

На правах рукописи

Макшакова Ольга Викторовна

ПОСЛЕДЕЙСТВИЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ
И МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО
ОЗИМОЙ РЖИ

Специальность 06.01.04 – агрохимия

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Москва 2014

Работа выполнена в лаборатории агрохимии органических удобрений Государственного научного учреждения Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н.Прянишникова

Научный руководитель: доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Мерзлая Генриэта Егоровна

Официальные оппоненты: Жуков Юрий Петрович,

доктор сельскохозяйственных наук,
Российский государственный аграрный
университет – МСХА имени
К.А.Тимирязева, кафедра агрономической,
биологической химии и радиологии,
профессор

Анисимова Татьяна Юрьевна,

кандидат сельскохозяйственных наук,
Всероссийский научно-исследовательский
институт органических удобрений и торфа,
заведующая отделом

Ведущее учреждение: ГНУ Московский научно-исследовательский институт сельского хозяйства «Немчиновка»

Защита диссертации состоится «__» _____ 2014 г. в ____ часов на заседании диссертационного совета Д 006.029.01 при ГНУ Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова Россельхозакадемии: 127550, г. Москва, ул. Прянишникова, д. 31а

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ГНУ Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова

Автореферат разослан «__» _____ 2014 г.

Приглашаем Вас принять участие в обсуждении диссертации на заседании диссертационного совета. Отзывы на автореферат в 2-х экземплярах, заверенные гербовой печатью, просим направлять по адресу: 127550, Москва, ул. Прянишникова, 31а, ученому секретарю диссертационного совета.

E-mail: dissovet_vniia@mail.ru

**Ученый секретарь
диссертационного совета**

Никитина Любовь Васильевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. В условиях Нечерноземья Российской Федерации в повышении урожайности и качества зерновых культур, среди которых одно из важных мест принадлежит озимой ржи, занимающей более 2 млн. га, большое значение имеет научно обоснованное применение удобрений. При этом, как свидетельствуют многие работы, наиболее эффективно совместное внесение органических и минеральных удобрений, обеспечивающее их пролонгированное действие в агроценозах (Прянишников Д.Н., 1965, Мамченков И.П., 1966, Минеев В.Г., 1984). Положение о комплексном применении естественных источников органического вещества с минеральными удобрениями вполне согласуется с парадигмой ФАО (2011 г.) о реализации устойчивой интенсификации растениеводства. В то же время следует принимать во внимание сложившийся в последние годы отрицательный баланс элементов питания в земледелии страны, обусловленный тем, что их вынос из почвы более чем в 3 раза превышает возврат с вносимыми удобрениями. При этом большая часть урожая возделываемых культур производится за счет мобилизации почвенного плодородия, сформированного в годы химизации (Сычев В.Г., 2009, Чекмарев П.А., 2012).

С учетом изложенного актуальны исследования по изучению эффективности последствий ранее систематически применяемых органических и минеральных удобрений под сельскохозяйственные культуры, возделываемые в севооборотах, в том числе в полевых опытах с использованием факториальных схем (В.Н. Перегудов, Т.И. Иванова и др., 1976).

Цель и задачи исследований. Цель исследований заключалась в выявлении на основании длительного стационарного опыта с факториальной схемой эффективных доз и сочетаний органических и минеральных удобрений в последствии, обеспечивающих высокую урожайность и качество зерна озимой ржи при возделывании ее в западной части Нечерноземья Российской Федерации.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Изучение последствий органических и минеральных удобрений на урожайность озимой ржи, выращиваемой в звене полевого севооборота.
2. Исследование влияния различных доз и сочетаний органических и минеральных удобрений в последствии на качество растительной продукции по содержанию основных питательных веществ, а также по показателям массы 1000 зерен и натуры зерна.
3. Определение агрохимических свойств почвы, содержания минерального азота в почве при последствии различных доз и сочетаний органических и минеральных удобрений.
4. Изучение влияния последствий органических и минеральных удобрений в различных дозах и сочетаниях на продуктивность звена севооборота: однолетние травы – озимая рожь.

5. Экономическая и энергетическая оценка различных доз и сочетаний органических и минеральных удобрений в последствии при возделывании озимой ржи в звене полевого севооборота.

Научная новизна исследований. В условиях западной части Нечерноземья России изучено влияние органических и минеральных удобрений в широком диапазоне доз и сочетаний после длительного систематического их применения в течение 30 лет (четырёх ротаций севооборота) на урожайность и качество зерна озимой ржи, агрохимические свойства дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы, окупаемость удобрений зерновой продукцией.

При исследовании сравнительной эффективности длительного последствия органической, минеральной и органоминеральной систем удобрения под озимую рожь установлено преимущество совместного применения навоза и минеральных удобрений. Показано, что для условий западной части Нечерноземья на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве для обеспечения устойчивой урожайности озимой ржи на уровне 3,5 т/га целесообразно возделывание ее в зернотравяном севообороте при длительном последствии органоминеральной системы с ежегодными дозами минеральных удобрений N25-50P25-50K25-50 + 3-6 т/га навоза и внесении поддерживающей азотной подкормки в дозе 45 кг/га N.

Проведена энергетическая и экономическая оценка применения органических и минеральных удобрений в различных дозах и сочетаниях в последствии при возделывании озимой ржи, на основании которой выявлено преимущество органоминеральной системы в одно-двухкратных дозах навоза и минеральных удобрений.

Практическая значимость работы. В условиях последствия длительного применения удобрений в севообороте под озимую рожь рекомендуется использовать органоминеральную систему в дозах N25-50P25-50K25-50 + 3-6 т/га навоза и поддерживающую весеннюю азотную подкормку в дозе N 45, что позволяет увеличить урожайность зерна на 20-23% и получать зерновую продукцию высокого качества.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Влияние органических и минеральных удобрений в различных дозах и сочетаниях при длительном их применении на продуктивность звена севооборота: однолетние травы – озимая рожь.
2. Закономерности последствия органических и минеральных удобрений в широком диапазоне доз и сочетаний при поддерживающей азотной подкормке на урожайность озимой ржи.
3. Изменение качества озимой ржи, содержания в зерне основных питательных веществ, сырого белка, показателей массы 1000 зерен, природы в зависимости от последствия доз и сочетаний органических и минеральных удобрений.
4. Энергетическая и экономическая эффективность различных доз и сочетаний органических и минеральных удобрений в последствии при возделывании озимой ржи в звене полевого севооборота.

