

Государственное научное учреждение
Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии
имени Д.Н.Прянишникова

На правах рукописи

МАКШАКОВА ОЛЬГА ВИКТОРОВНА

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

Специальность 06.01.04 – агрохимия

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени кандидата

сельскохозяйственных наук

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

Москва 2014

СОДЕРЖАНИЕ

1. ВВЕДЕНИЕ	4
2. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	7
2.1. Состояние производства зерна в Российской Федерации	7
2.2. Биологические особенности озимой ржи и условия ее выращивания на дерново-подзолистых почвах	9
2.3. Характеристика озимой ржи сорта Татьяна	17
2.4. Роль предшественников при выращивании озимой ржи	18
2.5. Влияние удобрений на урожайность и качество озимой ржи	21
3. УСЛОВИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ	38
3.1. Схема опыта	38
3.2. Характеристика почвы опытного участка	40
3.3. Методика исследований	40
3.4. Агрометеорологические условия в годы проведения исследований	41
4. ВЛИЯНИЕ ПОСЛЕДЕЙСТВИЯ РАЗЛИЧНЫХ ДОЗ И СОЧЕТАНИЙ ОРГАНИЧЕСКИХ И МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ЗВЕНА СЕВООБОРОТА: ОДНОЛЕТНИЕ ТРАВЫ – ОЗИМАЯ РОЖЬ	44
5. ВЛИЯНИЕ ПОСЛЕДЕЙСТВИЯ ДОЗ И СОЧЕТАНИЙ ОРГАНИЧЕСКИХ И МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ ОЗИМОЙ РЖИ	48
6. КАЧЕСТВО ОЗИМОЙ РЖИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПОСЛЕДЕЙСТВИЯ ДОЗ И СОЧЕТАНИЙ ОРГАНИЧЕСКИХ И МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ	57
6.1. Масса 1000 зерен и натура зерна озимой ржи	57
6.2. Биохимический состав озимой ржи	61
7. ВЫНОС ПИТАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ УРОЖАЕМ ОЗИМОЙ РЖИ	69
8. ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ И МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА АГРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ	72

9. ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ В ПОСЛЕДЕЙСТВИИ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ОЗИМОЙ РЖИ	76
9.1. Энергетическая эффективность последствий органических и минеральных удобрений при возделывании озимой ржи	76
9.2. Экономическая эффективность применения удобрений в последствии в звене севооборота: однолетние травы - озимая рожь и при возделывании озимой ржи	78
ВЫВОДЫ	81
ПРЕДЛОЖЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВУ	83
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	84
ПРИЛОЖЕНИЕ	101

1. ВВЕДЕНИЕ

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 наиболее эффективно совместное внесение органических и минеральных удобрений, обеспечивающее их пролонгированное воздействие на продуктивность агроценозов (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 и в полевых опытах с использованием факториальных схем (Перегудов В.Н., Иванова Т.И. 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 вносимых 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.

Изучена сравнительная эффективность длительного последствия органической, минеральной и органоминеральной систем удобрения под озимую рожь и установлено преимущество совместного применения навоза и минеральных удобрений. Показано, что для условий западной части Нечерноземья на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах для

обеспечения устойчивой урожайности озимой ржи на уровне 3,5 т/га целесообразно возделывание озимой ржи в зернотравяном севообороте при длительном последствии органоминеральной системы с ежегодными дозами минеральных удобрений N25-50P25-50K25-50 + 3-6 т/га навоза при 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. При последствии длительного применения удобрений в севообороте под озимую рожь рекомендуется использовать органоминеральную систему в ежегодных 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, натуры 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.

Личный вклад автора. Соискатель принимал непосредственное участие в проведении полевого опыта и аналитических работ. Самостоятельно провел анализ и обобщение экспериментальных данных, а так же их статистическую обработку.

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.

2. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

2.1. Состояние производства зерна в Российской Федерации

Продовольственная безопасность - сложная и многоаспектная проблема, характеризующая такое состояние экономики страны, при котором удовлетворяются потребности населения в продуктах питания независимо от внешних и внутренних условий и без уменьшения продовольственного резерва страны. По Доктрине продовольственной безопасности Российской Федерации для обеспечения продовольственной независимости удельный вес отечественного производства зерна в общем объеме его потребления в течение года должен составлять не менее 95% (Закревский В.В., 2004).

Зерновое хозяйство – стратегическая область экономики. Уровень его развития – своеобразный индикатор экономического благополучия государства. (Кислов А.В., Каракулев В.В., 2006) В современных условиях 40% агропромышленного производства связано с использованием зерновых ресурсов. Доля зерна составляет около 30% стоимости валовой и больше половины товарной продукции, а также почти 1/3 кормов для животноводства. На зерновое хозяйство приходится 1/5 всех затрат сельскохозяйственного производства и больше 60-90% его прибыли. С 2002

года Россия входит в пятерку крупнейших стран – экспортеров зерна. В 2007 году экспорт хлебных злаков составлял 16673 тыс. т (Ушачев И., 2010).

В рацион питания россиян традиционно входят зерновые злаки. Они дают практически все необходимые элементы для поддержания нормальной жизнедеятельности (в суточной калорийности хлебные продукты составляют около 40%).

Однако в настоящее время в России резко сокращаются объемы химизации земледелия, что приводит к резкому снижению плодородия почв. В последние годы выведены из сельскохозяйственного оборота миллионы гектаров земли (Концепция..., 2005, Сычев В.Г., Лунев М.Н., Павлихина А.В., 2012). Посевные площади сельскохозяйственных культур в хозяйствах всех категорий за 1990-2009 гг. сократились с 117705 до 77805 тыс. га. По данным Д.М. Хомякова (2011), посевы зерновых с 2001 по 2010 гг. уменьшились до 45,0 млн. га (в 1970 г. они составляли 75 млн. га, а в 2000 – 50 млн. га). Посевы озимой ржи сократились с 7989 до 2142 тыс. га.

Валовой сбор зерна в среднем за 2006-2009 гг. составил 91,2 млн. т, а за 2009-2010 гг. – 85,2 млн. т. Среди зерновых наибольшее снижение наблюдается в производстве ржи - на 73,8% и ячменя – на 34,2%. Но за этот же период возросла урожайность практически всех сельскохозяйственных культур, особенно риса и яровой пшеницы. Урожайность зерновых за период 2001-2005 гг. составила 17,6 ц/га, в 2006-2010 гг. – максимально 18,9 ц/га, а в среднем за последние 10 лет - 18,63 ц/га. Средний урожай озимых зерновых в 1970-2000 гг. составил 13,9 ц/га. Урожайность озимой ржи в 2009 г. составила 20,7 ц /га, тогда как в 1995 г.– 13,2 ц/га.

Объемы вносимых под культуры минеральных удобрений за данный период сократились на 9,9 млн. т, а органических - с 389,5 до 53,7 млн. т. Удельный вес удобренных площадей в 2009 г. составил 45% против 66 % в 1990 г., удельный вес площадей, удобренных органическими удобрениями, в 2009 г. практически достиг уровня 1990 г. – 7% против 7,4% (Сельское хозяйство..., 2010).

