и технические
I	1,5-2,0	без предварительного окультуривания урожай <i>не обеспечивают</i>	
II	1,3-1,5	1,5-2,0	то же
III	1,0	1,3-1,5	1,5-2,0
IV	0,5-0,7	1,0	1,3-1,5
V	0,3-0,5	0,3-0,5	1,0 (для фосфорных)
VI	0-0,3	0-0,3	0-0,3

Приложение 10

Вынос азота, фосфора, калия, кальция, магния, и серы с 1 ц основной и соответствующим количеством побочной продукции на минеральных почвах, кг

Культуры	Вид продукции	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	S
Оз. пшеница	зерно	2,82	1,08	1,92	0,47	0,31	0,50
Оз. Рожь	—>—	2,80	1,21	2,33	0,41	0,31	0,60
Ячмень	—>—	2,90	1,19	2,74	0,48	0,30	0,9
Овес	—>—	2,59	1,24	2,86	0,42	0,33	1,2
Гречиха	—>—	3,75	1,98	4,82	0,81	0,34	0,8
Люпин	—>—	8,43	1,99	4,40	1,88	0,85	1,42
Горох	—>—	5,89	1,40	2,90	2,40	0,48	1,05
Лен-долгунец	волокно	5,81	2,29	7,30	1,50	0,78	1,60
Сахарная свекла		0,4	0,16	0,65	0,16	0,12	0,16
Кормовая свекла		0,35	0,1	0,78	0,09	0,08	0,10
Картофель		0,54	0,16	1,07	0,22	0,11	0,08
Кукуруза на силос	з. м.	0,33	0,12	0,42	0,06	0,05	0,09
Однолетние б/з травы	з. м	0,45	0,13	0,43	0,09	0,06	0,10
Однолетние б/з травы	сено	1,74	0,54	2,59	0,46	0,29	0,40
Многолетние б/з травы	сено	1,73	0,54	2,57	1,30	0,48	0,40
Многолетние б/з травы	з. м.	0,35	0,11	0,51	0,24	0,09	0,07
Сенокосы	сено	1,61	0,49	2,20	0,95	0,41	0,20
Пастбища	з. м.	0,53	0,08	0,49	0,25	0,12	0,05
Рапс яровой	—>—	0,50	0,10	0,49	0,30	0,12	0,06
Кукуруза	зерно	3,00	1,20	3,30	0,50	0,31	0,08
Капуста	кочаны	0,40	0,10	0,45	0,58	0,20	0,20
Овощи (в среднем)		0,25	0,08	0,35	0,32	0,15	0,05

Приложение 11

Примерное количество свежего навоза, накапливаемого за 1 сутки от одного животного, кг

Вид скота	Норма подстилки, кг					
	1	2	3	4	5	6
КРС	28,0	32,0	37,0	39,0	42,0	44,0
Лошади	21,0	24,0	25,0	26,0	27,0	28,0
Свиньи	4,7	8,0	9,0	-	-	-
Овцы, козы	4,0	5,0	-	-	-	-

Приложение 12

Примерное количество навоза, получаемого в год от одного животного, т

Вид скота	Продолжительность стойлового периода, дней			
	240 – 220	220 – 200	200 – 180	менее 180
КРС	9,0 – 10,0	8,0 – 9,0	6,0 – 8,0	4,0 – 5,0
Лошади	7,0 – 8,0	5,0 – 6,0	4,0 – 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

Приложение 13

Количество твёрдых и жидких выделений, получаемых в сутки от одного животного

Вид скота	Выделения	
	твёрдые, кг	жидкие, кг
КРС	20,0 – 30,0	10,0 – 15,0
Лошади	15,0 – 20,0	4,0 – 6,0
Свиньи	1,5 – 2,2	2,5 – 4,5
Овцы	1,5 – 2,5	0,6 – 1,0

Приложение 14

Коэффициенты азотфиксации различных бобовых культур

Культура	Коэффициенты азотфиксации		
	минимум	максимум	среднее
Клевер 2-го года жизни (сено)	0,65	0,85	0,75
Люцерна 2-3-го годов жизни (сено)	0,60	0,85	0,72
Однолетние бобовые (сено / зел. Корм)	0,50	0,70	0,60
Зернобобовые на зерно (кроме люпина)	0,40	0,65	0,55
Люпин	0,70	0,87	0,80