Апробация работы и публикации. Результаты работы докладывались на 45-й и 46-й международных научных конференциях молодых ученых и специалистов, ВНИИА им. Д.Н.Прянишникова (Москва, 2011 г. и 2012 г.), Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 25-летию образования Новгородского НИИСХ (Великий Новгород, 2013 г.). По материалам диссертации опубликовано 5 статей, в том числе 2 – в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК РФ.

Объем и структура диссертации. Диссертация изложена на 112 страницах компьютерного текста и содержит введение, литературный обзор, экспериментальную часть из 7 разделов, выводы, предложения производству, список литературы и приложение. Диссертация включает 14 таблиц, 22 рисунка, 9 таблиц Приложения. Список литературы состоит из 170 источников, в том числе 16 на иностранных языках.

Автор выражает глубокую признательность профессору кафедры растениеводства РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева В.Е. Долгодворову, сотрудникам лаборатории агрохимии органических удобрений ВНИИА имени Д.Н. Прянишникова кандидату сельскохозяйственных наук Т.П. Фомкиной, Г.А. Зябкиной, сотрудникам Смоленского НИИСХ И.В. Панкратенковой, А.Ю. Гавриловой за помощь в проведении исследований и ценные советы.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Условия и методы исследований

Исследования проводились в 2009 - 2012 гг. в длительном полевом опыте, который заложен в 1978 г. в поселке Олыша Смоленской области.

Схема опыта – сокращенная факториальная, представляет собой выборку 1/27 (6х6х6). Изучались четыре фактора: навоз, азотные, фосфорные, калийные минеральные удобрения в шести дозах – 0,1,2,3,4,5.

Каждый вариант опыта представлен в виде четырехзначного числа, где первая цифра – количество азота, вторая – фосфора, третья – калия и четвертая – навоза. Факториальная схема, содержащая 16 вариантов, была заложена на трех фонах: 0000, 1111, 2222, что в совокупности составляет 48 вариантов опыта.

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

За 30 лет опыта прошло 4 ротации севооборота. Чередование культур в первой ротации севооборота (1979 – 1989 гг.): 1.картофель, 2. ячмень, 3. озимая рожь, 4.овес, 5.горохоовсяная смесь, 6.озимая пшеница, 7. ячмень, 8. и 9. многолетние травы 1-го и 2-го годов пользования, 10.озимая рожь, 11.овес; во второй ротации (1990-1995 гг.) и в третьей ротации (1996-2001 гг.): 1.картофель, 2.ячмень, 3. и 4. многолетние травы 1-го и 2-го годов пользования, 5.озимая пшеница, 6.овес; в четвертой ротации (2002 - 2008 гг.) и пятой ротации (с 2009 г. при последствии удобрений): 1.однолетние травы (овес на зеленый корм), 2.озимая рожь, 3.ячмень, 4. и 5. многолетние травы 1-го и 2-го годов пользования, 6.яровая пшеница, 7.овес.

Насыщенность севооборота зерновыми культурами составляла по первым четырем ротациям: 54, 50, 50, 57%, в среднем – 53%; насыщенность многолетними травами – соответственно 18, 33, 33, 28%, в среднем – 27 %

Навоз вносили в 1-й ротации севооборота под картофель и озимую пшеницу, во 2-й и 3-й ротациях – под картофель, в 4-й ротации - под озимую рожь. Навоз поступал с фермы крупного рогатого скота с небольшим количеством подстилки – имел влажность 70% и содержал в среднем 0,46% общего азота, 0,08% аммонийного азота, 0,21% P_2O_5 и 0,66 % K_2O . Содержание органического вещества (на сухую массу) составляло 59%, отношение C:N равно 19. Валовое содержание тяжелых металлов было невысоким: Cd – 0,1, Cr – 1, Ni – 1, Cu – 0,6, Zn – 7 мг/кг сухой массы.

С единичной ежегодной дозой навоза (3,2 т) в почву вносилось в расчете на 1 га 580 кг органического вещества, 14,5 кг N, 6,6 кг P_2O_5 , 20,7 кг K_2O . За 30 лет опыта с единичной дозой органического удобрения 96 т/га в почву поступило 17,4 т органического вещества, 435 кг N, 198 кг P_2O_5 , 621 кг K_2O . В качестве минеральных удобрений в опыте применяли Naa, Pcdg, Kx. Единичные дозы азота, фосфора и калия составляли 25,5 кг д.в./га. За 30 лет опыта в почву поступило с минеральными удобрениями по 765 кг/га азота, фосфора (P_2O_5) и калия (K_2O).

Повторность в опыте трехкратная. Площадь деланки – 112 м² (7x16 м), учетная площадь деланки – 48 м² (4x12 м).

Озимую рожь сорта Татьяна выращивали в пятой ротации зернотравяного севооборота при поддерживающем внесении аммиачной селитры в дозе N45 .

Посев озимой ржи в 2009 г. проводился 8 сентября (поле 1), в 2010 г. – 10 сентября (поле 2). Норма высева семян – 180-200 кг/га. Подкормка аммиачной селитрой в дозе 45 кг д.в./га производилась в 2010 г. – 5 мая, в 2011 г. – 26 апреля, уборка урожая в 2010 г. – 26 июля, в 2011 г. – 2 августа.

Почва опытного участка дерново-подзолистая легкосуглинистая окультуренная, перед закладкой опыта характеризовалась следующими агрохимическими показателями: рН_{ксл} 5,5-6,4, содержание гумуса (по Тюрину) 1,3-1,5%, подвижного фосфора (P_2O_5) по Кирсанову и калия (K_2O) соответственно 110-209 и 115–146 мг/кг почвы.

Учет урожайности был проведен сплошным методом, масса 1000 зерен определялась по ГОСТ 10842-89, натура зерна - по ГОСТ 10840-64. При анализе товарной и нетоварной частей урожая определяли: общий азот по Кьельдалю по ГОСТ 134964-93, фосфор по Дениже - ГОСТ 26657-97, калий на пламенном фотометре по ГОСТ 30504-97.

