

Козлова Алевтина Валерьевна

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ И
МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ В РАЗЛИЧНЫХ ДОЗАХ И СОЧЕТАНИЯХ
ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ОВСА В ПОЛЕВОМ СЕВООБОРОТЕ НА
ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ

Специальность 06.01.04 – агрохимия

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Москва 2015

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова»

Научный руководитель: доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
заслуженный деятель науки РФ
Мерзлая Генриэта Егоровна

Официальные оппоненты: **Дёмин Вадим Александрович**
доктор сельскохозяйственных наук,
Российский государственный аграрный
университет– МСХА имени К.А. Тимирязева,
кафедра агрономической, биологической
химии, радиологии и БЖД, профессор
Пахненко Екатерина Петровна
доктор биологических наук,
Московский государственный университет
имени М.В. Ломоносова,
кафедра агроинформатики, профессор

Ведущая организация: **Федеральное государственное бюджетное
научное учреждение «Всероссийский
научно-исследовательский институт
органических удобрений и торфа»**

Защита диссертации состоится « 23 » апреля 2015 г. в 14⁰⁰ на заседании диссертационного совета Д 006.029.01 при Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова». Адрес: 127550, г. Москва, ул. Прянишникова, д. 31а

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке при ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова» на сайте: <http://www.vniia-pr.ru/zashita/kozlova.htm>

Автореферат разослан « ___ » _____ 2015 г.

Приглашаем Вас принять участие в обсуждении диссертации на заседании диссертационного совета. Отзывы на автореферат в 2-х экземплярах, заверенные гербовой печатью учреждения, просим направлять по адресу: 127550, Москва, ул. Прянишникова, 31а, ученый совет, e-mail: dissovet_vniia@mail.ru

**Ученый секретарь
диссертационного совета**

Никитина Любовь Васильевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. В последние годы остро стоят вопросы обеспечения продовольственной независимости страны, повышения конкурентоспособности российской сельскохозяйственной продукции на внутреннем и внешнем рынках, устойчивости предприятий агропромышленного комплекса, а также экологизации агропроизводства.

К задачам агрономической науки, непосредственно связанной с задачами государственной программы развития сельского хозяйства, относится рост производства основных видов сельскохозяйственной продукции и пищевых продуктов, развитие инновационных технологий, воспроизводство плодородия почв в каждой конкретной зоне (Прянишников, 1965; Сычев, Минеев, 2011).

В условиях Нечерноземной зоны России, отличающейся благоприятными природными и экономическими условиями для возделывания сельскохозяйственных культур, важное место отводится зерновым культурам. Зерно пшеницы, ржи, овса и других зерновых культур - основа питания человека и животных, оно также является важнейшим экспортным продуктом. Овес – одна из самых распространенных зерновых культур, выращиваемая почти повсеместно. В России посевы овса занимают площадь 3,6-4,4 млн. га. По валовому сбору зерна овес занимает третье место после пшеницы и ячменя. Зерно овса обладает высокой питательной ценностью. Благодаря хорошей усвояемости белка, а также высокому содержанию комплекса незаменимых аминокислот, ферментов, быстрых (простых) углеводов, витаминов и минералов продукты из овса имеют большое значение в диетическом и детском питании. Также овес используют в медицинских, технических и других целях. Это экономически выгодная культура, что обуславливается ее высокой урожайностью и питательной ценностью, кормовыми достоинствами, разносторонним использованием и неприхотливостью при выращивании.

В то же время продуктивность овса во многом зависит от применения научно обоснованных систем удобрения, которые в современных условиях, особенно для легких почв западной части Нечерноземной зоны, требуют экспериментального уточнения, в том числе на основе результатов исследований при возделывании в севообороте в длительных полевых опытах (Демин, 1989; Сельское хозяйство России, 2009).

Цель и задачи исследований. Цель исследований заключалась в том, чтобы в условиях западной части Нечерноземной зоны России на основании длительного стационарного полевого опыта с факториальной схемой определить эффективность доз и сочетаний органических и минеральных удобрений, обеспечивающих повышение урожайности и качества зерна овса, при сохранении плодородия дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы, улучшении ее гумусового состояния.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Определить влияние доз и сочетаний органических и минеральных удобрений при длительном применении на урожайность зерна овса, выращиваемого в зернотравяном севообороте на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве;
2. Изучить влияние длительного систематического применения различных доз и сочетаний органических и минеральных удобрений на изменение качества зерна овса, используемого на продовольственные, диетические и кормовые цели;
3. Изучить содержание гумуса в почве и его групповой состав при длительном, систематическом внесении различных доз и сочетаний органических и минеральных удобрений;
4. Установить энергетическую и экономическую эффективность исследуемых приемов.

Научная новизна исследований. Впервые в западной части Нечерноземной зоны РФ в длительном (30 лет) полевом опыте с использованием факториальной схемы в условиях окультуренной дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы изучены закономерности влияния органических и минеральных удобрений в широком диапазоне доз и сочетаний на продуктивность культуры овса. Вариант с внесением навоза крупного рогатого скота, введенный в схему опыта, в отличие от многих полевых опытов исследован как отдельный фактор. В результате комплексных исследований получены новые данные по действию важнейших систем удобрения: минеральной, органической и органоминеральной - при возделывании овса в севообороте. Выявлены закономерности, отражающие направленность и глубину изменений, происходящих в органическом веществе почвы в процессе трансформации под влиянием различных доз и сочетаний органических и минеральных удобрений за многолетний период.

С учетом продуктивности овса и состояния плодородия почвы установлено преимущество органоминеральной системы удобрения в трехкратных дозах - $N_{90}P_{90}K_{90}$ + 9 т/га навоза. Несбалансированное одностороннее применение азотных, фосфорных, калийных минеральных удобрений и навоза уступало их внесению в комплексе как по продуктивности овса, так и по показателям почвенного плодородия. В вариантах одностороннего применения удобрений содержание органического углерода в почве снижалось за 4 ротации на 19-27%, в то время как органоминеральная система в трехкратных дозах удобрений обеспечивала бездефицитный баланс органического вещества, не снижая его качества.

Практическая значимость. На окультуренной дерново-подзолистой легкосуглинистой почве с содержанием органического углерода 1,3%, высоким содержанием подвижного фосфора и повышенным – калия в условиях длительного систематического применения удобрений в севообороте под овес, с учетом энергетической и экономической эффективности, рекомендована органоминеральная система в дозах

$N_{90}P_{60-90}K_{60-90} + 9$ т/га навоза в расчете на 1 га севооборотной площади. Варьирование доз фосфорных и калийных удобрений при этом обусловлено также колебаниями суммы осадков и температур в различные годы возделывании овса. Для стабилизации гумусового состояния почвы целесообразно дополнительно в качестве органического удобрения применять солому овса и других зерновых культур.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Влияние органических и минеральных удобрений в широком диапазоне их доз и сочетаний на урожайность и качество овса Скакун, выращиваемого в зернотравяном севообороте на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве.
2. Эффективность длительного применения различных систем удобрения: минеральной, органической и органоминеральной – на продуктивность овса.
3. Динамика содержания органического вещества, его свойств в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в зависимости от длительного систематического применения различных доз и сочетаний органических и минеральных удобрений в зернотравяном севообороте.
4. Показатели энергетической и экономической эффективности применения доз и сочетаний органических и минеральных удобрений при возделывании овса.

Личный вклад автора. Диссертационная работа выполнена автором лично. Соискатель провел анализ и обобщение литературных источников, принимал непосредственное участие в проведении полевого опыта, отборе почвенных и растительных образцов, их пробоподготовке и лабораторном анализе. Соискателем лично выполнены необходимые расчеты и статистическая обработка экспериментальных данных.