2.2. Биологические особенности озимой ржи и условия ее выращивания на дерново-подзолистых почвах

Рожь – универсальное растение, которое используется в пищевых, кормовых и технических целях. В зерне озимой ржи содержится большое количество лизина и некоторых других незаменимых аминокислот, минеральных солей, ненасыщенных жирных кислот, фосфора, витаминов (В₁, В₂, Е, РР) и многих микроэлементов (Саранин К.И., Беляков И.И., 1986).

Рожь (*Secale L.*) является родом травянистых растений и охватывает сравнительно небольшое число видов. Число хромосом является одинаковым во всех видах.

Растение перекрестноопыляющееся. Возделываемые сорта ржи относятся к одной разновидности – *Secale cereale var. vulgare*. Разделяют шесть эколого-географических групп: северную русскую, западноевропейскую, степную, западносибирскую лесостепную, восточносибирскую лесостепную и дальневосточную приморскую. Основой для эколого-географической группировки стала дифференциация сортов по биологическим и морфологическим особенностям, возникшая в результате длительного возделывания культуры в различных климатических и почвенных условиях.

Рожь имеет мочковатый корень, полый, узловатый (3-5 узлов) стебель. Лист состоит из влагалища и узкой длинной ланцетовидной пластинки. Соцветие ржи – колос. Колосок двухцветковый, довольно часто имеется зачаток третьего цветка. Цветок ржи состоит из завязи с перистым двухлопастным рыльцем, трех тычинок и цветочных чешуй, из которых наружная вытянута в ость. Зерновка продолговатая с глубокой бороздкой, сжата с боков.

Развитие растений ржи складывается из отдельных фаз: прорастание семян, всходы, кущение, выход в трубку, колошение, цветение, созревание. Прорастание семян начинается с набухания, связанного с увеличением зерна в объеме и поглощением воды. Данная культура поглощает около 55% воды

от массы абсолютно сухого зерна. Семена могут прорасти при низкой температуре почвы (1-2°C), но наиболее благоприятной температурой для прорастания ржи является 15-20°C. Первым появляется зародышевый корешок, у ржи их обычно образуется четыре. После появления корешка и разрыва оболочки в рост трогается зародышевый, или первичный стеблевой побег.

Проросток ржи увеличивается за счет запасных питательных веществ эндосперма. Стеблевой побег покрыт сверху coleoptиле. При выходе на поверхность рост колпачка прекращается и заложенный внутри его лист трогается наружу. При благоприятных условиях рожь всходит через 5-6 дней после посева. Посев на глубину 3 см наилучшим образом соответствует биологии озимой ржи. В связи с наличием антоциана всходы ржи в начале их появления окрашены в красно-фиолетовый цвет. Посев семян необходимо производить в оптимальные сроки в хорошо подготовленную почву.

Кущение - важный биологический процесс. В этой фазе развития растения закладываются органы, в дальнейшем определяющие урожай. Кущение озимой ржи начинается, когда разворачивается четвертый лист. В это время появляется первый боковой побег из почки в пазухе первого зародышевого листа. После возникают побеги из почек в пазухах следующих зародышевых листьев. Одновременно с этим развиваются новые узловые корни. Каждый побег имеет свои корни. Таким образом, узел кущения - важный орган, в котором заложены все части будущего растения. Если в результате неблагоприятных условий и повреждения насекомыми узел кущения погибает, то гибнет все растение. Степень кущения зависит от условий почвенного питания, температуры окружающей среды, влажности почвы, норм посева и т.д. При благоприятных условиях фаза кущения продолжается 35-37 дней.

Ранней весной, когда температуры воздуха установится на уровне 5°C растения озимой ржи трогаются в рост. Фазой выхода в трубку считается время, когда верхний стеблевой узел поднимается на 1-2 см над

поверхностью почвы и легко прощупывается внутри листовой пластины. После выхода в трубку начинается интенсивный рост, особенно быстро развиваются листья и стебли растения, вследствие чего недостаток питательных элементов и влаги может отрицательно подействовать на дальнейшее развитие и последующее формирование урожая озимой ржи.

Фаза колошения – это выдвигание колоса из влагалищ листьев. Время колошения культуры - момент появления половины колоса. В период выход в трубку – колошение происходит энергичное формирование главных органов зерновых злаков. Недостаток влаги во время прохождения растением фазы колошения может снизить урожай. Благоприятными условиями для прохождения данной фазы растениями является достаточная влажность и температура воздуха 15-17°C. Средняя продолжительность этапа колошения составляет 40-50 дней после весеннего пробуждения растений.

Фазы колошения и цветения у ржи более растянуты, чем у пшеницы. Культура зацветает обычно через 10-12 дней после колошения. Цветение продолжается 10-15 дней. Цветки у ржи обоеполые. Цветение каждого цветка продолжается 12-25 минут. Один колос цветет 7-9 дней, цветение колоса начинается со средней его части. У растения выделяют два максимума цветения – утренний и дневной. Обильность опыления зависит от погодных условий. Наиболее благоприятна теплая погода с нормальной влажностью воздуха. При жаркой погоде пыльца теряет жизнеспособность, быстро высыхая, таким образом развивается череззерница.

После оплодотворения семязачатка формируется эндосперм, растет зародыш, из стенок завязи создается оболочка плода. В этот период пластические вещества передвигаются из листьев и стебля в зерновку. Созревание зерна происходит на протяжении нескольких периодов, обычно при температуре 16-20°C. В процессе созревания зерно проходит молочную, восковую и полную фазы спелости.

При ранней уборке озимой ржи появляется возможность тщательно подготовить почву для последующих культур севооборота (Кислов А.В., Каракулев В.В., 2006).

По результатам исследований Н.П. Козьминой и В.Л. Кретовича (1950), химический состав зерна во многом зависит от выполненности. Так, в выполненном зерне содержание сырого белка составляет 7,2 %, в среднем – 9,2%, а в щуплом – 11,5%, клетчатки соответственно 1,6, 1,9 и 2,7%, а углеводов – 73,2;70,7 и 66,5%. В зародыше зерна содержится значительное количество ненасыщенных жирных кислот – 11,95% (Дименштейн Ф.И. и др., 1958). Зола зерна, содержание которой колеблется от 1,4% до 2,4%, состоит в основном из фосфорнокислых солей калия, магния и кальция. Фосфор главным образом представлен органическими соединениями в виде фосфорных групп нуклеиновых кислот, фосфатидов и фитина. Минерального фосфора в зерне культуры содержится 7-12 % от общего его количества.

Из микроэлементов в зерне ржи присутствуют марганец, медь, бор, алюминий, бром, йод, фтор, кобальт, титан, никель, молибден, мышьяк, барий, стронций, цезий. Тиамин содержится 2,0-7,8 мг на 1 кг сухого вещества, рибофлавин (В₂) от 1,5-2,9 мг, а никотиновой кислоты (витамин РР) – 12,9-17,8 мг. Химический состав зерна во многом зависит от условий выращивания культуры (Тиунов А.Н., Глухих К.А., Хорькова О.А., 1969).