Статистическая обработка данных, корреляционный и регрессионный анализ были проведены по Б.А. Доспехову (1985) и В.Н. Перегудову (1978). Энергетическая оценка – по методике Г.Л. Булаткина (1983), экономическая эффективность - в соответствии с рекомендациями «Составление проекта на применение удобрений» (Державин Л.М., 2001).

Метеорологические условия в годы опыта были различными. Сумма осадков в июне и июле во все годы исследований была ниже

среднемноголетних значений, а температура воздуха в июле и августе - значительно выше нормы. Резкое повышение температуры воздуха в июле 2010 г. негативно сказалось на посеве овса (поле 2), что привело к массовой гибели растений. Однако отмеченная в этот период засуха не смогла отрицательно повлиять на рост и развитие озимых культур, в результате чего озимая рожь, высеянная осенью 2009 г., сформировала полноценный урожай зерна.

В июле 2010 года произошло значительное понижение и ГТК, который составил 0,4 при среднемноголетнем значении 1,8.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Влияние различных доз и сочетаний органических и минеральных удобрений на продуктивность звена севооборота: однолетние травы – озимая рожь

Результаты исследований за 2009-2010 гг. на поле 1 показали, что продуктивность звена севооборота: однолетние травы – озимая рожь - зависела от доз и сочетаний органических и минеральных удобрений. Максимальная продуктивность звена - 37,3 ц з.е./га получена в варианте с внесением тройной дозы азотных и органических удобрений (3003). Прибавка к контролю при этом достигала 52%.

Самой низкой в опыте продуктивность звена была в варианте внесения одних калийных удобрений, составившая 27,8 ц з.е./га, что лишь на 13,5 % превышало контроль (рис.1).

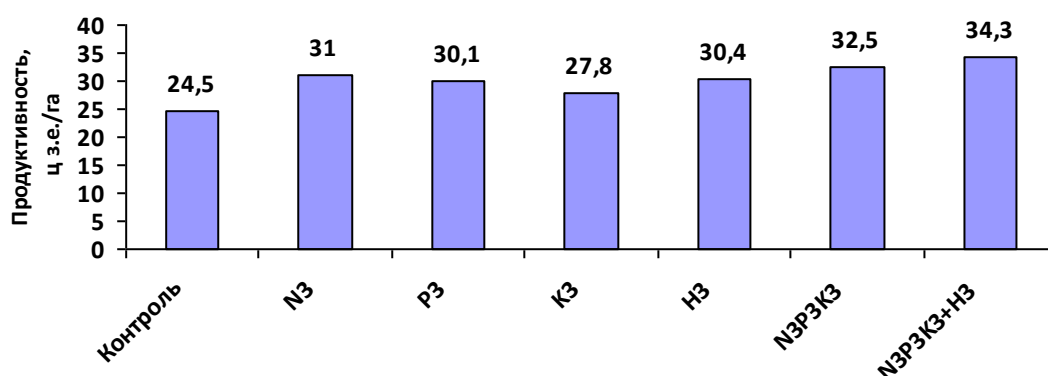


Рис. 1. Продуктивность звена севооборота: однолетние травы – озимая рожь - в зависимости от последствия органических и минеральных удобрений

Одностороннее внесение азотных удобрений в варианте 3000 увеличило продуктивность звена севооборота до 31,0 ц з.е./га, или на 6,5 ц з.е./га по сравнению с контролем (26,5%). За счет фосфорных удобрений (вариант 0300) прибавка к контролю была несколько ниже - 5,6 ц з.е./га (22,9%).

Использование полного минерального удобрения в трехкратной дозе (3330) давало более высокий эффект, чем раздельное внесение азота,

фосфора и калия. В этом варианте сбор зерновых единиц с 1 га в звене севооборота составил 32,5 ц, а прибавка к контролю - 32,7%.

Органоминеральное удобрение (вариант 3333) обеспечило значительный рост продуктивности культур звена, которая достигла 34,3 ц з.е./га, что на 9,8 ц з.е./га, или на 40%, превышало контроль без удобрений.

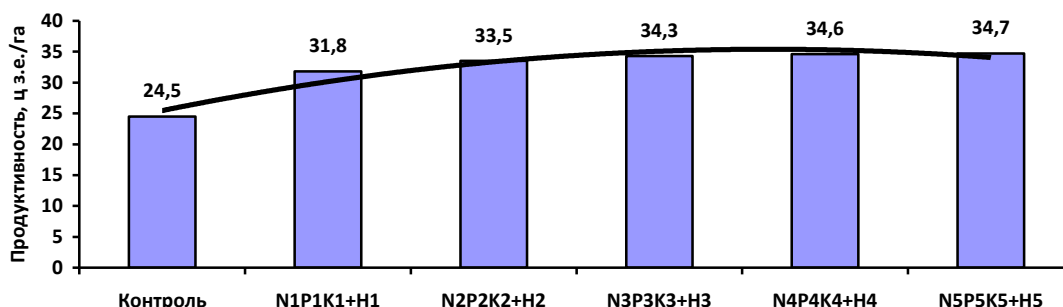


Рис. 2. Продуктивность звена севооборота: однолетние травы – озимая рожь в зависимости от последействия возрастающих доз удобрений в вариантах органо-минеральных систем

При использовании органо-минеральных систем в возрастающих дозах 1111, 2222, 3333, 4444, 5555 продуктивность звена севооборота соответственно составляла 31,8; 33,5; 34,3; 34,6; 34,7 ц з.е./га., т.е. при этом тенденция роста продуктивности наблюдалась в основном от единичных до трехкратных доз (рис. 2). Органо-минеральное удобрение в 4-5-кратных дозах не обеспечивало значительного прироста продуктивности по отношению к вариантам с внесением 3-кратных доз, но давало прибавку по отношению к контролю и варианту 2-кратных доз органических и минеральных удобрений.

Влияние последействия доз и сочетаний органических и минеральных удобрений на урожайность озимой ржи

Урожайность озимой ржи изучали в 2010-2011 гг. на двух полях в зависимости от последействия доз и сочетаний органических и минеральных удобрений согласно факториальной схеме опыта. Из таблицы 1 следует, что, несмотря на неблагоприятные метеорологические условия в годы исследований, особенно в 2010 г., озимая рожь сорта Татьяна хорошо пережила перезимовку и сформировала относительно высокие урожаи зерна. На контроле по годам исследований урожайность культуры колебалась от 25,9 до 30,5 ц/га, а в среднем составляла 28,2 ц/га.