Урожай основной продукции и количество сухого вещества растительных остатков, поступающих в почву, ц

Культура	Вид основной продукции	Интервалы урожаев	Уравнения линейной регрессии
Оз. рожь	зерно	15 - 35	$Y=0,52X + 13,64$
Оз. пшеница	-//-	20 - 40	$Y=0,36X + 17,0$
Ячмень	-//-	20 - 45	$Y=0,33X + 16,34$
Овес	-//-	20 - 35	$Y=0,54X + 12,19$
Гречиха	-//-	5 - 11	$Y=0,90X + 11,4$
Горох	-//-	12 - 25	$Y=0,62X + 6,5$
Лен	волокно	40 - 60	$Y=0,125X + 8,88$
Картофель	клубни	100 - 280	$Y=0,014X + 7,0$
Кормовая свекла	корнеплоды	350 - 500	$Y=0,003X + 3,3$
Сахарная свекла	-//-	250 - 300	$Y=0,038X + 4,11$
Люпин	Зел. масса	280 - 450	$Y=0,06X + 3,66$
Кукуруза	-//-	120 - 450	$Y=0,057X + 9,06$
Подсолнечник	-//-	70 - 500	$Y=0,033X + 2,94$
Вика-овсяная смесь	сено	15 - 65	$Y=0,25X + 14,74$
Клевер красный	-//-	20 - 70	$Y=0,35X + 31,3$
Злаковая травосмесь	-//-	20 - 40	$Y=0,18X + 30,6$
Накопление растительных остатков в промежуточных культурах			
Оз. рожь	Зел. масса	30 - 150	$Y=0,07X + 19,04$
Люпин кормовой	-//-	80 - 200	$Y=0,06X + 8,15$
Горчица белая	-//-	90 - 260	$Y=0,008X + 7,30$

Примечание Y – количество растительных остатков (абсолютно сухое вещество), оставляемое культурой на поле, ц/га; X – урожайность культуры (основная продукция), ц/га.

Соотношение торфа и бесподстилочного навоза для приготовления компоста

Влажность приготавливаемого компоста, %	Влажность торфа, %	Влажность навоза, %				
		80	85	88	90	92
70	50	0,5:1,0	0,75:1,0	0,9:1,0	1,0:1,0	1,1:1,0
	55	0,7:1,0	1,0:1,0	1,2:1,0	1,3:1,0	1,5:1,0
	60	1,0:1,0	1,5:1,0	1,8:1,0	2,0:1,0	2,2:1,0
75	50	0,2:1,0	0,4:1,0	0,5:1,0	0,6:1,0	0,7:1,0
	55	0,25:1,0	0,5:1,0	0,65:1,0	0,75:1,0	0,85:1,0
	60	0,3:1,0	0,7:1,0	0,9:1,0	1,0:1,0	1,1:1,0

Приложение 17

Содержание органического вещества в различных видах органических удобрений

Органические материалы	Органическое вещество, %
Навоз подстилочный: крупного рогатого скота	21,0
свиной	22,0
конский	23,0
овечий	28,0
Навоз бесподстилочный: крупного рогатого скота	8 - 10
свиной	8,0
Солома: зерновых	82,0
бобовых	81,0
Зелёное удобрение	20,0
Торф низинный	10 - 15

Приложение 18

Группировка почв по обеспеченности питательными веществами, мг на 1 кг почвы

Класс	Обеспеченность	P ₂ O ₅	K ₂ O	Легкогидролизуемый азот по Тюрину и Кононовой		
		по Кирсанову		pH < 5,0	pH – 5 - 6	pH > 6,0
I	Очень низкая	< 25	< 40	< 40	< 30	< 5
II	Низкая	26 - 50	41 - 80	< 50	< 40	< 8
III	Средняя	51 - 100	81 - 120	50 - 70	40-60	9 – 15
IV	Повышенная	101 - 150	121 – 170	70 - 100	60-80	16 – 30
V	Высокая	151 - 250	171 – 200	100 - 140	80-120	31 – 60
VI	Очень высокая	> 250	> 200	> 140	> 120	> 60