Апробация работы и публикации. Основные положения диссертационной работы были представлены на 45-й Международной научной конференции молодых ученых и специалистов «Применение средств химизации для повышения урожайности и качества сельскохозяйственных культур» (г. Москва, ВНИИА им. Д.Н. Прянишникова, 2011 г.); Международной научной конференции «XV Докучаевские молодежные чтения. Почва как природная биогеомембрана» (г. Санкт-Петербург, СпбГУ им. В.В. Докучаева, 2012 г.); 46-й Международной научной конференции молодых ученых, докторантов, аспирантов и соискателей ученых степеней доктора и кандидата наук «Эффективность применения средств химизации в современных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур» (г. Москва, ВНИИА им. Д.Н. Прянишникова, 2012 г.); 48-й Международной научной конференции молодых ученых, специалистов-агрохимиков и экологов «Агроэкологические основы применения удобрений в современном земледелии» (г. Москва, ВНИИА им. Д.Н. Прянишникова, 2014 г.); Всероссийской научной конференции с международным участием «Химия и химическое образование XXI век» (г. Владикавказ, СОГУ им. К.Л. Хетагурова, 2014 г.).

По теме диссертации опубликовано 9 печатных работ, в том числе 2 статьи в журналах, рекомендованных ВАК РФ для публикаций результатов исследований соискателями ученых степеней.

Структура и объем диссертации. Диссертация изложена на 145 страницах компьютерного текста и содержит введение, обзор литературы, экспериментальную часть из 6 разделов, выводы, предложения производству, список использованной литературы и приложение. Диссертация включает 19 таблиц, 27 рисунков, 9 таблиц и 5 рисунков Приложения. Список литературы состоит из 176 источников, в том числе 13 на иностранных языках.

Автор выражает глубокую признательность научному руководителю, заслуженному деятелю науки Российской Федерации, доктору сельскохозяйственных наук, профессору Г.Е. Мерзлой за руководство, методическую помощь, создание благоприятных условий и поддержку при работе над диссертацией, а также сотрудникам лаборатории агрохимии органических удобрений ВНИИА им. Д.Н. Прянишникова Г.А. Зябкиной, кандидату сельскохозяйственных наук Т.П. Фомкиной, сотрудникам Смоленского НИИСХ И.В. Понкратенковой, А.Ю. Гавриловой, сотрудникам лаборатории географической сети опытов с удобрениями доктору биологических наук, профессору Л.К. Шевцовой и кандидату сельскохозяйственных наук К.П. Хайдукову за содействие в проведении исследований и ценные советы.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Условия и методы исследований

Исследования проводили в длительном полевом опыте, заложенном в 1978 г. в п. Олыша Смоленской области, который занесен под номером 5 в Реестр аттестатов длительных опытов с удобрениями и другими средствами химизации Российской Федерации. Опыт был заложен лабораторией агрохимии органических удобрений ВНИИА совместно со Смоленским НИИСХ.

Почва опытного участка дерново-подзолистая легкосуглинистая, подстилаемая карбонатной мореной, окультуренная. Перед закладкой опыта в слое 0-20 см (в среднем по двум полям) имела следующие агрохимические показатели: $pH_{\text{ккл}}$ 5,5, содержание органического углерода – 1,3%, подвижного фосфора (P_2O_5) (по Кирсанову) – 156, калия (K_2O) – 138 мг/кг почвы.

Опыт развернут на 3-х полях, повторность трехкратная. Географические координаты опыта – $54^{\circ}48'$ с.ш., $31^{\circ}53'$ в.д.. Общая площадь делянки 112 м^2 (16 x 7 м), учетная - 48 м^2 (12 x 4 м). Схема опыта факториальная, представляет собой выборку $1/27$ (6x6x6). Включает 48 вариантов и предусматривает изучение четырех факторов: азотного, фосфорного и калийного минеральных удобрений и навоза. Каждый из четырех факторов опыта представлен в 6 градациях (0, 1, 2, 3, 4 и 5 единичных доз). Варианты закодированы. В кодах вариантов первая цифра

обозначает «азот», вторая - «фосфор», третья - «калий» и четвертая – «навоз».

Закладка и проведение полевого опыта выполнялись в соответствии с Программой и методикой исследований в Географической сети опытов по комплексному применению средств химизации в земледелии (1990).

Севооборот первых трех ротаций зерно-травянопропашной с чередованием культур в первой ротации (1979-1989 гг.): 1. картофель, 2. ячмень, 3. озимая рожь, 4. овес, 5. горохо-овсяная смесь, 6. озимая пшеница, 7. ячмень, 8 и 9. многолетние травы 1- и 2-го годов пользования, 10. озимая рожь, 11. овес; во второй (1990-1995 гг.) и третьей (1996-2001 гг.) ротациях: 1. картофель, 2. ячмень, 3 и 4. многолетние травы 1- и 2-го годов пользования, 5. озимая пшеница, 6. овес. В четвертой ротации (2002-2008гг.) севооборот зернотравяной: 1. овес на зеленый корм, 2. озимая рожь, 3. ячмень, 4 и 5. многолетние травы 1- и 2-го годов пользования, 6. яровая пшеница, 7. овес на зерно.

Из минеральных удобрений в опыте применялись: аммиачная селитра, суперфосфат (во второй и третьей ротациях севооборота вместо двойного суперфосфата вносили простой суперфосфат) и хлористый калий. Из органических удобрений применяли подстилочный навоз крупного рогатого скота, имеющий следующие показатели: влажность 70%, содержание (в среднем) органического вещества 59% (на сухую массу), общего азота 0,46%, аммонийного азота – 0,08%, фосфора (P_2O_5) 0,21% и калия (K_2O) 0,66%. Соотношение C:N составляло 19. Навоз в расчете на сухое вещество содержал цинка -7,4 мг/кг, кадмия -0,1, хрома -1,1, никеля -0,1, меди -0,6 мг/кг. Единичные дозы навоза в 1-й ротации севооборота под картофель и озимую пшеницу составляли 20 и 15 т/га соответственно, во 2-й и 3-й ротациях – 20 т/га под картофель и в 4-й ротации –15 т/га под озимую рожь. Перед первой и второй ротациями севооборота проводилось известкование почвы по полной гидролитической кислотности.

В расчете на 1 га севооборотной площади в среднем за 30 лет с единичной ежегодной дозой навоза, которая составила 3,2 т, вносилось 580 кг органического вещества, 14, 5 кг азота, 6,6 кг фосфора (P_2O_5) и 20,7 кг калия (K_2O). Единичные ежегодные дозы NPK минеральных удобрений составляли по 27 кг/га каждого элемента. За 30 лет исследований с единичной дозой навоза, равной 96 т/га, в почву было внесено 17,4 т сухого органического вещества, 435 кг N, 198 кг P_2O_5 , 621 кг K_2O ; с единичной дозой минеральных удобрений поступило по 810 кг/га азота, фосфора (P_2O_5) и калия (K_2O).

Единичная доза азота, фосфора и калия под овес сорта Скакун на зерно составила по 30 кг/га во всех ротациях севооборота, навоза в последствии – 3 т на 1 га севооборотной площади.

Посев овса в 2008 г. проводился 14 мая (поле 1), в 2009 г. – 12 мая (поле 2). Норма высева семян овса 180-200 кг/га. Уборка урожая на поле 1 проводилась 21 августа, поле 2 – 27 августа. Посев производили сеялкой СЗТ-3,6, уборку и учет урожая – сплошным методом поделочно

комбайном Дон-1500. Урожайность зерна приводили к стандартной влажности - 14%.