Удобрения играли важную роль в повышении урожайности озимой ржи. Во всех вариантах опыта с применением удобрений получены достоверные прибавки зерна по сравнению с контролем (табл.1).

Таблица 1. Урожайность зерна озимой ржи в зависимости от последствий внесения удобрений

Вариант опыт	Урожайность, ц/га			Прибавка урожа		Окупаемо сть 1 кг НРК удобрений зерном, кг
	поле 1	поле 2	в среднем по 2 полям	ц/га	%	
0000	30,5	25,9	28,2	-	-	
3000	36,3	25,9	31,1	2,9	10,3	4,0
0300	34,4	39,8	37,1	8,9	31,6	12,4
0030	37,1	34,3	35,7	7,5	26,6	10,5
3300	30,8	39,8	35,3	7,1	25,2	4,9
3030	34,3	34,3	34,3	6,1	21,6	4,3
0330	43,1	35,9	39,5	11,3	40,1	7,9
3330	40,5	35,9	38,2	10,0	35,5	4,6
0003	38,4	36,0	37,2	9,0	31,9	7,7
3003	48,8	36,0	42,4	14,2	50,4	7,5
0303	33,8	33,0	33,4	5,2	18,4	2,7
0033	35,1	44,3	39,7	11,5	40,8	6,1
3303	44,2	33,0	38,6	10,4	36,9	4,0
3033	32,5	44,3	38,4	10,2	36,2	3,9
0333	42,7	29,1	35,9	7,7	27,3	3,0
3333	40,1	29,1	34,6	6,4	22,7	1,9
1111	38,2	29,4	33,8	5,6	19,9	5,0
4111	39,8	29,4	34,6	6,4	22,7	3,5
1411	36,6	33,6	35,1	6,9	24,5	3,8
1141	41,1	33,7	37,4	9,2	32,6	5,0
4411	38,2	33,6	35,9	7,7	27,3	3,0
4141	38,5	33,7	36,1	7,9	28,0	3,1
1441	43,6	33,8	38,7	10,5	37,2	4,1
4441	41,0	33,8	37,4	9,2	32,6	2,8
1114	40,0	29,6	34,8	6,6	23,4	2,7
4114	41,6	29,6	35,6	7,4	26,2	2,3
1414	38,8	28,2	33,5	5,3	18,8	1,7
1144	39,5	33,9	36,7	8,5	30,1	2,7
4414	40,5	28,1	34,3	6,1	21,6	1,5
4144	36,9	33,9	35,4	7,2	25,5	1,8
1444	42,7	28,3	35,5	7,3	25,9	1,8
4444	39,9	28,3	34,1	5,9	20,9	1,2
2222	39,7	29,5	34,6	6,4	22,7	2,7
5222	39,5	29,5	34,5	6,3	22,3	2,0
2522	38,9	32,1	35,5	7,3	25,9	2,3
2252	42,1	33,1	37,6	9,4	33,3	3,0
5522	38,7	32,1	35,4	7,2	25,5	1,8

5252	38,9	33,1	36,0	7,8	27,7	2,0
2552	43,8	33,0	38,4	10,2	36,2	2,6
5552	40,8	33,0	36,9	8,7	30,9	1,9
2225	40,1	27,7	33,9	5,7	20,2	1,6
5225	40,1	27,7	33,9	5,7	20,2	1,3
2525	39,6	26,6	33,1	4,9	17,4	1,1
2255	40,2	31,4	35,8	7,6	27,0	1,7
5525	39,4	26,6	33,0	4,8	17,0	0,9
5255	37,2	31,4	34,3	6,1	21,6	1,2
2555	42,6	27,4	35,0	6,8	24,1	1,3
5555	39,6	27,4	33,5	5,3	18,8	0,9
НСР ₀₅	2,4	1,6	1,5			

Внесение азотных удобрений обеспечивало среднюю прибавку урожая зерна 2,9 ц/га, или 10,3% по отношению к контролю. В экстремальных условиях, что было характерно для всех лет проведения исследований, отмечено положительное влияние на урожайность озимой ржи фосфорных и калийных удобрений. От внесения фосфорных удобрений в варианте 0300 урожайность ржи составила 37,1 ц/га, что на 31,6% больше варианта без удобрений, от калийных удобрений (вариант 0030) урожайность равнялась 35,7 ц/га, или на 26,6 % выше контроля (табл. 1).

Эффективным было применение и полного минерального удобрения в 3-кратных дозах, которое дало прибавку по отношению к контролю 10,0 ц/га, или 35,5%. Существенное влияние на урожайность зерна озимой ржи оказала в последствии тройная доза навоза, обеспечившая урожайность зерна 37,2 ц/га, что на 31,9% выше контрольного значения.

Различия в урожайности между вариантами с односторонним внесением навоза (0003) и полным минеральным удобрением (3330) в последствии оказались недостоверными.

Эффект последствия органических удобрений особенно был заметен в условиях засушливого лета 2010 года, что, очевидно, было связано с более активной деятельностью почвенных микроорганизмов, установленной в исследованиях ВНИИА и МГУ, и повышением влажности почвы за счет ранее внесенного органического вещества навоза. Это позволило получить существенный прирост урожая зерна озимой ржи по отношению к контролю – 7,9 ц/га.

Сравнительный анализ урожайности озимой ржи в органоминеральных вариантах с возрастающими дозами навоза и минеральных удобрений показал, что применение двукратных и трехкратных доз (2222, 3333) обеспечивало урожайность культуры в среднем по двум полям 34,6 ц/га, или на 22,7 % выше контроля.

Высокие 4-5 - кратные дозы навоза и минеральных удобрений снижали урожайность озимой ржи, что можно объяснить полеганием посевов, отмеченным в этих вариантах опыта.