Приложение 19

Уровень продуктивности севооборотов, т/га зерновых единиц в год

Уровень продуктивности	Почвы	
	дерново-подзолистые	серые лесные
Очень низкий	2	3
Низкий	2 - 3	3 - 4
Средний	3 - 4	4 - 5
Повышенный	4 - 5	5 - 6
Высокий	5 - 6	6 - 7
Очень высокий	6	7

Примерные нормы органических (т/га) и минеральных (кг д. в. на 1 га.) удобрений в зависимости от планируемой урожайности и содержания подвижных питательных веществ на дерново-подзолистых и серых лесных почвах

Планируемая урожайность, ц/га	Органические удобрения	Азотные удобрения	Фосфорные удобрения			Калийные удобрения		
			при содержании в мг на 1 кг почвы					
			до 50	50-100	более 100	до 80	80-120	более 120
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Озимая пшеница								
20 - 25	30 - 40	60	80	60	40	80	60	40
26 - 30	30 - 40	80	80	80	60	80	80	40
31 - 35	30 - 40	100	100	100	60	100	80	40
36 - 40	30 - 40	100	100	100	70	110	80	60
41 - 45	30 - 40	120	—	110	70	—	80	60
46 - 50	30 - 40	120	—	110	80	—	80	80
51 - 55	30 - 40	130	—	120	80	—	90	80
Озимая рожь								
16 - 20	0	60	60	40	40	60	40	40
21 - 25	30 - 40	60	80	60	40	80	60	40
26 - 30	30 - 40	80	80	80	60	80	60	40
31 - 35	30 - 40	100	—	100	80	—	80	60
30 - 40	30 - 40	100	—	120	80	—	80	60
Ячмень								
16 - 20	0	60	60	60	10	40	40	40
21 - 25	0	60	80	80	60	60	40	40
26 - 30	0	80	100	80	60	80	60	60
31 - 35	0	80	120	100	80	80	80	60
36 - 40	0	100	—	100	80	—	80	80
46 - 50	0	100	—	120	100	—	100	100
Овес								
10 - 20	0	40	60	40	10	60	40	40
21 - 25	0	60	80	60	40	60	40	40
26 - 30	0	80	100	60	60	80	60	40
31 - 35	0	80	100	80	80	100	80	60
Зернобобовые								
15 - 20	0	0	80	40	0	80	40	0
21 - 25	0	30	80	40	0	80	60	0
26 - 30	0	60	100	60	0	100	60	40
Картофель								
130 - 150	30 - 40	80	80	60	40	80	60	60
150 - 200	30 - 40	100	100	80	60	100	80	80
200 - 250	30 - 40	120	—	100	80	—	120	80
250 - 300	30 - 40	140	—	140	100	—	140	100

Зернобобовые (зерно)								
15 – 20	0	0	80	40	0	80	40	0
21 – 25	0	30	80	40	0	80	60	0
26 - 30	0	60	100	60	0	100	60	40
Кукуруза на силос								
300 – 350	30 – 40	60	100	80	60	60	40	20
450 – 500	30 – 40	100	120	100	80	90	70	60
550 - 600	30 – 40	120	140	120	100	120	110	90
Гречиха								
10 - 12	0	40 - 50	60	50	40	60	40	30
Лен-долгунец по мягким предшественникам: картофель, рожь (урожай - соломки, в скобках - семена)								
15 - 20 (3 - 4)	0	30 - 40	80	60	40	40	80	60
25 - 30 (5 - 6)	0	40 - 50	-	80	60	40	90	80
35 - 40 (7 - 8)	0	50 - 60	-	90	80	60	120	100
Кормовые корнеплоды								
300 – 400	30 – 40	80	100	80	60	80	40	20
500 - 600	40 - 50	120	150	120	80	120	80	60
Свекла кормовая								
200 – 300	30 – 40	60	70	60	40	70	60	50
300 – 400	30 – 40	90	110	90	70	110	100	90
400 - 500	50 - 60	110	120	100	80	120	110	100
Капуста белокочанная ранняя								
150 – 200	30 – 40	80	120	100	80	80	60	50
250 - 300	30 - 40	100	140	120	100	140	110	100
Капуста белокочанная средняя и поздняя								
300 – 400	40 – 50	60	100	80	60	100	80	60
400 – 500	50 – 60	120	120	100	80	120	100	80
500 - 600	50 - 60	160	170	140	120	160	140	120
Морковь столовая								
150 – 200	0	60	70	60	40	90	60	40
200 – 250	0	80	100	80	60	120	90	70
250 - 300	0	100	120	100	80	140	110	90
Однолетние бобово-злаковые смеси (зелёная масса)								
150 – 200	0	20	100	80	60	60	40	30
200 - 300	0	50	120	100	80	90	60	50
Многолетни злаковые травы (сено)								
20 - 25	0	40	80	40	0	60	0	0
30 - 36	0	60	80	60	30	80	40	0
40 - 50	0	80	100	60	60	80	60	40
Клеверно- томофеечная смесь с преобладание клевера (сено)								
30 – 35	0	30	70	60	40	60	40	20
40 - 50	0	50	100	80	60	80	60	50