Анализ растительных образцов проводили общепринятыми методами. Озоление осуществляли методом ускоренного сжигания по Гинзбург, азот определяли микрометодом по Кьельдалю (ГОСТ 134964-93), фосфор – на фотоэлектроколориметре (ГОСТ 26657-97), калий - на пламенном фотометре по ГОСТ 30504-97. Пленчатость зерна определяли по методу Омарова (1985), натуру – согласно ГОСТ 28673-90, массу 1000 зерен – по ГОСТ 10842-89.

Обработку опытных данных проводили по методике ВИУА (Перегудов, 1987), дисперсионный анализ – по Доспехову (1965) с использованием компьютерной программы STRAZ.

С целью определения изменений показателей плодородия почвы в зависимости от доз, видов и сочетаний вносимых удобрений отбирали почвенные образцы из пахотного слоя после уборки урожая. В них определяли рН – потенциометрически, содержание углерода - по методу Тюрина, групповой состав гумуса – по методу Тюрина в модификации Пономаревой – Плотниковой (Пономарева, Плотникова, 1975; Методы определения активных компонентов..., 2010).

Агроклиматические условия в годы проведения опыта на двух полях при возделывании овса были типичными для зоны, однако различались по количеству осадков и температуре воздуха. В 2008 г. выпало 462 мм осадков, а в 2009 г. – 491 мм, что было выше нормы на 10 и 17% соответственно. В апреле по обоим годам наблюдалась высокая температура воздуха в сравнении со среднемноголетней, но в 2008 г. апрель характеризовался достаточной влагообеспеченностью, а в 2009 г. количество осадков было в 7,5 раза меньше относительно среднемноголетних данных. Дождливая погода в мае-июне и августе 2009 г. негативно сказалась на урожайности и качестве зерна овса.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Закономерности действия органических и минеральных удобрений на урожайность овса

Зависимость урожайности зерна овса от действия различных доз и сочетаний органических и минеральных удобрений согласно факториальной схеме опыта изучали в конце четвертой ротации зернотравяного севооборота на двух полях.

Урожайность зерна овса на 1 и 2 полях в контрольном варианте составила 19,6 и 25,4 ц/га соответственно, а в среднем по двум полям – 22,5 ц/га (табл. 1).

Результаты исследований показали, что удобрения играли важную роль в повышении урожайности овса. Как на первом, так и на втором поле во всех вариантах удобрений получены достоверные прибавки урожая зерна.

Таблица 1. Влияние органических и минеральных удобрений на урожайность овса

Вариант	Урожайность, ц/га		В среднем по двум полям		
	1 поле	2 поле	урожайность, ц/га	прибавка урожа	
				ц/га	%
0000	19,6	25,4	22,5	-	-
0030	38,4	30,7	29,6	7,1	31,3
0300	41,5	37,3	39,4	16,9	75,1
0330	41,8	35,2	38,5	16,0	71,1
3000	38,7	31,3	34,9	12,4	55,0
3030	49,7	36,4	43,1	20,6	91,3
3300	38,7	40,5	39,6	16,1	71,6
3330	44,9	36,5	40,7	18,2	80,9
0003	34,5	32,3	33,4	10,9	48,4
0033	48,6	30,9	39,8	17,3	76,7
0303	46,8	26,6	36,7	14,2	63,1
0333	48,3	26,8	37,6	15,1	66,9
3003	45,7	36,3	41,0	18,5	82,2
3033	51,7	30,7	41,2	18,7	83,1
3303	54,4	32,4	43,4	20,9	92,9
3333	46,6	34,5	40,6	18,1	80,2
1111	32,3	33,6	33,0	10,5	46,4
1141	42,8	34,7	38,8	16,3	72,2
1411	37,2	30,5	33,9	11,4	50,4
1441	40,8	30,4	35,1	12,6	56,0
4111	49,7	37,6	43,7	21,2	83,3
4141	43,0	36,3	39,7	17,2	76,2
4411	44,8	37,4	41,1	18,6	82,8
4441	46,5	36,5	41,5	19,0	84,4
1114	44,3	29,4	36,9	14,4	63,8
1144	41,0	30,5	35,8	13,3	58,9
1414	43,5	29,4	36,5	14,0	62,0
1444	40,3	32,3	36,3	13,8	61,3
4114	40,6	36,5	38,6	16,1	71,3
4144	46,4	33,4	39,9	17,4	77,3
4414	41,5	32,3	36,9	14,4	64,0
4444	44,8	31,4	37,6	15,1	67,1
2222	39,7	34,2	37,0	14,5	64,2
2252	47,8	40,0	40,2	17,7	78,4
2522	48,0	38,2	39,0	16,5	73,1
2552	47,6	33,5	40,7	18,2	80,7
5222	49,3	39,2	43,6	21,1	93,8
5252	47,6	38,5	43,1	20,6	91,3

5522	49,3	41,5	45,4	22,9	101,8
5552	53,6	40,3	47,0	24,5	108,7
2225	49,3	31,4	40,4	17,9	79,3
2255	42,3	28,0	35,2	12,7	56,2
2525	36,8	30,5	33,7	11,2	49,6
2555	44,7	28,7	36,7	14,2	63,1
5225	37,7	34,8	36,3	13,8	61,1
5255	39,6	34,0	36,8	14,3	63,6
5525	47,6	33,2	40,4	17,9	79,6
5555	42,8	34,7	38,8	16,3	72,2
НСР ₀₅	4,6	5,0	3,4		

Наименьшая средняя прибавка относительно неудобренного варианта 7,1 ц/га, или 31,3%, была при внесении одних калийных удобрений (0030). Одностороннее применение навоза (0003), азота (3000) и фосфора (0300) повышало урожайность овса на 10,9; 12,4 и 16,9 ц/га, или на 48,4; 55,0 и 75,1% соответственно.

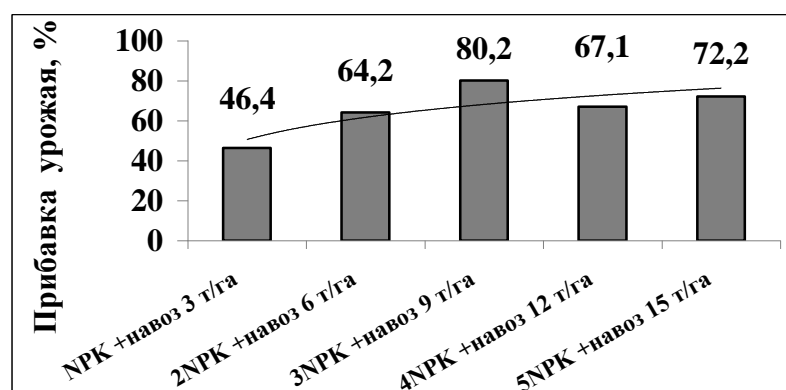


Рис. 1. Прибавки урожая овса в зависимости от возрастающих доз удобрений в органоминеральных вариантах, в среднем по 2 полям

Наиболее эффективным было применение полного минерального удобрения (3330), а также органоминеральной системы в трехкратных дозах (3333). Урожайность овса в этих вариантах достигала 41 ц/га, что было на 80% выше контрольного значения. Рост доз удобрений в органоминеральных системах свыше 3-кратных не оказывал достоверного влияния на повышение урожайности овса (рис. 1). При внесении высоких, 4-5-кратных доз навоза и минеральных удобрений наблюдалась тенденция к снижению урожайности за счет отмеченного в этих вариантах опыта полегания посевов.