В результате регрессионного анализа фактических данных по урожайности озимой ржи были получены следующие уравнения регрессии:

$$1 \text{ поле} - Y = 34,78 + 7,42N^{0,5} - 0,28N + 0,36P^{0,5}, R=0,75 \quad (1)$$

$$2 \text{ поле} - Y = 25,92 + 4,63P + 2,8K + 5,78N^{0,5} - 4,11(PK)^{0,5} - 5,61(PH)^{0,5}, R=0,67 \quad (2)$$

В среднем по двум полям:

$$Y = 28,3 - 2,96N^{0,5} + 1,28P + 2,46K + 4,98N^{0,5} - 2,15(NK)^{0,5} - 2,56(PH)^{0,5} - 1,64(KH)^{0,5}$$

$$R = 0,70 \quad (3),$$

где Y – урожайность озимой ржи, N , P и K – единичные дозы соответственно навоза, азота, фосфора и калия.

Уравнения регрессии показывают, что на урожайность озимой ржи на поле 1 оказывали влияние в последствии навоз и фосфорные удобрения, на поле 2 – навоз, фосфорные и калийные удобрения.

Согласно расчетным данным, установлена четкая зависимость роста урожайности озимой ржи от возрастающих доз удобрений в последствии навоза (рис. 3), фосфора (рис. 4) и калия (рис. 5).

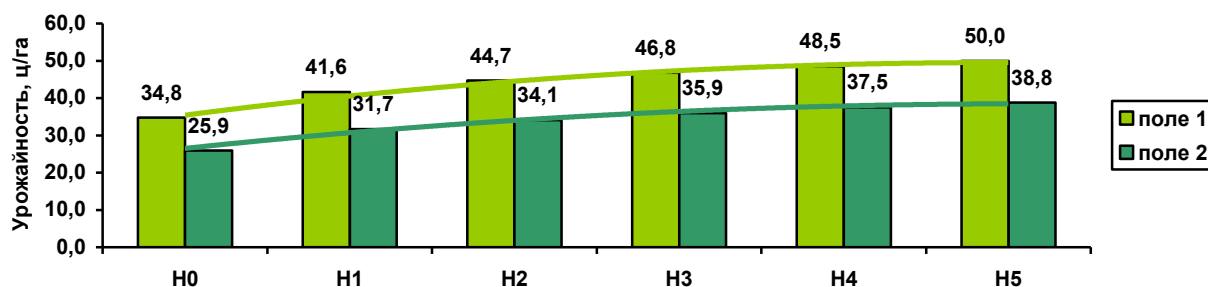


Рис. 3. Урожайность озимой ржи в зависимости от последствия возрастающих доз органических удобрений

Так, возрастающие дозы навоза оказывали влияние на последовательное увеличение урожайности озимой ржи как по первому, так и по второму полю. При этом максимальной урожайность зерна была в варианте внесения пятикратных доз навоза.

Рост урожайности зерна озимой ржи с возрастанием доз фосфорных удобрений отчетливо проявился при возделывании ее на поле 2, когда она повышалась с 30,6 ц/га при однократной дозе фосфора до 49,1 ц/га в варианте 5-кратных доз.

С возрастанием доз калия от единичной до 5-кратной урожайность зерна (на поле 2) повышалась с 28,7 до 39,9 ц/га.

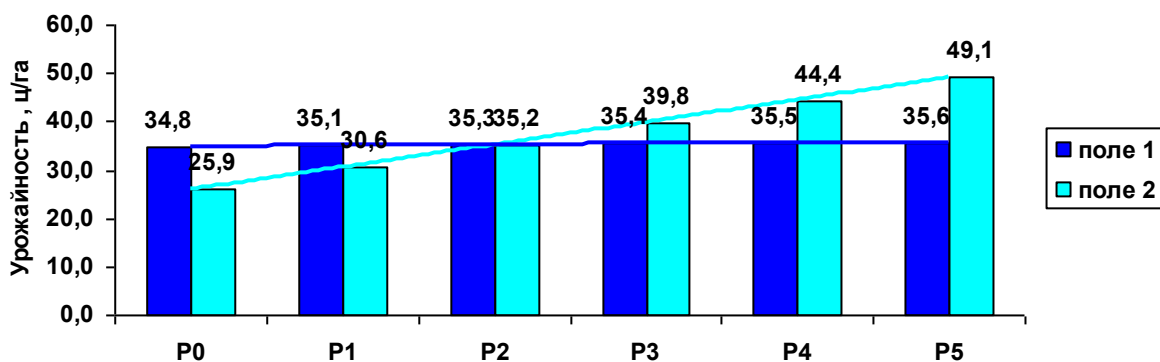


Рис. 4. Урожайность озимой ржи в зависимости от последействия возрастающих доз фосфорных удобрений

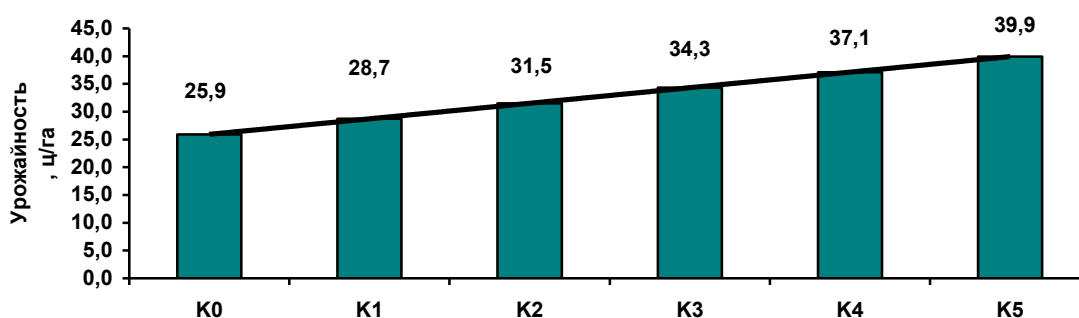


Рис. 5. Урожайность озимой ржи в зависимости от последействия возрастающих доз калийных удобрений

Анализ урожайных данных озимой ржи за 5-ю ротацию севооборота показал, что в неблагоприятные по метеорологическим условиям годы в формировании зерновой продукции, возделываемой в севообороте, большую роль играют органические удобрения. Внесение подстилочного навоза крупного рогатого скота в ежегодной дозе 9,6 т/га в последействии и поддерживающая азотная подкормка (N45) обеспечивали урожайность зерна озимой ржи 37,2 ц/га, что на 9 ц/га (31,9%) выше контроля без удобрений.

Минеральные калийные удобрения в тройных дозах в последействии по влиянию на урожайность ржи имели преимущество перед навозом, а азотные, фосфорные и полное минеральное удобрение уступали ему.