Озимая рожь дает ранний высококачественный корм и тем самым является ценной кормовой культурой. При среднем урожае зеленой массы 180 ц/га, убираемой перед колошением, с каждого гектара можно получить 3240 кг кормовых единиц, с содержанием переваримого протеина 120-122 г на каждую кормовую единицу (Жуков Ю.П., 1983).

Рожь в силу природных особенностей имеет специфические свойства белково-протеазного и углеводамилазного комплекса. Для ржи характерно более низкое содержание клейковины, недостаточная вязкость белков, значительное накопление слизей, обладающих высокой вязкостью, наличие амилазы в непроросшем зерне, специфическое строение и свойства крахмала

(Любарский Л.Н., 1957, Голенков В.Ф., 1965). Увеличение содержания белка в зерне озимой ржи не ведет к повышению объема хлеба. Считается, что хлебопекарные свойства ржаной муки зависят в основном от состояния углеводно-амилазного комплекса, в частности, от активности фермента α -амилазы. К резкому ухудшению качества хлеба приводит избыточный гидролиз крахмала после его клейстеризации во время выпечки хлеба, вызванный высокой активностью α -амилазы (Кретович Л.В., 1958, Козьмина Н.П., 1969).

Особенности сорта, место произрастания и условия агротехники оказывают большое влияние на качество зерна озимой ржи (Казарьян Т., 1933).

Техническое значение зерна озимой ржи заключается в его использовании в производстве спирта и крахмало-паточной промышленности (Тиунов А.Н., Глухих К.А., Хорькова О.А., 1969).

Культура обладает мощной корневой системой, за счет чего полнее использует труднодоступные питательные вещества почвы (Володин В.С., Павлов И.Д., 1963, Станков Н.З., 1964).

Озимая рожь менее требовательна к почвенным условиям, в том числе и к кислотности почвы, она дает сравнительно хорошие урожаи при рН 5.

Но при сильной кислотности почвы отдельные растения озимой ржи могут уходить на перезимовку более ослабленными, чем на участках с слабокислой или нейтральной реакцией (Стихин М.Ф., 1968).

По данным Н.С. Авдониной (1965), на сильнокислых почвах, содержащих значительное количество подвижных форм алюминия и марганца, урожай снижается вследствие торможения ростовых процессов и закладки генеративных органов.

Больше всего подходят для ржи легкие почвы. На легких почвах растения озимой ржи развиваются более интенсивно и лучше переносят зиму. В опыте П.Р. Слезкина (1928) на тяжелых почвах погибало 20,5% растений, тогда как на легких – 8,9%.

Потребление питательных веществ озимой рожью зависит не только от состояния растений, но также от погодных условий, почвенных факторов, предшественников и приемов возделывания.

Из элементов питания для растений необходим прежде всего азот для образования белковых веществ. Азотное питание усиливает кущение и общую мощность растений, аммиачный азот поглощается растениями быстрее нитратного. При поглощении аммиачных форм зерно становится богаче азотом. Недостаток азота отрицательно сказывается на корневой системе, замедляет выколашивание (Гусев Е.П., 1926).

Фосфор необходим как элемент питания, он также нужен для использования азота, так как без фосфора тормозится синтез белков. Недостаток фосфора приводит к нарушению обмена веществ, преобладанию процессов распада полимерных соединений и фосфорорганических веществ. Фосфор играет большую роль и в формировании корневой системы (Прянишников Д.Н., 1945). Элемент участвует в процессах образования первичных продуктов фотосинтеза, синтеза молекулы хлорофилла (Рубин Б.А., 1956), он сокращает период вегетации и ускоряет созревание, влияет на озерненность колоса (Станков Н.З, 1964).

Калий также необходимый элемент питания растений. Калия в зерне содержится 0,5-0,6%, а в соломе – 0,8-1,5%. Калий, как и фосфор, способствует синтезу белка. Калий принимает участие в образовании углеводов. Элемент увеличивает осмотическое давление клеточного сока, поэтому имеет большое значение для повышения стойкости зимующих растений. При его недостатке задерживается рост растений, снижается энергия кущения.

Озимая рожь – растение умеренного пояса. Для завершения цикла развития - от прорастания семян и до их созревания культуре - требуется сумма температур 1800°C (Майсуриян Н.А. и др., 1971). Устойчивость к низким температурам культура вырабатывает осенью, у нее существует две фазы закаливания. В первой фазе происходит накапливание углеводов.

Ясные солнечные дни с температурой воздуха 5-10⁰С являются благоприятными для прохождения культурой первой фазы закаливания. При данных условиях к концу этой фазы растения накапливают 20-30% углеводов от общего содержания сухого вещества. Обычно фаза закаливания растения проходит за 5-7 дней. Вторая фаза протекает при отрицательных температурах воздуха (2-5⁰С). В данных условиях происходит процесс обезвоживания растений озимой ржи. К концу фазы закаливания дефицит воды в растении достигает 30-50%. Положительное влияние второй фазы на повышение морозостойкости возможно только в том случае, если растение за период первой фазы закаливания накопило необходимое количество углеводов. В противном случае лед, образовавшийся в межклетниках, отрицательно влияет на соседние клетки, оказывая на них механическое давление. Если растения прошли первую фазу закаливания успешно, то во второй фазе в клетках образуется меньше льда и механическое давление уменьшается. Внесение калийных и фосфорных удобрений увеличивает морозостойкость растений в силу своего физиологического воздействия. При недостатке калия происходит увеличение интенсивности дыхания, что приводит к расходу сахаров.

Семена культуры могут произрастать при температуре несколько выше нуля. Для прорастания семян озимой ржи сумма эффективных температур, по результатам исследования составляет 52⁰ С. Рожь хорошо кустится при среднесуточной температуре воздуха в сентябре около 12⁰ (Майсурян Н.А. и др., 1971). При 3-4⁰С рост озимой ржи прекращается. При более высокой температуре воздуха процесс кущения озимой ржи проходит быстрее, но при этом побегов образуется меньше. Для нормального колошения и цветения необходима температура 14-15⁰С, при более низкой температуре урожай зерна снижается. Понижение температуры почвы осенью не оказывает существенного влияния на длину вегетационного периода, а при пониженных температурах весной в колосе наблюдается высокая череззерница.

Для нормальной жизнедеятельности растений необходимо определенное соотношение температуры почвы и воздуха (Саранин К.И., Беляков И.И., 1986).

Коэффициент транспирации озимой ржи колеблется от 240 до 585 и зависит от сорта, места выращивания, метеорологических условий года и сроков посева (Савицкий М.С., Николаев М.Е., 1974).

Влажность почвы в начальный период роста ржи, кончая выходом в трубку, определяет число колосков в колосе, а в период колошения – и урожай зерна.