На основе фактических данных урожайности овса были получены следующие уравнения регрессии:

$$Y_{\text{поле1}} = 24,49 + 4,29N + 3,87P + 8,74K^{0,5} + 7,88H^{0,5} - 3,02(N \cdot P)^{0,5} - 2,97(NH)^{0,5}, \quad R=0,74 \quad (1);$$

$$Y_{\text{поле2}} = 29,56 + 1,55N + 3,38P^{0,5} - 2,13(PH)^{0,5}, \quad R=0,81 \quad (2);$$

В среднем по двум полям:

$$Y=29,8+1,56N+2,72P^{0,5}+1,17K+4,63H^{0,5}-2,15(PH)^{0,5}-1,89(KH)^{0,5},$$
$$R=0,72 (3);$$

где Y - продуктивность культуры, N , P , K , H – единичные дозы, азота, фосфора, калия и навоза соответственно.

Как видно из уравнений регрессии, уровень продуктивности овса в опыте по годам был различным в зависимости от метеорологических условий года. В благоприятных погодных условиях 2008 г. (поле 1) наблюдалось действие всех исследуемых видов удобрений. Во влажном 2009 г. (поле 2) на продуктивность овса повлияли, главным образом, азотные и фосфорные удобрения.

Согласно расчетным данным, в среднем по двум полям установлена четкая зависимость роста урожайности овса от возрастающих доз азотных удобрений на фоне возрастающих доз навоза. Повышение навозного фона значительно увеличивало урожайность зерна при всех дозах азота (рис. 2).

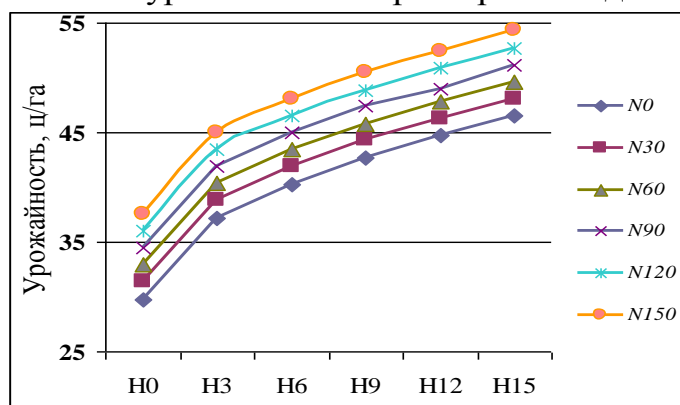


Рис. 2. Влияние азотных удобрений и навоза на урожайность овса

На фоне без навоза она, в зависимости от возрастающих доз азотных удобрений, повышалась с 31,4 (N_{30}) до 37,6 ц/га (N_{150}). Характерно, что более резкое повышение урожайности отмечалось по наименьшей дозе навоза. Внесение одной дозы навоза обеспечивало достоверный прирост урожая: от 38,8 ($N_{30}N_3$) до 45 ц/га ($N_{150}N_3$).

Повышение фосфатного фона увеличивало урожайность зерна овса при всех дозах азота (рис. 3).

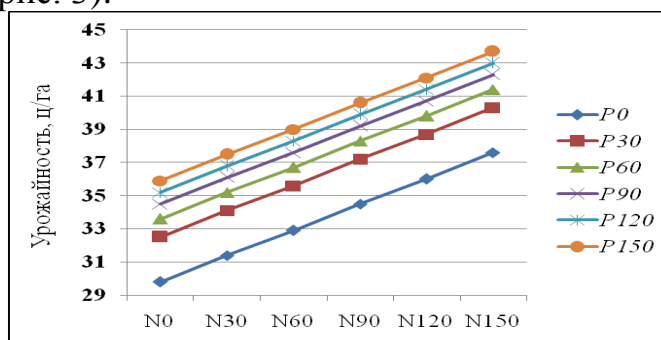


Рис. 3. Влияние азотных и фосфорных удобрений на урожайность овса

Аналогичная зависимость наблюдалась в отношении совместного действия азотных и калийных удобрений (рис. 4).

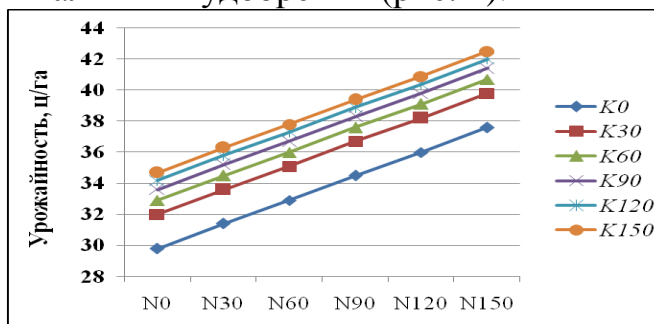


Рис. 4. Влияние азотных и калийных удобрений на урожайность овса

Окупаемость 1 кг питательных веществ удобрений в среднем по двум полям колебалась от 2,5 до 18,8 кг зерна, в зависимости от варианта, и наибольшей была при одностороннем применении фосфорных удобрений. На одном уровне 13,4 - 13,9 кг она находилась в вариантах с односторонним применением калийных и азотных удобрений. При применении навоза составляла 9 кг, минеральной системы – 6,8 кг, а в органоминеральных системах колебалась от 2,5 до 8 кг при снижении с ростом доз удобрений.

Обобщение многолетних данных по урожайности овса, полученных в лаборатории агрохимии органических удобрений ВНИИА за 1982, 1989, 1991, 1995 и 2001 гг., показало, что характер действия различных доз и сочетаний удобрений изменялся в зависимости от метеорологических условий изучаемых лет. Однако, несмотря на это, на протяжении всех четырех ротаций севооборота наибольшее положительное влияние на урожайность овса, выращиваемого на зерно, имели минеральная система в трехкратных дозах ($N_{90}P_{90}K_{90}$) и органоминеральная ($N_{60-90}P_{60-90}K_{60-90}$ + 6-9 т/га навоза) система в 2-3-кратных дозах удобрений. Средние прибавки урожая при использовании этих систем составляли 10,3-10,5 ц/га, или 45-46% относительно неудобренного контроля.

Влияние органических и минеральных удобрений в различных дозах и сочетаниях на химический состав овса

При определении белковости зерна овса была установлена зависимость этого показателя от различных доз и сочетаний органических и минеральных удобрений, о чем свидетельствуют данные, полученные при возделывании этой культуры на двух полях опыта в конце 4-й ротации зернотравяного севооборота (табл. 2).

Содержание сырого белка в зерне овса неудобренного варианта было низким – 6,2%. Одностороннее внесение азота (N_{90}), калия (K_{90}) и фосфора (P_{90}) минеральных удобрений повышало его содержание по отношению к контролю на 1,2, 2,4 и 3% соответственно.