Органоминеральные системы удобрения в последействии и поддерживающая весенняя подкормка (N45) обеспечивали достоверный рост урожайности озимой ржи. При этом высокий эффект достигается уже при низких дозах удобрений N45P45K45+3,2 т/га навоза. В среднем по двум полям при этом получено 33,8 ц/га зерна, что на 5,6 ц/га (или на 19,9%) выше контроля.

Окупаемость 1 кг питательных веществ удобрений в последействии колебалась от 0,9 до 12,4 кг зерна в зависимости от варианта (табл. 1).

При сравнении последствий (2010-2011 гг.) и действия (данные лаборатории агрохимии органических удобрений за 1981-1983 гг.) различных вариантов удобрения установлено, что органическая система обеспечивала значительно более высокие прибавки урожая озимой ржи в последствии, а минеральная система давала практически одинаковые прибавки - на уровне 34-35,56 % - как в действии, так и в последствии. В вариантах органоминеральной системы прибавки урожая колебались от 23,4 до 34,9 % в действии и от 18,8 до 22,7 % - в последствии. При этом в обоих случаях более эффективными в органоминеральных системах удобрения были одно-двухкратные дозы.

Качество озимой ржи в зависимости от последствий доз и сочетаний органических и минеральных удобрений

При определении массы 1000 зерен озимой ржи установлена зависимость этого показателя от различных доз и сочетаний органических, азотных, фосфорных и калийных удобрений в последствии, что можно видеть из данных, полученных при возделывании этой культуры на двух полях опыта в пятой ротации зернотравяного севооборота.

В контрольном варианте масса 1000 зерен в зависимости от года колебалась от 26,0 до 27,8 г. В вариантах удобрений в засушливом 2010 г. она изменялась от 27,0 до 31,0 г и в большей мере в 2011 г. – от 23,8 до 32,0 г.

Наименьший показатель природы зерна озимой ржи в среднем по двум полям был отмечен в варианте с внесением 5-кратной дозы азотных удобрений и 2-кратных доз фосфорных, калийных и органических удобрений (5222) – 674 г/л, максимальный - 758,8 г/л – в варианте 3-кратных доз азота, калия и навоза (3033) при 741,1 г/л на контроле.

Таблица 2. Содержание белка, P₂O₅, K₂O в зерне озимой ржи, в среднем по двум полям, %

Вариант опыта	Сырой белок	P ₂ O ₅	K ₂ O	Вариант опыта	Сырой белок	P ₂ O ₅	K ₂ O
0000	8,67	0,74	0,66	1114	8,70	0,77	0,65
3000	9,21	0,78	0,63	4114	9,81	0,83	0,66
0300	10,01	0,90	0,75	1414	8,50	0,81	0,64
0030	8,52	0,74	0,67	1144	9,27	0,80	0,72
3300	8,09	0,79	0,71	4414	9,35	0,83	0,70
3030	8,32	0,71	0,65	4144	8,75	0,73	0,64
0330	8,21	0,79	0,67	1444	8,33	0,74	0,62
3330	8,15	0,70	0,58	4444	8,61	0,81	0,62
0003	7,96	0,82	0,75	2222	7,10	0,73	0,59
3003	9,07	0,75	0,65	5222	9,75	0,83	0,64
0303	7,96	0,78	0,63	2522	8,01	0,77	0,61
0033	8,47	0,75	0,70	2252	8,50	0,79	0,66

3303	9,61	0,81	0,64	5522	9,04	0,75	0,67
3033	8,81	0,77	0,65	5252	7,16	0,75	0,60
0333	7,38	0,71	0,66	2552	7,98	0,79	0,63
3333	7,98	0,79	0,69	5552	8,90	0,75	0,59
1111	7,50	0,75	0,61	2225	9,01	0,84	0,68
4111	7,36	0,69	0,57	5225	8,33	0,81	0,74
1411	9,01	0,74	0,63	2525	7,24	0,76	0,80
1141	8,10	0,74	0,63	2255	8,41	0,75	0,61
4411	7,01	0,72	0,60	5525	8,35	0,72	0,63
4141	7,27	0,70	0,62	5255	8,75	0,77	0,63
1441	7,61	0,79	0,64	2555	9,44	0,97	0,71
4441	8,55	0,76	0,71	5555	8,32	0,77	0,65

При изучении последствий удобрений на содержание сырого белка в зерне озимой ржи было выявлено, что использование навоза (0003) и полного органоминерального удобрения (3333) приводило к понижению данного показателя по сравнению односторонним внесением минеральных удобрений (3330) с 8,15 % до 7,96 % и 7,98%, соответственно (табл.2).

Последствие органоминеральных систем удобрений в однократных и двукратных дозах на обоих полях слабо влияло на содержание белка в зерне озимой ржи (7,50% и 7,10%, соответственно). Увеличение доз до трех- и четырехкратных приводило к увеличению этого показателя до 7,98 -8,61%. Дальнейшее увеличение доз органических и минеральных удобрений уменьшало содержание белка в зерновой продукции (до 8,32 %), что было связано с полеганием стеблестоя.

По результатам корреляционного анализа, между содержанием белка в зерне и урожайностью озимой ржи установлена отрицательная связь ($r = -0,54$).

Содержание фосфора и калия также во многом зависело от последствий доз и сочетаний органических и минеральных удобрений, а также от погодных условий. Максимальное содержание фосфора и калия в зерне озимой ржи в 2010 году отмечено в варианте с внесением тройной дозы фосфорных удобрений (1,08% и 0,94 соответственно). В 2011 году наибольшее количество фосфора в зерне – 0,73 % было установлено в вариантах 4444, 5555, а калия - в варианте 0003 (0,58 %). Внесение одних калийных удобрений в последствии не оказало значительного влияния на содержание калия в зерне озимой ржи.