Рожь в первый период роста менее требовательна к влаге, но в период кущения потребность ее во влаге повышается в 3 раза, а во время стеблевания снова снижается. В цветение озимой ржи необходимо повышенное количество влаги, а в период созревания потребность в ней постепенно падает (Grain E., 1985). Период наибольшей транспирации совпадает обычно с весенним обилием влаги в почве.

Исследованиям показано, что озимая рожь при урожае 45 ц сухого вещества (зерно и солома) потребляет с 1 га 1570,5 т влаги за вегетационный период (Тиунов А.Н., Глухих К.А., Хорькова О.А., 1969).

Из всех озимых культур рожь самая стойкая к вымерзанию (Каракулев В.В., Шустер Д.В., 2011). При оптимальных условиях возделывания она может выдержать температуру -25°C , -30°C и даже ниже. Высокая зимостойкость культуры объясняется ее способностью мобилизовывать запасные формы углеводов, превращая их в простейшие сахара. Важное значение для зимостойкости растений имеет содержание в них нуклеиновых кислот и других фосфоросодержащих соединений, принимающих участие в синтезе белка, и, следовательно, в ростовых процессах (Генкель П.А., Кушнарченко С.В., 1966).

Для озимой ржи опасна продолжительная задержка воды на полях, особенно весной. В.П. Мосолов (1929) установил, что на переувлажненной

почве погибло 47,6% растений, тогда как на почве с оптимальными условиями увлажнения - всего лишь 4,5%.

2.3. Характеристика озимой ржи сорта Татьяна

Селекционный номер П-2783/87. Сорт выведен в НИИСХ ЦРНЗ методом многократного индивидуально-семейного отбора из гибридной популяции от скрещивания сортов Вятка северная, Чулпан и Орловская 9. Перед этим в популяции сорта Вятка северная провели 5-кратный массовый отбор по крупнозерности, в результате чего масса 1000 зерен увеличилась по сравнению с исходной на 2,6 г.

Конкурсные испытания нового сорта в институте проводили 16 лет (1990-2005 гг.), средний урожай составил 57,5 ц/га. За годы испытаний урожай зерна сорта Татьяна трижды (в 1997, 2000 и 2003 гг.) превышал уровень 70 ц/га. Новый сорт отличается более короткой соломиной. Средняя высота растений - 134 см.

Сорт зимостойкий. За годы испытания перезимовка растений составила 90,5%. Благодаря своей зимостойкости сорт имеет хорошие перспективы для возделывания в областях Северо-Западного, Волго-Вятского, Центрального и других регионов.

Агроэкологическое испытание сорта проводилось в Костромском и Владимирском НИИСХ в 1994-2002 гг. Средняя урожайность за эти годы составила 50,6 ц/га, в исследованиях урожайность достигла 57,9 ц/га.

Вегетационный период составляет 328 - 333 дня. Отмечается, что для нового сорта характерно смещение фаз развития в сторону позднеспелости: начало выхода в трубку (на 1 день), полное колошение (на 3 дня), полное цветение (на 2 дня). В период кущения форма куста - промежуточная, листья темно-зеленые, средней длины и ширины, без воскового налёта. Продуктивная кустистость составляет 2,4 стебля - находится на уровне стандарта. У данного сорта стебель толстый, полый, прочный. Колос желтый, призматический, ости длинные, полурасходящиеся. Зерно серо-зелёного

цвета, полуудлинённое, средней крупности. Масса 1000 зерен 29,0-34,7 г (средняя - 31,0 г).

Сорт Татьяна отличается хорошими технологическими и хлебопекарными качествами зерна. Средний показатель «число падения» за годы конкурсных испытаний у него составил 172 сек.

Данный сорт озимой ржи положительно выделяется по устойчивости к некоторым видам болезней. При искусственном заражении бурой ржавчиной средняя степень поражённости листьев была на уровне 24,1%. В провокационных условиях на снежную плесень степень поражения нового сорта составила 63,8%, или была на уровне стандарта (68,8%). Сорт отличается дружным колошением и выравненным стеблестоем, благодаря чему меньше поражается спорыньей и септориозом колоса во влажные годы (Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию, 2003).

К определенным типам почв сорт особых требований не предъявляет, однако требует качественной предпосевной подготовки почвы. Хорошо отзывается на внесение органических и минеральных удобрений, обработку фунгицидами. Лучшей нормой высева является 5 млн. всхожих зёрен на 1 га, сроки сева - оптимальные для местности (Саранин К.И., Беляков И.И., 1986).

2.4. Роль предшественников при выращивании озимой ржи

Основные требования озимой ржи к предшественникам сводятся к тому, чтобы создать благоприятные условия к моменту ее посева.

Это обусловлено тем, что эффективность систем обработки почвы, применения удобрений, защиты растений от болезней, сорняков и вредителей во многом определяется предшествующей культурой.

Пахотный слой почвы должен иметь мелкокомковатую структуру, быть чистым от сорняков, вредителей и возбудителей болезней. Почва должна иметь оптимальную влажность и содержать необходимое для развития озимой ржи количество элементов питания.

Озимую рожь можно размещать по чистым, сидеральным, занятым парам и непаровым предшественникам. Известно, что лучший предшественник для этой культуры – чистый пар, правильно обрабатываемый и удобряемый. В результате исследования Башкирского сельскохозяйственного института было показано, что в метровом слое почвы ко времени посева озимой ржи в черном пару содержится 129 мм влаги, раннем пару – 104, занятом вико-овсяной смесью – 98 мм. Такая же закономерность наблюдалась в исследованиях на Льговской опытно-селекционной станции в Курской области: в пару в среднем за 5 лет исследований накопилось влаги – 146 мм, а под вико-овсяной смесью – 57 мм. В чистом пару создается благоприятный водно-воздушный и питательный режимы, поле очищается от сорняков и вредителей.

Однако отсутствие урожая с парового поля не всегда компенсируется прибавками последующих культур, тем самым снижается экономическая эффективность севооборота (Лебедева Л.А., 1989).

По мере окультуривания почв, в результате снижения засоренности, применения органических и минеральных удобрений, известкования и правильного чередования культур в севообороте, размещение озимой ржи становится возможным по другим предшественникам.

В ФРГ озимую рожь выращивали в основном после озимой пшеницы, овса, картофеля и ярового ячменя.

В Нечерноземной зоне России рекомендуемыми предшественниками являются чистые и сидеральные пары, занятые пары (вико-овсяный, клеверный, озимо-ржаной, картофельный), многолетние травы, зернобобовые (горох, вика, люпин), пропашные культуры ранних сроков уборки (Шарифуллин Л.Р., Кольцов А.Х., Марьин Г.С., 1989).

Большую ценность имеют пары, занятые бобовыми, особенно раноубираемыми культурами, например, клевером. Клевер луговой оставляет в почве больше, чем другие парозанимающие культуры, органического вещества, поэтому озимые хорошо обеспечиваются азотом и не требуют

внесения органических удобрений, более того, при своевременной уборке клевера и обработке почвы в ней накапливается достаточное количество продуктивной влаги. Клевер в полевых севооборотах очень часто высевают вместе с тимофеевкой, но, как показали исследования, в результате этого, растительные остатки травосмеси медленнее разлагаются и оставляют в почве меньше нитратов, клеверо-тимофеечный пласт уступает клеверу по эффективности.