Таблица 2. Химический состав зерна овса в среднем по двум полям, %
(НСР₀₅ для белка 1,3; P₂O₅ – 0,06; K₂O - Fф<F₀₅)

Вариант	Сырой белок	P ₂ O ₅	K ₂ O	Вариант	Сырой белок	P ₂ O ₅	K ₂ O
0000	6,2	0,83	0,66	1114	6,8	0,88	0,73
0030	8,6	0,92	0,75	1144	5,9	0,84	0,64
0300	9,2	0,95	0,54	1414	7,5	0,78	0,74
0330	7,4	0,86	0,61	1444	6,6	0,88	0,61
3000	7,4	0,88	0,61	4114	6,5	0,85	0,60
3030	9,2	0,82	0,71	4144	7,8	0,87	0,58
3300	8,9	0,90	0,52	4414	8,2	0,92	0,56
3330	9,4	0,92	0,56	4444	8,5	0,80	0,66
0003	8,4	0,85	0,68	2222	7,6	0,82	0,60
0033	8,5	0,80	0,60	2252	7,2	0,81	0,63
0303	7,5	0,90	0,62	2522	7,3	0,89	0,59
0333	8,0	0,92	0,56	2552	7,7	0,86	0,59
3003	9,0	0,83	0,58	5222	8,2	0,83	0,67
3033	9,2	0,84	0,60	5252	7,3	0,88	0,57
3303	9,1	0,83	0,67	5522	6,6	0,84	0,65
3333	9,1	0,91	0,65	5552	8,5	0,78	0,72
1111	7,1	0,77	0,72	2225	8,0	0,86	0,60
1141	7,3	0,79	0,63	2255	8,5	0,86	0,61
1411	6,8	0,74	0,67	2525	9,0	0,88	0,60
1441	8,8	0,81	0,62	2555	9,1	0,88	0,58
4111	8,3	0,81	0,67	5225	9,0	0,81	0,66
4141	6,6	0,84	0,60	5255	8,6	0,93	0,62
4411	7,4	0,86	0,54	5525	8,3	0,82	0,60
4441	7,9	0,83	0,73	5555	8,7	0,85	0,60

Использование навоза в дозе 9 т на 1 га посевной площади позволяло получать зерно с содержанием белка, равным 8,4%. Наибольшей белковостью (9,4%) отличалось зерно, полученное в варианте с применением полного минерального удобрения (N₉₀P₉₀K₉₀).

Органоминеральные системы в однократных и двукратных дозах удобрений слабо влияли на повышение содержания белка в зерне. Увеличение доз удобрений до трехкратных позволяло получать зерно с содержанием сырого белка на уровне 9,1%, что на 2,9% превышало контроль. Дальнейшее повышение доз органических и минеральных удобрений приводило к уменьшению его содержания (рис. 5).

Содержание фосфора в зерновой продукции в большей мере зависело от применения фосфорных, калийных удобрений и полного минерального удобрения, составляя 0,95, 0,92 и 0,91% соответственно. Определенных

закономерностей в отношении изменения содержания калия в зерне от внесенных удобрений не было отмечено.

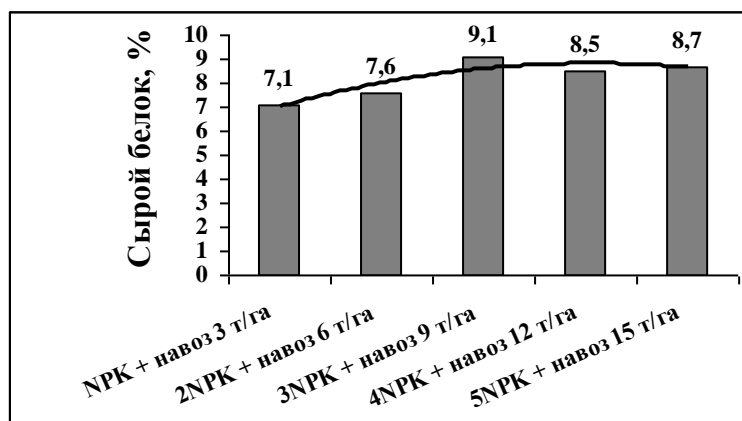


Рис. 5. Зависимость содержания сырого белка в зерне овса от возрастающих доз удобрений в органоминеральных вариантах

Обобщение многолетних данных по качеству основной продукции овса в характерных вариантах показало, что содержание белка в зерне зависело в большинстве лет от азотных удобрений, но к концу 4-й ротации севооборота действовали также фосфорные, калийные удобрения и навоз. При этом наибольшее в опыте содержание сырого белка в зерне овса (свыше 10%) отмечалось при внесении полного минерального удобрения ($N_{90}P_{90}K_{90}$), а также при использовании органоминеральной системы в трехкратных дозах ($N_{90}P_{90}K_{90}$ +навоз 9 т/га).

Влияние различных доз и сочетаний органических и минеральных удобрений на технологические показатели качества зерна овса

Анализ качества зерна показал (табл. 3), что на массу 1000 зерен, которая в контрольном варианте составляла 38,7 г, положительное влияние в большей степени оказала органоминеральная система удобрения в четырехкратных дозах (4444), где этот показатель составил 42,3 г.

Пленчатость овса, с одной стороны являющаяся сортовым признаком, а с другой - результатом воздействия метеорологических условий и технологических приемов возделывания, колебалась по вариантам от 21 до 29 %, т.е. находилась в пределах сортовой нормы. В неудобренном варианте пленчатость достигала 26,5%. В вариантах с односторонним внесением азота, фосфора и навоза, а также с применением органоминеральных систем в двойных и четырехкратных дозах пленчатость зерна достоверно снижалась относительно контроля.

В зависимости от удобрений изменялась натура зерна овса. В вариантах с органоминеральной системой удобрения с однократными дозами (1111), односторонним внесением навоза (0003), а также с минеральной системой (3330) натура зерна достигала 491, 492 и 507 г/л соответственно, что характерно для зерна 3 класса, заготавливаемого на продовольственные цели (ГОСТ 28673-90). В вариантах с односторонним внесением калия (0030) и органоминеральной системой в 4-кратных дозах удобрений (4444)

обеспечивался выход зерновой продукции, соответствующей 1 классу для заготавливаемого зерна и 3 классу - для использования на крупу.

Таблица 3. Технологические показатели качества зерна овса, в среднем по 2 полям

Варианты	Масса 1000 зерен, г	Пленчатость, %	Натура, г/л
0000	38,7	26,5	452,0
3000	36,6	21,7	478,5
0300	36,5	20,6	470,5
0030	37,4	26,9	546,5
0003	37,3	23,7	491,5
3330	38,2	26,1	507,0
1111	37,1	28,9	491,0
2222	37,8	21,7	452,5
3333	39,8	23,6	452,0
4444	42,3	22,9	523,5
5555	38,0	25,9	476,5
НСР ₀₅	2,7	3,5	F _ф <F ₀₅

Примечание: базисные нормы для заготавливаемого овса: 1 класс- 520 г/л, 2 класс- 520, 3 класс -490 г/л, 4 класс – не ограничено; при использовании овса на крупу соответственно: 1 класс – 550, 2 класс– 540 и 3 класс – 520 г/л (ГОСТ 28673-90).

Влияние различных доз и сочетаний органических и минеральных удобрений на содержание тяжелых металлов в зерне овса

Зерно овса, поставляемого на продовольственные цели, должно соответствовать установленным нормативными документами требованиям к допустимому содержанию тяжелых металлов.

Исследования, проведенные с целью выяснения зависимости накопления таких тяжелых металлов, как кадмий, свинец, ртуть и мышьяк, в зерне овса, выращенного в конце 4 ротации зернотравного севооборота (2008 г., поле 1), показали, что в контрольном варианте без применения удобрений содержание кадмия составляло 0,04, свинца – 0,15, ртути и мышьяка – 0,01 мг/кг.

Наиболее значительное повышение содержания кадмия в растениях отмечено при использовании органоминеральной системы с максимальными в опыте дозами удобрений (5555), а также одних азотных удобрений (3000) – до 0,07 и 0,08 мг/кг соответственно, что, однако, было ниже допустимого уровня для зерновой продукции, установленного нормами СанПиН 2.3.2.1078-01. При использовании органической системы удобрения (0003) и органоминеральных систем в низких 1-2- и 3-кратных дозах количество кадмия оставалось на уровне контрольного варианта. В почве при этом также наибольшее влияние на повышение содержания кадмия было выявлено при одностороннем применении азотных удобрений и

органоминеральной системы в 5-кратных дозах удобрений – 0,63 и 0,56 мг/кг соответственно, что, однако, было меньше ОДК.