Коэффициент использования питательных веществ из почвы

Культура	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Пшеница озимая	0,20 - 0,35	0,05 - 0,10	0,08 - 0,15
Пшеница яровая	0,20 - 0,30	0,05 - 0,08	0,06 - 0,12
Рожь озимая	0,20 - 0,35	0,05 - 0,12	0,07 - 0,14
Ячмень	0,15 - 0,35	0,05 - 0,09	0,06 - 0,10
Овес	0,20 - 0,35	0,05 - 0,11	0,08 - 0,14
Кукуруза (зерно)	0,25 - 0,40	0,06 - 0,18	0,08 - 0,28
Просо	0,15 - 0,35	0,05 - 0,09	0,06 - 0,09
Гречиха	0,15 - 0,35	0,05 - 0,09	0,06 - 0,09
Сорго	0,15 - 0,40	0,06 - 0,13	0,07 - 0,15
Горох	0,30 - 0,55	0,09 - 0,16	0,06 - 0,17
Люпин	0,30 - 0,65	0,08 - 0,16	0,07 - 0,36
Соя	0,30 - 0,45	0,09 - 0,14	0,06 - 0,12
Вика (зерно)	0,25 - 0,40	0,06 - 0,10	0,05 - 0,11
Вика (сено)	0,20 - 0,35	0,06 - 0,09	0,05 - 0,10
Лен-долгунец: - семена	0,25 - 0,35	0,03 - 0,14	0,07 - 0,20
- соломка	0,22 - 0,32	0,03 - 0,12	0,06 - 0,18
Конопля	0,20 - 0,35	0,08 - 0,15	0,06 - 0,13
Подсолнечник	0,30 - 0,45	0,07 - 0,17	0,08 - 0,24
Сахарная свекла	0,25 - 0,50	0,06 - 0,15	0,07 - 0,40
Кормовая свекла	0,20 - 0,45	0,05 - 0,12	0,06 - 0,25
Картофель	0,20 - 0,35	0,07 - 0,12	0,09 - 0,40
Кукуруза (зеленая масса)	0,20 - 0,40	0,06 - 0,18	0,08 - 0,28

Коэффициенты использования растениями питательных веществ из удобрений

Культура	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Пшеница озимая	0,55 - 0,85	0,15-0,45	0,55 - 0,95
Пшеница яровая	0,45 - 0,75	0,15 - 0,35	0,55 - 0,85
Рожь озимая	0,55 - 0,80	0,25 - 0,40	0,60 - 0,80
Ячмень	0,60 - 0,75	0,20 - 0,40	0,60 - 0,70
Овес	0,60 - 0,80	0,25 - 0,35	0,65 - 0,85
Гречиха	0,50 - 0,70	0,30 - 0,45	0,70 - 0,90
Лен-долгунец - семена	0,55 - 0,70	0,15 - 0,35	0,65 - 0,85
- соломка	0,55 - 0,65	0,15 - 0,30	0,65 - 0,80
Подсолнечник	0,55 - 0,75	0,25 - 0,35	0,65 - 0,95
Свекла сахарная	0,60 - 0,85	0,25 - 0,45	0,70 - 0,95
Свекла кормовая	0,65 - 0,90	0,30 - 0,45	0,80 - 0,95
Картофель	0,50 - 0,80	0,25 - 0,35	0,85 - 0,95
Кукуруза (зеленая масса)	0,60 - 0,85	0,25 - 0,40	0,75 - 0,95

Коэффициенты использования растениями питательных веществ
из органических удобрений