Нередко в виде предшественника используется пласт многолетних трав, но для его успешного использования большое значение имеет ранний срок подъема, при котором создаются благоприятные условия для мобилизации влаги и накопления питательных веществ (Рубин Б.А. 1956).

Из бобовых культур широкое применение получил горох. Пары под горохом имеют большую агротехническую и экономическую ценность. Возделывание в пару гороха дает возможность получать более высокие урожаи озимой ржи, чем при использовании чистого пара. Горох, улучшая азотный режим почвы, повышает содержание белка в зерне озимой ржи. Для регулирования водного режима большое значение имеют сжатые сроки уборки гороха и правильная обработка почвы с учетом ее влажности. При посеве гороха с овсом общая эффективность занятого пара снижается. В смешанных посевах водный режим почвы для озимой ржи становится менее благоприятным, а также снижается азотофиксирующая способность самого клевера лугового.

На песчаных и супесчаных почвах Нечерноземной зоны хорошей парозанимающей культурой является кормовой люпин. Он отличается высокой продуктивностью и обеспечивает положительный баланс азота в почве. После кормового люпина озимую рожь можно выращивать без внесения органических удобрений.

Бобово-овсяные смеси на зеленую массу могут широко применяться как предшественник озимой ржи. По агротехническому значению и влиянию на урожайность озимой ржи вико-овсяный и пелюшко-овсяный пары почти

не отличаются. Пары, занятые бобово-овсяными смесями менее продуктивны, чем пары, занятые люпином, клевером, пропашными и горохом. Они оставляют в почве значительное количество органического вещества. Эффективность смесей как предшественников озимых повышается при увеличении в них бобового компонента.

Картофель, при соблюдении основных условий возделывания, является хорошим предшественником для озимой ржи. При одинаковом внесении минеральных удобрений под озимую рожь на чистых парах и после картофеля урожайность ее иногда почти не снижается, или снижается не более чем на 2-4 ц/га, при этом можно получать дополнительно до 160-190 ц с 2 га (Тиунов А.Н. и др., 1969).

2.5. Влияние удобрений на урожайность и качество озимой ржи

Производство зерна в России располагается, в основном, в зоне рискованного земледелия и требует больших энергетических и экономических затрат (Державин Л.М., 1988). Культуры, выращиваемые в Нечерноземье, особенно хорошо отзываются на внесение удобрений.

Наибольший агроэкономический эффект может быть получен лишь на фоне гармоничного сочетания факторов, оказывающих влияние на рост и развитие растений, позволяющих оптимизировать процессы обмена веществ и превращения энергии в растительном организме: фотосинтез и образование белков, жиров, углеводов и иных продуктов органического синтеза (Липкина Г.С., 1975, Кулаковская Т.Н., 1978, Панников В.Д., 1977).

Длительное применение различных видов удобрений в агроэкосистемах оказывает значительное воздействие на свойства почвы (Минеев В.Г., Гомонова Н.Ф., 1990, Минеев В.Г., 2000, Кирпичников Н.А., Адрианов С.Н., 2007, Сычев В.Г. и др., 2003, Birch H.F., 1958, Champbell C.A., 1969).

Научно обоснованная система применения удобрений при оптимальной технологии возделывания сельскохозяйственных культур обеспечивает динамичный и устойчивый рост урожайности и улучшает

качество сельскохозяйственной продукции (Жуков Ю.П., 1983, Кириллова Г.Б., 1988, Муравин Э.А., Титова В.И., 2010). Известно, что при внесении удобрений растения не только получают дополнительные питательные вещества, но и более полно используют элементы питания из самой почвы.

На протяжении всего вегетационного периода растения не одинаково поглощают элементы питания. Озимая рожь усваивает до 40-60% конечного содержания элементов питания в урожае уже в течение осеннего периода вегетации. Поступление питательных элементов почти прекращается к концу фазы колошения. Значительное количество элементов питания усваивается культурой в период от всходов до конца кущения. Максимальное процентное содержание элементов питания в озимой ржи наблюдается в фазе кущения (Шатилов И.С. и др., 1976). Поэтому озимую рожь необходимо подкармливать весной и вносить удобрения до ее посева. Более полное представление о потребности растений в питательных веществах дает изучение динамики поступления их в отдельные фазы развития. Оказалось, что наиболее интенсивное поглощение питательных веществ у озимых происходит в довольно сжатые сроки.

Поступление и использование растениями отдельных элементов питания существенно изменяются с возрастом растений. Обычно выделяют максимальный период потребности в том или ином веществе, когда среднесуточное потребление достигает своего максимума, и критический, при котором недостаток или отсутствие какого-либо элемента особенно отрицательно сказывается на росте и развитии растений.

Более полное представление о потребности растений в питательных веществах дает изучение динамики поступления их в отдельные фазы развития. Оказалось, что наиболее интенсивное поглощение питательных веществ у озимых происходит в довольно сжатые сроки.

Период максимального среднесуточного потребления элементов питания в большинстве совпадает со временем наибольшего накопления сухой массы. У озимой ржи максимум среднесуточного поступления

фосфора и калия приходится на период выход в трубку – колошение. Максимальное поступление азота наблюдается несколько позднее, но к началу цветения оно резко падает.

Содержание питательных веществ в урожае обычно значительно меньше того количества, которое используется озимыми растениями за вегетационный период, потому что значительное их количество остается в отмерших растениях, в пожнивных и корневых остатках.

Потребность озимых культур в питательных веществах характеризуется выносом их с урожаем зерна и соломы. Зная состав и количество выносимых питательных веществ, можно приблизительно определить потребность растений в этих элементах питания.

На формирование 1 ц зерна озимая рожь потребляет в среднем 1,0-1,2 кг P_2O_5 , 2,0-2,6 кг K_2O и 3-4 кг/га азота.

Для получения урожая озимой ржи 40 ц/га требуется внести на почвах со средним содержанием питательных веществ 100-130 кг/га P_2O_5 (2,4-3,2 кг на 1 ц зерна) и 95-105 кг/га K_2O (2,4-2,6 кг на 1 ц зерна) (Мартынов Б.П. и др., 1986).

Вынос питательных веществ урожаем озимой ржи на 1 ц зерна, по данным института физиологии растений Академии наук УССР, на подзолистой супесчаной почве составил без удобрений: N- 3,7 кг, P_2O_2 -1,6 кг, K_2O – 3,0 кг; в варианте с навозом 20 т - N- 4,1 кг, P_2O_2 -1,9 кг, K_2O – 3,6 кг; в варианте $N_{30}P_{45}K_{45}$ - N- 4,4 кг, P_2O_2 - 2,1 кг, K_2O – 4,4 кг; в варианте 10 т навоза + $N_{15}P_{22,5}K_{22,5}$ - N- 4,4 кг, P_2O_2 - 2,2 кг, K_2O – 4,7 кг; урожай (Тиунов А.Н., Глухих К.А., Хорькова О.А., 1969).