Наименьшее содержание свинца в зерне было отмечено в органоминеральном варианте с 1-кратными дозами удобрений и составляло 0,19 мг/кг. Одностороннее применение фосфора и азота повышало количество этого элемента – на 0,25 и 0,27 мг/кг соответственно относительно контроля. В органоминеральных вариантах прослеживалась прямая зависимость увеличения содержания свинца в зерне от доз вносимых удобрений. Максимальное содержание свинца в опыте, 0,5 мг/кг, соответствующее границе допустимого уровня, достигалось при использовании органоминеральной системы в 5-кратных дозах удобрений.

Зависимость накопления в зерне ртути от различных систем удобрения не была установлена. Во всех вариантах опыта ее содержание было равным 0,01 мг/кг при допустимом уровне 0,03 мг/кг. При использовании полного минерального удобрения и органоминеральной системы в пятикратных дозах, было отмечено незначительное повышение содержания мышьяка в зерне овса.

Вынос питательных элементов урожаем овса

Анализ данных, полученных по выносу азота, фосфора и калия в расчете на единицу продукции (с учетом побочной), показал закономерное повышение содержания питательных элементов в растениях в зависимости от доз вносимых удобрений за счет роста урожайности.

В результате корреляционного анализа была установлена тесная зависимость между выносом азота, фосфора и калия и урожайностью культуры. Коэффициент парной линейной корреляции равнялся 0,75, 0,69 и 0,74 соответственно.

На контроле без удобрений вынос азота, фосфора и калия 1 т зерна в среднем по 2 полям был наименьшим и составлял 17,3, 13,3 и 26,4 кг соответственно.

Вынос азота от внесения одних азотных удобрений (3000) повышался на 2,1 кг/т относительно контроля; органоминеральной системы в трехкратных дозах (3333) – на 4,8 кг/т; органической системы (0003) – на 5,5 кг/т; а от полного минерального удобрения (3330) – на 7,3 кг/т. При использовании органоминеральных систем с возрастающими дозами удобрений наблюдалось увеличение выноса азота с 19,6 кг/т в варианте с 1-кратными дозами до 22,3 кг/т в вариантах с 4- и 5-кратными дозами удобрений.

Вынос фосфора более всего возрастал при применении минеральной системы удобрения в 3-кратных дозах – до 15,9 кг/т и органоминеральной - в 5-кратных дозах (до 16,8 кг/т). Одностороннее применение фосфорных удобрений повышало вынос фосфора относительно контроля на 1,3 кг/т. На близком уровне вынос фосфора отмечался в варианте с внесением одних калийных удобрений. Одностороннее внесение навоза в последствии в

ежегодной дозе 9 т/га на вынос фосфора зерном и соломой овса влияния не оказало.

Наибольший вынос калия, 37,4 кг/т, был в варианте с 4-кратными дозами калийных удобрений и 1-кратными - азотных, фосфорных удобрений и навоза (1141). В вариантах с внесением азотных удобрений в сочетании с фосфорными (3300) и одних азотных удобрений (3000) вынос калия был ниже выноса на неудобренном контроле и составил 23,6 и 23,9 кг/т соответственно. Причиной этого мог послужить эффект ростового разбавления. При применении одних калийных удобрений (0030) содержание калия возрастало до 35,3 кг/т.

В варианте 3333 вынос азота, фосфора и калия был наиболее близким к нормативам для Северного и Северо-Западного районов Российской Федерации (Методическое руководство..., 2008) и составил соответственно 22,1; 13,5 и 34,2 кг/т зерна.

Баланс питательных веществ и коэффициенты их использования из удобрений

Полученные в полевом опыте данные свидетельствуют о положительном балансе азота при внесении в почву 90 кг д.в./га, а в отдельных органоминеральных вариантах и 60 кг д.в./га азотных удобрений. Положительный баланс фосфора в большинстве вариантов опыта отмечался при внесении фосфорных удобрений в дозе 60 кг д.в./га и выше, а калия – калийных удобрений не менее 120 кг д.в./га.

Сравнение органической, минеральной и органоминеральной систем удобрения показало преимущество последней, так как при сочетании органических и минеральных удобрений в трехкратных дозах (вариант 3333) был получен высокий урожай овса и при этом достигнут положительный баланс азота, фосфора и калия. Баланс NPK в варианте с органической системой в тройных дозах (0003) был дефицитным по всем элементам. Интенсивность баланса составила 55,2, 41,8 и 56,7 % по азоту, фосфору и калию соответственно. В варианте с полной минеральной системой в тройных дозах (3330) был получен дефицитный баланс по азоту и калию с интенсивностью по этим элементам 89,9 и 67,3 % соответственно.

Коэффициенты использования питательных веществ из удобрений уменьшались с возрастанием количества вносимых удобрений. В отношении коэффициентов использования азота и калия эта зависимость прослеживалась наиболее четко. В органоминеральных вариантах с возрастающими дозами они уменьшались прямо пропорционально увеличению доз удобрений с единичных (вариант 1111) до пятикратных (вариант 5555).

При использовании органоминеральной системы в трехкратных дозах (3333) коэффициенты использования NPK составляли 45, 23 и 65%; минеральной системы (3330) – 68, 39 и 82%. Из органических удобрений (0003) питательные элементы использовались примерно в равных величинах. Коэффициент усвоения калия составлял 77%, фосфора – 82% и азота – 89%.

Влияние органических и минеральных удобрений на динамику органического углерода дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы

Длительное (в течение 30 лет) систематическое внесение в почву органических, минеральных удобрений и их сочетаний оказывало неодинаковое воздействие на изменение содержания органического углерода в пахотном горизонте (табл. 4).

В контрольном варианте без внесения удобрений содержание органического углерода в опыте за четыре ротации севооборота снизилось на 0,38 %. В вариантах несбалансированного одностороннего применения калийных (0030), азотных (3000), фосфорных (0300) минеральных удобрений и навоза в тройной дозе (0003) наблюдалось уменьшение содержания углерода по сравнению с исходным значением на 0,27; 0,29; 0,37 и 0,34% соответственно, что свидетельствует о снижении уровня гумусированности почвы.

При систематическом внесении полного минерального удобрения количество органического углерода в почве снижалось лишь на 0,1%. Уменьшение потерь органического вещества можно связать с частичным возмещением его за счет пожнивных и корневых остатков.

Сохранение бездефицитного баланса гумуса достигалось при длительном применении органоминеральной системы удобрения в 3-5-кратных дозах.

Таблица 4. Содержание органического углерода ($C_{орг}$) в почве в зависимости от минеральных и органических удобрений

Варианты опыта	Исходное (1978 г.)*	В конце 4-й ротации (2008 г.)	Изменение, ΔC
0000	1,40	1,02	-0,38
3000	1,39	1,10	-0,29
0300	1,37	1,00	-0,37
0030	1,40	1,13	-0,27
0003	1,38	1,04	-0,34
3330	1,29	1,19	-0,10
1111	1,30	1,28	-0,02
2222	1,40	1,13	-0,27
3333	1,32	1,33	0,01
4444	1,31	1,33	0,02
5555	1,33	1,37	0,04

**По данным лаборатории агрохимии органических удобрений ВНИИА*

Если проследить в динамике воздействие органической, минеральной и органоминеральной систем удобрения в тройных дозах на содержание углерода за 30 лет их систематического использования, можно заметить, что наибольшим на протяжении четырех ротаций севооборота оно было в варианте органоминеральной системы (рис. 6).