Вынос питательных элементов урожаем озимой ржи

Данные в среднем за годы исследований показывают, что применение удобрений в последствии при весенней азотной подкормке в дозе 45 кг д.в./га повышало вынос азота, фосфора и калия зерном озимой ржи по сравнению с контролем во всех вариантах опыта. При анализе систем удобрения: органической (0003), минеральной (3330) и органоминеральной (3333) - хозяйственный вынос зерном соответственно составил: азота 83,9,

77,5 и 77,7 кг/га при 65,3 кг/га на контроле, фосфора (P_2O_5) – 51,4, 47,1 и 50,5 кг/га при 33,1 кг/га, калия (K_2O) – 87,0, 81,6 и 98,6 кг/га при 59,0 кг/га на контроле без удобрений. В органоминеральных вариантах опыта с ростом доз удобрений с 2- до 4-кратных отмечалось увеличение выноса зерном азота с 70,2 до 81,6 кг/га, фосфора с 48,2 до 53,2 кг/га и калия с 93,3 до 106 кг/га, и значительное снижение этих показателей при самых высоких 5-кратных дозах удобрений.

На контроле без удобрений вынос азота, фосфора и калия 1 т зерна озимой ржи составил соответственно 23,2, 11,7, 20,9 кг/т. От азотных удобрений (3000) вынос азота несколько повышался и равнялся 25,0 кг/т, от фосфорных (0300) составлял 27,2 кг/т. На таком же уровне находился вынос азота в варианте с четырехкратной дозой фосфорных удобрений и однократными дозами азотных, калийных и органических удобрений (1411) – 27,3 кг/т. Вынос фосфора возрастал от последствия одностороннего внесения фосфорных удобрений с 11,7 до 15,0 кг/т, а также в органоминеральных вариантах. Увеличение выноса калия наблюдалось от одностороннего внесения калийных удобрений (от 20,9 до 27,0 кг/т), а также от навоза до 23,4 кг/т и сочетания калийных удобрений с навозом (0033) до 26,2 кг/т.

В целом, вынос элементов питания основной и побочной продукцией в расчете на 1 т зерна приближался к нормативным показателям для Нечерноземной зоны Европейской части России, составившим: N – 27,2 кг/т, P_2O_5 – 9,3 кг/т, K_2O – 20,7 кг/т (Методическое руководство..., 2008).

Влияние длительного применения органических и минеральных удобрений на агрохимические свойства почвы

О влиянии органических и минеральных удобрений в различных дозах и сочетаниях при длительном их применении на агрохимические свойства почвы свидетельствуют данные, полученные при анализе почвенных образцов, отобранных в характерных вариантах опыта на первом поле в 2011 г. Результаты показали, что более высокие значения pH_{kcl} по отношению к контролю были получены в вариантах с навозом (0003) – 5,1 и органоминеральной системы удобрений в низких дозах (1111) – 5,2. Более заметно подкислялась почва в варианте с минеральными удобрениями (3330) и односторонним внесением азотных удобрений, pH_{kcl} равнялся 4,5 и 4,3 соответственно.

Применение удобрений в последствии позволяло поддерживать содержание органического углерода в почве на уровне контроля (1-1,2%), за исключением вариантов 0300 и 5555, где оно составляло 0,9%.

Содержание подвижного фосфора (по Кирсанову) в почве значительно возрастало от применения одних фосфорных удобрений и составляло 194 мг/кг. От внесения фосфора в составе полного органоминерального удобрения содержание P_2O_5 в зависимости от доз повышалось до 211 – 480 мг/кг. Внесение калийных удобрений способствовало увеличению содержания калия в почве.

Содержание нитратного азота в почве определяли в три срока: в мае, июне, августе. Как показали исследования, наибольшее содержание нитратного азота в почве (14,6 мг/кг) было в первый срок определения (в мае) в варианте последействия полного минерального удобрения. Во второй срок и третий сроки, т.е. в июне и августе, оно находилось, в основном, на одном и том же уровне практически во всех вариантах опыта.

С ростом доз удобрений в последействии в варианте органоминеральной системы наблюдалась тенденция к снижению содержания нитратного азота в почве. Связь урожайности зерна с содержанием нитратного азота в почве в вариантах возрастающих доз органоминеральных систем в последействии в мае была слабой ($r = 0,33$), в летний период в июне – августе – сильной ($r = 0,82 - 0,84$).

Энергетическая и экономическая эффективность последействия органических и минеральных удобрений при возделывании озимой ржи в звене полевого оборота

Затраты совокупной энергии при применении удобрений в последействии в звене севооборота: однолетние травы – озимая рожь составляли в зависимости от варианта от 655 до 24558 МДж/га. Энергия, рассчитанная по прибавкам урожая культур звена (овса на зеленую массу и зерна озимой ржи), по вариантам опыта колебалась от 6432 до 19880 МДж/га.

Энергетическая эффективность последействия удобрений в звене: однолетние травы – озимая рожь в варианте минеральной системы равнялась 1,8. Такой же энергетический эффект был получен от последействия органической системы. В лучшем варианте органоминеральной системы (1111) этот показатель достигал 2,9, однако с ростом доз он снижался и при 5-кратных дозах составлял 0,8.

Согласно расчету энергетического эффекта при возделывании озимой ржи, полное минеральное удобрение (3330) и одностороннее внесение навоза (0003) в последействии обеспечивали энергетический коэффициент на уровне 2,3 и 2,8 соответственно. Из органоминеральных вариантов наибольший энергетический эффект - 2,2 отмечался при низких дозах удобрений, а наименьший - 0,4 при пятикратных дозах.

Оценка экономической эффективности показала, что при выращивании озимой ржи в звене севооборота условно чистый доход в вариантах минеральной (3330), органической (0003) и органоминеральной системы в низких дозах (1111) составлял соответственно 1530, 2020 и 2517 руб./га..

Данные экономической эффективности возделывания озимой ржи в среднем по двум полям, свидетельствуют о целесообразности применения в последействии органоминеральной системы в одно- и двухкратных, где окупаемость 1 руб. затрат составляла 1,4 и 1,5 руб. Окупаемость стоимостью прибавки урожая по органической системе составила 1,3 руб., а по минеральной системе – 2,5 руб.

ВЫВОДЫ

1. Возделывание озимой ржи в пятой ротации зернотравяного севооборота на дерново-подзолистой легкосуглинистой окультуренной почве при последствии длительного систематического применения удобрений и поддерживающей весенней подкормке азотными удобрениями N45 позволяет получать урожайность в среднем по двум полям от 31,1 до 42,4 ц/га, или на 10,3-50,4% выше контроля без удобрений.