Урожайность зерновых культур, являясь результатом сложного взаимодействия растений с условиями среды, определяется, в конечном итоге, соотношением двух величин – числа плодоносящих стеблей на единице площади и массы зерна с одного колоса. Таким образом, высокие урожаи зерна можно достичь при густоте продуктивного стеблестоя, специфической для соответствующего местообитания, высоких показателях

числа зерен в колосе и массы 1000 зерен. Каждая из этих величин зависит от ряда других элементов структуры урожая. Густота плодоносящего стеблестоя определяется нормой высева и полевой всхожестью, густотой всходов, выживаемостью растений и продуктивной кустистостью. Масса зерна с одного колоса зависит от его озерненности и массы 1000 зерен. Элементы структуры урожая в свою очередь зависят от сложного комплекса биологических, агротехнических, почвенных и метеорологических условий (Зиганшин А.А., Шарифуллин Л.Р., 1981).

По нормам высева и полевой всхожести семян отдельные части Нечерноземной зоны различаются между собой. Более высокая норма высева озимой ржи характерна для севера зоны (Стихин М.Ф., Денисов П.В., 1977).

В условиях Нечерноземья встречаются годы, когда почти одна треть высеянных всхожих семян не дает всходов. Это приводит к излишнему расходованию большого количества ценного зерна и отрицательно сказывается на урожайности.

На урожайность влияют агротехнические условия: качество основной и предпосевной обработки почвы, прикатывание, использование удобрений, предшественники, сроки и способы посева, глубина заделки семян, общая окультуренность и плодородие почв, состав и свойства почвы, метеорологические условия, качество посевного материала, а так же общий уровень культуры земледелия и агротехники (Мазурицкий А.М., 1983, Бахтизин Н.Р., Исмагилов Р.Р., 1991).

Одним из главных условий получения высоких урожаев зерновых культур, включая озимые, является применение минеральных и органических удобрений (Прянишников Д.Н., 1952, Мамченков И.П., 1956, Минеев В.Г., 1981, Агрономическая тетрадь..., 1986, Державин Л.М., 1992, Ефремов В.Ф., 2004, Сычев В.Г., 2009).

Проведенные исследования на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве стационара отдела земледелия Ивановского НИИСХ показали, что в условиях центральных областей на данных почвах достижение урожая

озимой ржи свыше 40 ц/га возможно только при применении агрохимикатов (Ненайденко Г.Н. и др., 1994).

Формирование урожаев сельскохозяйственных культур в наибольшей степени ограничивают дефицит азота и фосфора, находящихся в первом и во втором минимумах (Никитишен В.И., 2002, Окорков В.В., 2006, Никитишен В.И., Курганова Е.В., 2007, Иванов А.И. и др., 2008, Иванов А.И. и др., 2010). Это предопределяет проявление высокой эффективности азотного и фосфорного удобрений, положительное действие которых усиливается при их сбалансированном применении (Никитишен В.И., 1984, Никитишен В.И. и др., 2000, Никитишен В.И. и др., 2002).

Многочисленные результаты исследований отечественных и зарубежных ученых свидетельствуют о высокой эффективности азотных удобрений, вносимых под озимую рожь (Озимая рожь..., 1988).

По результатам опытов Географической сети, урожайность в зависимости от почвенно-климатических условий при внесении 40-60 кг/га действующего вещества азотных удобрений может колебаться в пределах 0,22-0,70 т/га (Программа и методика..., 1990).

По многочисленным данным была установлена наиболее эффективная доза азота под озимую рожь - 60 - 90 кг/га, увеличение дозы приводит к полеганию посевов, снижению качества зерна и урожая (Горчев А.А., 1975, Мадялец П., 1977, Куди В.А., 1981, Кулаковская Т.Н., Богдановская М.А., 1978, Ломако Е.И., Белков А.П., 1979, Бровкин В.И., Синягина Н.И., 1982).

Азотные удобрения улучшают развитие вегетативных органов и колосков, повышают энергию кущения, увеличивают урожай зерна и содержание белка в нем. В зерне озимой ржи содержится 2,2 % азота от общей массы, а в соломе – 0,45%. С каждым урожаем из почвы выносятся большое количество азотных соединений. По Д.Н. Прянишникову (1965), недостаток азота является главным ограничивающим фактором жизни растений.

Нормальное азотное питание озимых культур необходимо с первых этапов их развития. Уже в фазу 3-4 листочков дифференцируются ткани конуса нарастания. Если в это время растениям не обеспечить нормальное азотное питание, то в колосе образуется недостаточное количество колосков, что приводит к снижению урожая. Основная масса азота в почве находится в различных органических соединениях (Озимая рожь..., 1988).

При посеве озимых большую роль играют также предшественник и система обработки. В накоплении доступных форм азота в почве более эффективны чистые пары. Особенно мало содержится нитратного азота на парах, занятых поздноубираемыми культурами (картофелем), с бедными песчаными почвами, при недостатке влаги.

Фосфор оказывает большое и разностороннее влияние на жизнь растений. Он способствует развитию корневой системы, более быстрому росту в первый период жизни (Минеев В.Г., Лебедева Л.А., 1991).

Под влиянием фосфора повышается зимостойкость озимых, ускоряется созревание, увеличивается урожай и повышается его качество. Поэтому не случайно фосфорные удобрения обеспечивают прибавку урожая не только в условиях хорошей обеспеченности почвы влагой, но и при относительном ее недостатке.

Опыт показал, что молодые растения очень плохо усваивают фосфор из почвы и поэтому при отсутствии минеральных, легкодоступных фосфорных удобрений испытывают фосфорное голодание. Это отрицательно сказывается на всем последующем развитии растений. Потребность озимых в фосфоре удовлетворяется плохо, так как большинство почв в Нечерноземной зоне слабо окультурено и содержит незначительные запасы усвояемой фосфорной кислоты (Конончук В.В. и др., 2009).

Исследованиями Д.Н. Прянишникова, А.Н. Энгельгардта, А.Н. Лебеяднцева и многих других ученых установлена возможность эффективного использования фосфоритной муки в качестве основного фосфорного удобрения для озимой ржи на большинстве почв Нечерноземной

зоны. При компостировании фосфоритной муки с навозом повышается доступность ее растению и значительно сокращаются потери азота из навоза, появляется возможность использования фосфоритной муки круглый год.

Влияние фосфора на урожай озимых зависит от обеспеченности растений азотом. При размещении после бобовых, оставляющих определенное количество азота, озимые лучше отзываются на фосфорные удобрения, чем при посеве по другим предшественникам.

По исследованиям А.М. Саматова (1972) в Пермском сельскохозяйственном институте на дерново-подзолистых и тяжелосуглинистых почвах, внесение $N_{30}P_{120}K_{60}$ и $N_{30}P_{60}K_{120}$ обеспечивало перезимовку ржи на 85,6% и 83,8%, без удобрений – только на 66,6%.