Культура	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Пшеница озимая	0,20 - 0,35	0,30 - 0,50	0,50 - 0,70
Рожь озимая	0,20 - 0,35	0,30 - 0,50	0,50 - 0,70
Овес	0,20 - 0,25	0,25 - 0,40	0,50 - 0,60
Ячмень	0,20 - 0,25	0,25 - 0,40	0,50 - 0,55
Картофель	0,20 - 0,30	0,30 - 0,40	0,50 - 0,70
Свекла сахарная	0,15 - 0,40	0,20 - 0,50	0,60 - 0,70
Свекла кормовая	0,30 - 0,40	0,45 - 0,50	0,60 - 0,70
Кукуруза- зерно	0,35 - 0,40	0,45 - 0,50	0,65 - 0,75
- зеленая масса	0,30 - 0,35	0,40 - 0,45	0,60 - 0,65

Поступление питательных элементов с органическими удобрениями

Вид органических удобрений	Содержание, кг/т					
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	S
Навоз КРС	5,2	2,6	6,2	4,0	2,0	5,2
Компост навозно-торфяной 1:1	5,7	2,3	5,2	4,0	2,0	4,0
Компост навозно-торфяной 1:2	3,3	1,8	3,2	4,0	2,0	3,5
Компосты (в среднем)	5,1	2,1	5,0	4,0	2,0	4,4

Коэффициенты перевода урожая сельскохозяйственных культур в зерновые единицы

Культура	Основная продукция		Побочная продукция	
	вид	коэффициент	вид	коэффициент
Озимая пшеница, рожь	зерно	1,0	солома	0,2
Яровая пшеница, ячмень, овес, гречиха, горох, люпин, кукуруза	зерно	1,0		0,25
Картофель	клубни	0,25	-	-
Свекла сахарная	корнеплоды	0,26	ботва	0,12
Корнеплоды кормовые (свекла, морковь)		0,2		0,11
Капуста	кочаны	0,16	листья	0,11
Лен	соломка	0,41	семена	-
Травы многолетние	сено	0,5	-	-
однолетние		0,4	-	-
Клевер, люцерна, люпин, вика, горох + овес	зел. масса	0,11	-	-
Кукуруза		0,17	-	-
Подсолнечник	зерно	1,47	стебли	-

Приложение 26

Объем единицы массы удобрений и допустимая высота их укладки

Удобрения	Объем единицы массы, м ³ /т	Допустимая высота укладки, м
Сульфат аммония	1,33	3,0
Хлорид аммония	1,72	3,0
Аммиачная селитра	1,23	2,0
Натриевая селитра	1,00	2,0
Кальциевая селитра	1,10	2,4
Карбамид	1,59	2,4
Суперфосфат двойной	1,16	4,0
Преципитат	1,16	4,0
Фосфоритная мука	0,62	4,0
Хлорид калия	1,10	4,0
Сульфат калия	0,77	4,0
Аммофос	1,20	4,0
Нитрофоска	0,86	3,0
Нитроаммофос	1,03	3,0
Нитроаммофоска	0,95	3,0

Приложение 27

Соотношение основной и побочной продукции

Культура	Основная продукция	Соотношение основной и побочной продукции
Озимая пшеница	зерно	1:1,5
Яровая пшеница		1:1,2
Озимая рожь, кукуруза, просо		1:2,0
Овес		1:1,1
Ячмень		1:1,3
Горох		1:1,5
Гречиха		1:2,5
Картофель		клубни
Кормовая свекла	корнеплоды	1:0,4
Сахарная свекла		1:0,5

Приложение 28

Потери элементов питания при эрозии почв

Степень эродированности почв	Смыв кг/га					
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	S
Слабая	10	2	5	15	2	2
Средняя	20	4	10	20	5	4
Сильная	30	8	20	25	8	6

Приложение 29

Поступление кальция, магния и серы с минеральными и органическими удобрениями, известковыми материалами и осадками, кг

Удобрения	CaO	MgO	S
на 100 кг д. в			
Суперфосфат простой	117,0	-	51,0
Суперфосфат двойной	46,0	-	-
Сульфат аммония	-	-	112,0
Сульфат калия	-	-	33,0
Молотый известняк	56,0	-	-
Молотый доломит	30,0	20,0	-
Мел	56,0	-	-
Гашеная известь	56,0	-	-
Доломитовая мука	30,0	20,0	-
Цементная пыль	52,0	2,0	1,5
Сланцевая зола	46,0	8,0	3,0
Органические удобрения, кг/т	6,0	2,0	8,3
С осадками, кг/га	7,0	0,7	11,0