2. Полное минеральное удобрение в трехкратных дозах в последствии (вариант 3330) в среднем по двум полям обеспечивало высокую урожайность озимой ржи – 38,2 ц/га, что на 35,5% выше контроля, при окупаемости 1 кг NPK 4,6 кг зерна.

3. Органическая система удобрения в последствии в дозе 9,6 т подстилочного навоза в расчете на 1 га севооборотной площади по урожайности озимой ржи в среднем по двум полям, составляющей 37,2 ц/га, несущественно отличалась от минеральной системы при ежегодных дозах N, P, и K по 25,5 кг д.в. При этом оплата 1 кг NPK навоза зерном озимой ржи достигала 7,7 кг, или в 1,7 раза превышала вариант с минеральной системой удобрения.

4. Органоминеральные системы удобрения в последствии при увеличении доз с единичных до 5-кратных давали практически равную урожайность озимой ржи – от 33,5 до 34,6 ц/га. При этом с ростом доз удобрений окупаемость 1 кг NPK зерном снижалась с 5,0 до 0,9 кг.

5. В звене севооборота: однолетние травы – озимая рожь эффект последствия раздельного внесения трехкратных доз азотных, фосфорных и калийных удобрений равнялся соответственно 26,6; 22,9 и 13,5%, органических удобрений – 16,1%. При сравнении последствия различных систем удобрения: органической, минеральной и органоминеральной в 3-кратных дозах выявлено преимущество органоминеральной системы, обеспечившей продуктивность звена полевого севооборота 34,3 ц зерновых единиц с 1 га, что на 40% превышало контроль.

6. Удобрения в последствии оказывали большое влияние на качество зерна озимой ржи. Более высокое содержание сырого белка в зерне отмечено при длительном применении калийных и азотных удобрений, а также при использовании органоминеральных систем с высокими дозами азота и навоза. В вариантах органоминеральных систем удобрения содержание белка в зерне колебалось от 7,1% до 8,6% (при 8,6% на контроле). Связь урожайности с содержанием сырого белка в зерне выражалась отрицательным коэффициентом корреляции ($r = - 0,54$).

7. Масса 1000 зерен озимой ржи в зависимости от года исследований в контрольном варианте колебалась от 26 до 27,8 г. В вариантах удобрений она изменялась от 27 до 31 г в резко засушливом 2010 г. и в еще большей мере - от 23,8 до 32 г в 2011 г. В вариантах возрастающих доз удобрений в органоминеральных системах связь урожайности озимой ржи с массой 1000 зерен в среднем по двум полям выражалась коэффициентом парной линейной корреляции, равным 0,58.

8. Установлена зависимость выноса питательных веществ из почвы урожаем озимой ржи от последствия минеральных и органических удобрений. Применение различных систем удобрения в последствии увеличивало хозяйственный вынос по сравнению с контролем. В органоминеральных вариантах опыта с ростом доз удобрений с 2-кратных до 4-кратных отмечалось увеличение выноса зерном азота с 70,2 до 81,6 кг/га, фосфора с 48,2 до 53,2 кг/га и калия с 93,3 до 106 кг/га и значительное снижение этих показателей при самых высоких 5-кратных дозах удобрений

9. Удобрения в последствии изменяли агрохимические свойства почвы. Органическая система в трехкратных дозах (0003) и органоминеральная система в однократных дозах (1111) в последствии улучшали реакцию среды, увеличивая pH_{KCl} с 4,6 на контроле до 5,1 и 5,2 соответственно. Во всех исследуемых вариантах удобрений отмечена оптимизация фосфатного и калийного режимов в почве. В вариантах систем удобрений минеральной, органической и органоминеральной, за исключением пятикратных доз (5555), достигался бездефицитный баланс гумуса.

10. Расчеты энергетической и экономической эффективности последствия удобрений при возделывании озимой ржи в севообороте показали целесообразность применения органоминеральной системы удобрения в одно- и двухкратных дозах. Энергетические коэффициенты при этом составили соответственно 2,2 и 1,3. Окупаемость 1 руб. затрат стоимостью прибавки урожая 1,5 и 1,4 руб.

11. С учетом агрономической, энергетической и экономической эффективности последствия удобрений при возделывании озимой ржи в севообороте целесообразно применять в последствии органоминеральную систему удобрения в ежегодных дозах $N_{25}-50P_{25}-50K_{25}-50 + 3-6$ т/га навоза, обеспечивающую при весенней подкормке N_{45} урожайность зерна на уровне 34-35 ц/га, что на 20-23 % превышает контроль без удобрений. При этом зерно характеризуется высоким качеством по содержанию белка и массе 1000 зерен.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

В условиях западной части Нечерноземья на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве для обеспечения устойчивой продуктивности озимой ржи на уровне 3,5 т/га рекомендуется возделывание этой культуры в зернотравяном севообороте при длительном последствии органоминеральной системы удобрений в дозах $N_{25}-50P_{25}-50K_{25}-50 + 3-6$ т/га навоза в расчете на 1 га севооборотной площади и весенней поддерживающей подкормке N_{45} . Прибавка урожая зерна озимой ржи при этом составляет 20-23%.

Список опубликованных работ по теме диссертации

1. Макшакова О.В. Влияние органических и минеральных удобрений на урожайность озимой ржи и содержание минерального азота в почве // Применение средств химизации для повышения урожайности и качества сельскохозяйственных культур. Материалы 45-й международной научной конференции молодых ученых и специалистов (ВНИИА). М.: ВНИИА, 2011. С. 106-109.
2. Макшакова О.В. Взаимосвязь микробиологических и агрохимических показателей дерново-подзолистой почвы при длительном применении удобрений / Мерзлая Г.Е., Верховцева Н.В., Селиверстова О.М., **Макшакова О.В.**, Волошин С.П. // Проблемы агрохимии и экологии. 2012. № 2. С. 18-25.
3. Макшакова О.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.
4. Макшакова О.В. Эффективность навоза и минеральных удобрений при выращивании озимой ржи в Нечерноземной зоне // 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 (ВНИИА). М.: ВНИИА, 2012. С. 128-130.
5. Макшакова О.В. Последствие длительного применения удобрений / Мерзлая Г.Е., Панкратенкова И.В., **Макшакова О.В.** // Достижения современной науки сельскохозяйственному производству. Великий Новгород: РАСХН, Новгородский НИИСХ. 2013. С. 137-140.