Из опыта М.С. Савицкого и М.Е. Николаева (1974) видно, что удобрения повышали выживаемость растений за весенне-летний период (за 4 года погибло 11,6% растений озимой ржи без удобрений и 6% с внесением $N_{90}P_{120}K_{120}$).

На Красноуфимской станции УралНИИСХ на серой слабоподзолистой суглинистой почве в среднем за 4 года урожай зерна ржи повышался на 6,2 ц с 1 га (45%) при внесении суперфосфата в пару в дозе 4 ц на 1 га.

Многолетние исследования ВИУА на подзолистых почвах Нечерноземной зоны показали, что при внесении 50 кг (10 кг P_2O_5) гранулированного суперфосфата урожайность зерна озимых зерновых увеличилась на 2,8 ц с 1 га (15,6%) (Державин Л.М., 2012, Методическое руководство..., 2008).

Калий, также как азот и фосфор, является жизненно необходимым элементом питания растений, оказывающим на них разностороннее действие. Калий повышает устойчивость биокolloидов клетки и улучшает обмен веществ. Под влиянием калия усиливается синтез сахаров. Калий способствует также образованию белковых веществ. При нормальном калийном питании растительные клетки лучше удерживают воду, благодаря чему растения становятся более устойчивыми к засухе. Калий повышает

холодостойкость озимых культур и устойчивость к грибным и бактериальным заболеваниям, к полеганию.

Из калийных удобрений наиболее распространен хлористый калий, содержащий 57-60% K_2O . Калийные соли представляют собой смесь хлористого калия с сырыми калийными солями, содержание K_2O в которых от 30% до 40%. Наиболее эффективными являются бесхлорные формы – сульфат калия (сернокислый калий), содержащий 48-52% K_2O , и сульфат калия-магния (26-28% K_2O) (Муравин Э.А., Титова В.И., 2010).

Калийные удобрения легкорастворимы и поэтому сразу взаимодействуют с почвой. Большая часть калия поглощается обменно, но при обильных осадках калий постепенно вымывается из пахотного слоя.

Зерновые относятся к растениям, характеризующимся средними величинами выноса калия из почвы. В противоположность азоту и фосфору, калия всегда больше в вегетативных органах, чем в репродуктивных (семенах). Так, в растениях озимой ржи калия содержится в зерне 0,60%, в соломе – 1,0% к общей массе. Это позволяет при правильном накоплении и хранении навоза и полном использовании всех органических отходов возвращать в почву калий в большем количестве, чем азот и фосфор.

Валовое содержание в почве калия в 5-10 раз больше, чем азота и фосфора, но доступных форм калия часто недостаточно, и для получения высоких урожаев озимых в ряде случаев необходимо вносить в почву калийные удобрения. Больше всего недостаток калия растения испытывают на торфяниках, пойменных темноцветных почвах, а также на почвах легкого гранулометрического состава (песчаных и супесчаных) и с большим содержанием извести. Черноземные почвы меньше нуждаются в калийных удобрениях, чем почвы дерново-подзолистые (Методическое руководство..., 2008).

Действие калийных удобрений значительно возрастает при сочетании их с азотными, фосфорными и органическими удобрениями, поэтому наибольшие прибавки урожая озимых калийные удобрения обеспечивают

при одновременном внесении с этими удобрениями. Дозы калийных удобрений в зависимости от потребности в калии составляют 30-60 кг K_2O на 1 га, что соответствует 0,5-1 ц хлористого калия или 0,75-1,5 ц калийной соли на 1 га. Калийные удобрения вносят в виде основного удобрения под вспашку или перепашку пара (Симакин А.И., 1983).

Калий хорошо удерживается почвой, а хлор, содержащийся в калийных удобрениях, вредный для многих растений, вымывается из почвы. Калийные удобрения можно вносить и под неглубокую перепашку в чистых парах или после уборки парозанимающих культур совместно с другими удобрениями. На урожай озимых культур разные формы калийных удобрений влияют примерно одинаково. Хорошим калийным удобрением для озимой ржи является зола, которая, кроме калия, содержит много извести и фосфор. Зола по 3-6 ц на 1 га заделывают при вспашке или предпосевной обработке почвы. (Кореньков Д.А., 1990).

В ряде случаев отмечено снижение урожаев озимых. Это, возможно, связано с более высокой подвижностью азотных и калийных удобрений, чем фосфорных, что может привести к образованию повышенной концентрации почвенного раствора (на малобуферных почвах) в зоне размещения семян (Тиунов А.Н., 1969).

По результатам исследований БелНИИЗ, на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве действие одного калийного удобрения было меньше 10%, в сочетании с азотными удобрениями прибавка в урожае зерна ржи составила 5,4 ц с 1 га (31%), по известково-торфяно-воздушному компосту совместно с азотно-фосфорным удобрением прибавка в урожае ржи равнялась 8,2 ц с 1 га (47,5%) (Стихин М.Ф. и др., 1977).

Нарушение технологии применения минеральных удобрений может привести к повышению кислотности почвы, к подавлению полезных и усилению вредных микробиологических процессов в почве (Андре Гро, 1965, Милащенко Н.З., 1993, Еськов А.И., 2002, Шильников И.А., Аканова Н.И., 2004).

Вследствие антропогенного воздействия почва может утратить свои экологические функции, направленные на нейтрализацию дополнительной кислотности, обусловленную выпадающими атмосферными осадками (Effect..., 1989, Минеев В.Г., Гомонова Н.Ф., 1990). В опыте, проведенном на территории Учебно-опытного экологического центра МГУ в 1950 г., длительное применение физиологически кислых минеральных удобрений на дерново-подзолистой почве увеличивало ее кислотность, содержание подвижного алюминия (Минеев В.Г., Гомонова Н.Ф., Зенова Г.М., Скворцова И.Н., 1998).

По данным Географической сети опытов установлено, что внесение минеральных удобрений на дерново-подзолистых почвах снижало содержание гумуса на 20-34%, без применения удобрений – потери увеличивались (Любарская Л.С., 1974, Минеев В.Г., Ремпе Е.Х., 1990).

Кроме того, при внесении высоких доз удобрений возрастает масса сорняков, усиливается опасность полегания посевов, повышается степень пораженности растений болезнями и вредителями (Ладонин В.Ф., 1987, Жилиев А.М., 1989). В исследованиях А.В. Пасынкова и В.Ф. Ладонина (1996) эффективная доза азота на посевах зерновых находилась на уровне 90 кг/га д.в.

Важнейшей задачей научно обоснованных систем применения удобрений, наряду с получением качественной продукции, должно быть поддержание за ротацию севооборота бездефицитного баланса гумуса в почве (Лапа В.В. и др., 2002, Богдевич И.М. и др., 2002, Богдевич И.М., 2006, Лапа В.В., Босак В.Н., 2002, Лапа В.В., Босак В.Н., 2006, Murata T., Goh K.M., 1997). В этом отношении большое значение при выращивании озимой ржи в севообороте имеет использование навоза.