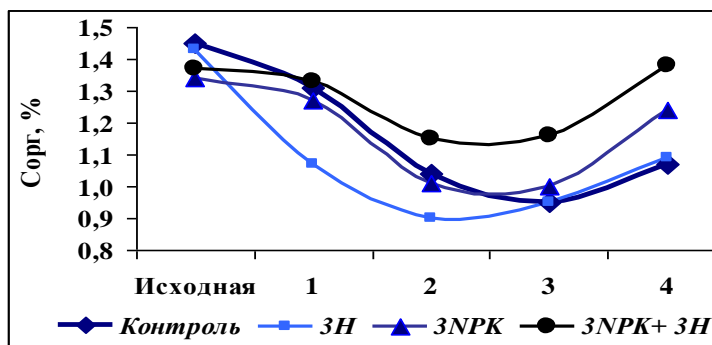


Рис. 6. Динамика содержания органического вещества почвы в зависимости от систем удобрения по ротациям севооборота

Влияние длительного применения органических и минеральных удобрений на групповой состав гумуса в почве

Данные, полученные при изучении подвижных гумусовых веществ I-й фракции в почвенных образцах конца 4-й ротации севооборота (табл. 5), показали, что органическое вещество дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы характеризовалось высоким содержанием подвижных компонентов с преобладанием фульвокислот, которые составляли 25 – 35,3% к C_{орг} почвы в зависимости от применения различных систем удобрения. Содержание гуминовых кислот первой фракции варьировало в зависимости от варианта опыта от 8,7 до 15%.

В контрольном варианте содержание гуминовых кислот составляло 0,09% к почве, фульвокислот – 0,31 %, а их соотношение равнялось 0,29. В варианте с органической системой удобрения групповой состав гумуса и соотношение C_{гк}/C_{фк} были на уровне неудобренного контроля. Содержание углерода гуминовых и фульвокислот в этом варианте составляло 0,09 и 0,3 % соответственно. При использовании полного минерального удобрения увеличивалась подвижность гумуса – содержание гуминовых и фульвокислот повышалось до 0,13 и 0,42 % соответственно.

Повышение доз удобрений в органоминеральных вариантах с 3-кратных до 5-кратных повышало содержание фульвокислот на 0,08%. Соотношение C_{гк}/C_{фк} при этом снижалось с 0,39 до 0,3, что является признаком увеличения подвижности органического вещества.

Исходя из того, что применение органоминеральной системы в повышенных, 4-5-кратных дозах удобрений не сопровождалось относительно тройных доз ростом гумусированности почвы и урожайности овса, можно говорить об отсутствии необходимости их применения на кислой дерново-подзолистой легкосуглинистой почве.

Таким образом, сравнение воздействия длительного систематического применения органической (0003), минеральной (3330) и органоминеральной (3333) систем удобрения в 3-кратных дозах на содержание и состав органического вещества в почве указывает на приоритетность последней.

Таблица 5. Групповой состав подвижных гумусовых веществ в зависимости от внесения органических и минеральных удобрений (поле 1)*

Вариант	$C_{орг}, \%$	C_{NaOH}	$C_{ГК}$	$C_{ФК}$	$C_{ГК}/C_{ФК}$	$pH_{ксл}$
0000	1,01	$\frac{0,40}{39,6}$	$\frac{0,09}{8,9}$	$\frac{0,31}{30,7}$	0,29	4,9
0003	1,03	$\frac{0,39}{37,9}$	$\frac{0,09}{8,7}$	$\frac{0,30}{29,1}$	0,3	5,1
3330	1,19	$\frac{0,55}{46,2}$	$\frac{0,13}{10,9}$	$\frac{0,42}{35,3}$	0,3	4,7
1111	1,1	$\frac{0,45}{40,9}$	$\frac{0,12}{10,9}$	$\frac{0,33}{30,0}$	0,36	4,9
3333	1,33	$\frac{0,53}{39,8}$	$\frac{0,15}{15,0}$	$\frac{0,38}{24,8}$	0,39	4,6
5555	1,37	$\frac{0,60}{43,8}$	$\frac{0,14}{10,2}$	$\frac{0,46}{33,6}$	0,30	5,0

*над чертой – С, % к почве, под чертой – С, % к $C_{орг}$ почвы

Энергетическая эффективность длительного применения органических и минеральных удобрений в различных дозах и сочетаниях

При расчете энергетической эффективности применения удобрений принимали во внимание, что энергозатраты на азотные, фосфорные и калийные удобрения составляли соответственно 86,8; 12,6; 8,3 МДж/кг д.в. Энергозатраты на производство навоза 70% влажности составляли 0,63 МДж/кг физ.массы. Содержание энергии в урожае зерна овса – 18,8 МДж/кг сухого вещества (Державин, Колокольцева и др., 2000).

Экономическая эффективность применения удобрений в работе была определена с учетом цен 2008-2009 гг., соответственно «Концепции развития агрохимии и агрохимического обслуживания сельского хозяйства РФ за период до 2010 г.» (Романенко, 2005).

Энергетические затраты на применение удобрений под овес, возделываемый в конце 4-й ротации зернотравяного севооборота, колебались от 747 до 25605 МДж/га в зависимости от варианта опыта.

Коэффициент энергетической эффективности от полного минерального удобрения (3330) составил 7,5, что было на 0,2 единицы меньше энергетической эффективности при применении органической системы (0003) в тройной дозе. Среди органоминеральных вариантов наибольший энергетический эффект – 8,1 отмечался при внесении однократных доз

удобрений, а наименьший – 2,5 - пятикратных дозах. При сочетании тройных доз минеральных удобрений с органическими (3333) энергетический коэффициент составлял 4,7, что было энергетически оправданным. Оценка экономической эффективности показала, что в этом варианте достигался высокий условно чистый доход, равный 5302 руб./га. При этом окупаемость 1 руб. затрат составляла 4,6 руб.

ВЫВОДЫ

1. В условиях западной части Нечерноземной зоны РФ длительное, систематическое применение органических и минеральных удобрений при оптимизации доз и сочетаний является эффективным приемом повышения урожайности овса, возделываемого в зернотравяном севообороте на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве. По данным за четвертую ротацию севооборота, в среднем по двум полям в вариантах удобрений урожайность колебалась с 33 до 47 ц/га, или была выше контроля на 46-109%.
2. Сравнительное изучение систем удобрения показало по отношению к органической системе (вариант 0003) преимущество минеральной (вариант 3330) и органоминеральной (вариант 3333) систем в 3-кратных дозах, которые обеспечивали урожайность зерна овса на уровне 41 ц/га при окупаемости 1 кг NPK 6,8 и 4,6 кг зерна соответственно. Рост доз удобрений в органоминеральных системах свыше 3-кратных не оказывал достоверного влияния на повышение урожайности овса. Одностороннее внесение калийных и азотных удобрений было неэффективным из-за несбалансированности по питательным элементам. При этом ранее внесенные фосфорные удобрения в варианте 0300 оказали положительное влияние на продуктивность овса, обеспечивая прибавку по отношению к контролю 17 ц/га, что можно объяснить оптимизацией водного режима почвы при возделывании культуры во влажные годы.
3. Применение удобрений в среднем по 2 полям повышало содержание белка в зерне овса с 6,2% на контроле до 6,5 – 9,4% в удобренных вариантах. Максимальное содержание белка – 9,4% достигалось при использовании полного минерального удобрения. Из органоминеральных систем с возрастающими дозами удобрений наибольшим содержанием белка в зерне (9,1%) характеризовался вариант с трехкратными дозами.
4. Одностороннее внесение азота, фосфора и калия минеральных удобрений по сравнению с применением их в комплексе слабо влияло на технологические показатели качества зерна овса (масса 1000 зерен, пленчатость, натура). В то же время в варианте с полным минеральным удобрением получено зерно, соответствующее третьему классу для заготавливаемого на продовольственные цели овса, с массой 1000 зерен 38,2 г, пленчатостью 26,1% и натурой 507 г/л. Для производства наиболее качественного зерна с массой 1000 зерен 42,3 г, пленчатостью