Приложение 30

Прибавка урожая от удобрений для расчёта энергетической эффективности

Культура	Прибавка, ц/га	Культура	Прибавка, ц/га
Озимая рожь	7,2	Лук-репка	67,0
Пшеница	7,4	Капуста	210,0
Ячмень	8,9	Свекла столовая	131,0
Овес	10,0	Морковь	133,0
Горох	3,5	Кормовые корнеплоды	215,0
Вика	3,3	Однолетние травы (сено)	22,4
Лен, волокно	2,6	Однолетние травы (зел. м)	122,0
Картофель	80,0	Многолетние травы (сено)	15,5

Приложение 31

Энергозатраты на производство удобрений

(минеральные - на 1 кг д. в., органические и известковые - на 1 кг физической массы)

Вид удобрений	Энергозатраты, МДж
Азотные	80,0
Фосфорные	13,8
Калийные	8,8
Органические (в среднем)	0,42
Торфоновозные компосты	1,70
Известковые удобрения (в среднем)	3,8
Доломитовая мука	3,1

Приложение 32

Содержание энергии в 1 кг основной продукции в натуре
(по принятой условной стандартной влажности), МДж

Культура	Энергия	Культура	Энергия
Озимая: рожь пшеница	16,76	Лен-долгунец: волокно семена	18,01
	16,46		20,68
Яровая пшеница	16,61	Сахарная свекла (корни)	44,56
Ячмень	16,45	Кормовые корнеплоды	4,10
Овес	16,17	Картофель (клубни)	4,02
Гречиха	16,67	Сено:	
Фасоль	17,78	многолетние травы	3,78
Горох	17,69	люцерна	5,46
Кукуруза	15,14	однолетние травы	3,28
Кукуруза (з. м)	4,10	Зернофуражные культур на з. к.	3,24

Приложение 33

Энергозатраты на уборку, доработку и реализацию
дополнительного урожая за счет удобрений

Культура	Вид продукции	Энергозатраты МДж/ц
Озимая рожь	Зерно	276
Яровой ячмень	—»—	256
Лен-долгунец	Льносоломка	444
Картофель	Клубни	78
Сахарная свекла	Корни	62
Кормовые корнеплоды	—»—	45
Кукуруза	Силос	30
Многолетние травы	З. м.	35
Многолетние травы	Сено прес	85
Однолетние травы	З. м.	34
Вико-овсяная и другие травосмеси	З. м.	40

Приложение 34

Средние энергозатраты на погрузку, транспортировку
и внесение органических удобрений при разных технологиях внесения

Прямоточная		Перевалочная	
Доза внесения, т/га	Энергозатраты, МДж/га	Доза внесения, т/га	Энергозатраты, МДж/га
20	4363	20	5387
40	8475	40	10366
60	12379	60	14937

Условные обозначения минеральных удобрений

Наа - аммоний азотнокислый	Рсф - обесфторенный фосфат
На - аммоний сернокислый	Рф - фосфоритная мука
Нм - мочеви́на	Рфш - фосфатшлак
Нс - селитра натрия	Кх - калий хлористый
Нск - селитра калийная	Кс - калий сернокислый
Нскц - селитра кальциевая	Кк - калийная соль
Нв - водный аммиак	Рам - аммофос
Нб - безводный аммиак	Рдам - диаммофос
Рс - суперфосфат простой	НФ - нитрофос
Рсг - суперфосфат гранул.	НФК - нитрофоска
Рсд - суперфосфат двойной	НАФК - нитроаммофоска
Рп - преципитат	

УЧЕБНОЕ ИЗДАНИЕ

Николай Максимович Белоус
Василий Васильевич Мамеев
Евгений Владимирович Смольский

СИСТЕМА УДОБРЕНИЯ

учебно-методическое пособие

Редактор Лебедева Е.М.

Подписано к печати 29.05.2015 г. Формат 60x84 ¹/₁₆.
Бумага офсетная. Усл. п. л. 2,79. Тираж 50 экз. Изд. № 3009.

Издательство Брянского государственного аграрного университета
243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