- 22,9% и улучшенной натурой - до 524 г/л целесообразным было применение органоминеральной системы удобрения в повышенных, четырехкратных дозах. Содержание кадмия, свинца, ртути и мышьяка в зерне овса в исследуемых вариантах удобрений не превышало допустимых уровней, что свидетельствует о безопасности полученной продукции.
5. Вынос питательных элементов урожаем овса с учетом побочной продукции находился в прямой зависимости от сочетаний и доз вносимых в почву удобрений, а также от роста урожайности культуры, что доказывается тесной корреляционной связью. Коэффициенты корреляции (r) между урожайностью и выносом составляли для азота 0,75, фосфора - 0,69 и калия - 0,74. В контрольном варианте вынос азота, фосфора и калия 1 т зерна равнялся соответственно 17,3; 13,3 и 26,4 кг. Вынос питательных элементов увеличивался с ростом доз удобрений. В органоминеральном варианте (3333) вынос азота, фосфора и калия составил соответственно 22,1; 13,5 и 34,2 кг/т зерна. При этом обеспечивался положительный баланс азота, фосфора и калия в почве, в то время как в варианте с минеральной системой (3330) отмечался дефицит азота и калия, а в варианте с органической системой в тройных дозах (0003) – азота, фосфора и калия.
 6. Длительное систематическое применение минеральных и органических удобрений в широком диапазоне доз и сочетаний за четыре ротации севооборота оказало различное воздействие на реакцию среды и содержание органического вещества почве. В контрольном варианте без внесения удобрений содержание общего углерода в почве снизилось на 27% относительно исходного уровня. Величина рН при этом оставалась близкой к исходной. Несбалансированное одностороннее применение калийных, фосфорных, азотных минеральных удобрений и навоза привело к снижению содержания органического вещества на 19, 20, 21 и 27% соответственно и увеличению кислотности почвы. Сохранению бездефицитного баланса гумуса в почве способствовало систематическое применение органоминеральной системы удобрения в 3-5-кратных дозах. При этом относительно исходного уровня повышалась кислотность почвы, что свидетельствует о необходимости ее периодического известкования.
 7. Органическое вещество дерново-подзолистой почвы к концу четвертой ротации зернотравяного севооборота характеризовалось высоким содержанием подвижных компонентов, количество которых варьировало от 38 до 46 % к Сорг почвы в зависимости от системы удобрения. При использовании органоминеральной системы удобрений в 3-кратных дозах содержание углерода гуминовых и фульвокислот первой фракции составляло 15 и 24,8 % к Сорг соответственно. С повышением доз удобрений до 5-кратных, несмотря на сохранение бездефицитного баланса органического углерода, повышалась способность почвы к минерализации, что доказывается увеличением

содержания подвижных компонентов в составе гумуса, а также заметным снижением соотношения углерода гуминовых и фульвокислот. Среди органоминеральных систем наибольшим соотношением С_{гк} : С_{фк} характеризовалась система с использованием трехкратных доз удобрений, где оно составляло 0,39.

8. Расчет энергетической и экономической эффективности применения удобрений при возделывании овса в 4-й ротации зернотравяного севооборота показал целесообразность использования органоминеральной системы в тройных дозах – N₉₀P₉₀K₉₀ + 9 т/га навоза. При этом энергетический коэффициент составлял 4,7, а окупаемость 1 руб. затрат стоимостью прибавки урожая - 4,6 руб.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

С целью обеспечения высокой, на уровне 40 ц/га, урожайности зерна овса, возделываемого в зернотравяном севообороте в условиях западной части Нечерноземной зоны Российской Федерации, на окультуренной дерново-подзолистой легкосуглинистой почве с содержанием органического углерода 1,3% при длительном систематическом применении удобрений рекомендуется органоминеральная система – N₉₀P₆₀₋₉₀K₆₀₋₉₀ + 9 т/га навоза в расчете на 1 га севооборотной площади. При этом повышается содержание белка в зерне и снижается пленчатость, обеспечивается бездефицитный баланс гумуса в почве, улучшаются его качественные характеристики. Для стабилизации гумусового состояния почвы при комбайновой уборке овса и других зерновых культур целесообразно вносить на поле солому в качестве органического удобрения под последующие культуры севооборота.

Список опубликованных работ по теме диссертации

1. **Козлова А.В.** Эффективность длительного применения органических и минеральных удобрений на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве / Мерзлая Г.Е., Зябкина Г.А., Фомкина Т.П., **Козлова А.В.**, Макшакова О.В., Волошин С.П., Хромова О.Н., Панкратенкова И.В. // Агрохимия. 2012. №2. С. 37-46.
2. **Козлова А.В.** Урожайность и качество зерна овса при возделывании в севообороте и длительном применении органических и минеральных удобрений / **Козлова А.В.**, Мерзлая Г.Е., Зябкина Г.А., Фомкина Т.П., Панкратенкова И.В. // Плодородие. 2014. №1. С. 10-13.
3. **Козлова А.В.** Содержание органического вещества в почве и продуктивность севооборота при длительном применении удобрений / Мерзлая Г.Е., Зябкина Г.А., Фомкина Т.П., **Козлова А.В.**, Пак И.В. и др. // Материалы Международной научно-методической конференции учреждений-участников Геосети России и стран СНГ (10-11 июня 2010 г.) «Состояние и перспективы агрохимических исследований в Географической сети опытов с удобрениями» / Под ред. В.Г. Минеева, В.Г. Сычева. М.: ВНИИА, 2010. С. 215-218.

4. **Козлова А.В.** Влияние органических и минеральных удобрений при длительном применении на урожайность овса и плодородие почвы // Применение средств химизации для повышения урожайности и качества сельскохозяйственных культур. Материалы 45-й международной научной конференции молодых ученых и специалистов. М.: ВНИИА, 2011. С. 72-74.
5. **Козлова А.В.** Влияние органических и минеральных удобрений при длительном применении на урожайность овса и плодородие почвы // Материалы международной научной конференции XV Докучаевские молодежные чтения «Почва как природная биогеомембрана» / Под. Ред. Б.Ф. Апарина. СПб.: ВВМ, 2012. С. 89-90.
6. **Козлова А.В.** Влияние различных систем удобрения на урожайность овса и плодородие дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы в полевом длительном опыте // Материалы по изучению русских почв. Вып. 7 (34): Сб. науч. Докл. / Под ред. Б.Ф. Апарина. СПб.: СПбГУ, 2012. С. 80-84.
7. **Козлова А.В.** Урожайность и качество зерна овса при длительном применении органических и минеральных удобрений // Эффективность применения средств химизации в современных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур. Материалы 46-й международной научной конференции молодых ученых, докторантов, аспирантов и соискателей ученых степеней доктора и кандидата наук. М.: ВНИИА, 2012. С. 80-83.
8. **Козлова А.В.** Использование азота, фосфора и калия растениями овса из удобрений при длительном их применении / Мерзлая Г.Е., Козлова А.В., Зябкина Г.А. // Химия и химическое образование. XXI век. Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием 28-30 апреля 2014 г. Владикавказ: СОГУ, 2014. С. 264-267.
9. **Козлова А.В.** Зависимость состояния органического вещества почвы от длительного применения органических и минеральных удобрений // Агроэкологические основы применения удобрений в современном земледелии. Материалы 48-й международной научной конференции молодых ученых, специалистов-агрохимиков и экологов. М.: ВНИИА, 2014. С. 101-104.