По данным И.П. Мамченкова (1972), в 1 т подстилочного смешанного навоза содержится 5 кг азота, 7,8 кг калия и 2,5 кг фосфора, наибольшая часть которых находится в легкоусвояемой для растений форме. Органические удобрения характеризуются как наиболее полные удобрения,

содержащие, кроме NPK, в своем составе значительное количество магния, кальция и других элементов.

Большое влияние оказывает навоз на урожайность озимых культур, выращиваемых в Нечерноземной зоне, особенно на легких почвах, бедных гумусом. На более гумусированных почвах влияние навоза проявляется за более длительное время (Прянишников Д.Н., 1965, Минеев В.Г., 1984, Six J. Conant R.T., Paul E.A., Paustian K., 2002, Loveland P., Webb J., 2003).

По данным А.Н. Тиунова (1969), действие навоза было высокоэффективным во всех районах Нечерноземной зоны, урожаи озимой ржи при этом увеличились в 1,5 - 2 раза. Например, прибавки от навоза в Белорусском научно-исследовательском институте земледелия составили – 11,7 ц с 1 га, в Ивановской области – 9,1, на Менделеевском опытном поле – 7,3 ц/га. По сводным данным ВИУА, при изучении влияния различных доз навоза выяснилось, что на почвах Нечерноземной зоны для хорошего развития озимых необходимо вносить 18 - 20 т навоза на 1 га. На песчаных почвах эффективность навоза заметно возрастает при увеличении дозы до 30 - 40 т/га.

При правильной обработке почвы и запашке навоза, он быстро минерализуется и уже к посеву озимых в почве накапливается значительное количество питательных веществ. Большие дозы навоза могут отрицательно отразиться на зимостойкости, устойчивости к полеганию озимой ржи в результате накопления большого количества нитратов в почве (Справочная книга..., 2001, Мерзлая Г.Е., Зябкина Г.А., Фомкина Т.П., 2006)

При совместном применении навоза и минеральных удобрений его дозу обычно снижают.

Навоз - не только источник питательных элементов и углекислоты, образующейся в процессе минерализации, но и главным фактором улучшения физико-химических и водно-физических свойств почвы (Ганжара Н.Ф., Васильев В.А., 1985, Байбеков Р.Ф. и др., 2010). При систематическом применении навоза улучшается структура почвы, повышается

поглощительная способность и буферность, биологическая активность и обеспеченность почвы элементами питания, обеспечивается бездефицитный баланс гумуса (Кононова М.М., 1963, Александрова Л.Н., 1980, Лыков А.М., 2002, Nutrient..., 1989).

Длительное применение навоза в умеренных дозах обеспечивает поддержание гумуса на исходном уровне, а повышенные дозы приводят к некоторому его увеличению. В ряде работ отмечается, что внесение навоза 8-10 т/га на суглинистых и 15-29 т/га на песчаных почвах Нечерноземной зоны создает бездефицитный баланс гумуса (Шевцова Л.К., Дробков Ю.А., 1980, Минеев В.Г., Гомонова Н.Ф., 1990). Целесообразным следует считать также рациональное, систематическое применение минеральных удобрений, которое повышает коэффициент гумификации органических остатков растений (Минеев В.Г., Гомонова Н.Ф. и др., 1998, Минеев В.Г., Гомонова И.Ф., Овчинникова М.Ф., 2004).

По данным отечественных и зарубежных исследований, при возделывании сельскохозяйственных культур эффективно совместное использование органических и минеральных удобрений (Прянишников Д.Н., 1965, Мамченков И.П., 1966, Когут Б.М., 1982, Panayotova J., 1998, Kostadinova S., Panayotova J., 2002, Adams N., 1990, Sallet J., 1982).

Навоз повышает урожайность возделываемых культур, создавая фон, на котором обеспечивается высокое действие минеральных удобрений (Иванов А.П., 1961).

Большое влияние навоз и минеральные удобрения оказывают на озимые культуры в годы, неблагоприятные для перезимовки. В опытах Агробиологической опытной станции МГУ на дерново-подзолистой слабокультуренной почве без внесения навоза при урожае 18,7 ц/га погибло 36% растений, а при внесении удобрений – погибших растений не было, и урожайность составила 29,7 ц с 1 га.

По данным ВНИИА (Милащенко Н.З., 1993), прямо пропорционально количеству применяемых органических удобрений увеличивается рН почвы.

Использование навоза в виде удобрения нейтрализует кислотность почвы, тогда как систематическое внесение физиологически кислых удобрений приводит к значительному изменению ППК почвы.

Результаты опытов Татарской республиканской агрохимлаборатории показали, что удобрения оказывают значительное влияние на урожай озимой ржи. Наибольший эффект получен от удобрений в дозах N60P60K60, когда прибавка составила 8,0 ц/га (Ломако Е.И., Гадиев К.Г., 1976).

В результате многолетнего опыта, проведенного В.Г.Бусоргиным (2011), было установлено, что применение удобрений в целом по опыту оказалось эффективным, обеспечивая прибавку 11-55% к контролю.

По данным Т.И. Ивановой (1999), на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве со средней обеспеченностью фосфором и калием главная роль в формировании урожая зерновых культур принадлежала азотным удобрениям. Повышение дозы азота от 0 до 90 кг/га увеличивало урожай зерна в среднем за 32 года с 18,3 до 28,5 ц/га, дальнейшее увеличение дозы азота до 225 кг/га привело к повышению урожая до 34,7 ц/га.

Неблагоприятные погодные условия и высокие дозы удобрений могут привести к полеганию посевов, тем самым снизить продуктивность озимой ржи.

В условиях Чувашской АССР на серых лесных тяжелосуглинистых почвах установлена тесная корреляция урожая зерна озимой ржи с количеством осадков, выпавших за вегетационный период ($r=0,62$), и наибольшая прибавка, равная 8,0 ц/га, которая была получена при внесении N90P90K60 (Стихин М.Ф., 1977).

В условиях ФРГ рекомендуется вносить до 140-170 кг/га азота (Froeschle K., 1971). При этом требуется разреженный посев, необходимы меры по укорачиванию стеблестоя и применение калийных удобрений. Внесение калия в дозе 80-160 кг/га д.в. независимо от содержания калия в почве повышало урожай озимой ржи до 35-40 ц/га при урожае без внесения калия 34,2-35,6 ц/га. По другим данным, наиболее эффективными дозами

азотных удобрений под рожь являются на тяжелых почвах 100-110 кг/га д.в., а на легких 80-95 кг/га д.в. (Мазурицкий А.М., 1983).

Удобрения оказывают влияние на содержание минерального азота в почве (Минеев В.Г., Шевцова Л.К., 1978, Милащенко Н.З. и др., 1993). В результате опытов установлено, что содержание минерального азота в почве при использовании минеральных удобрений выше, чем при внесении навоза.

Многочисленными исследованиями показано улучшение режима минерального азота во всех почвах под воздействием азотсодержащих удобрений (Гамзиков Г.П., 1981, Помазкина Л.В., 1985, Кудеяров В.И., 1989, Володина Т.И., Назарова О.В., Корякина А.И., 2008, Володина Т.И., Макарова А.И., 2010), но повышенные их дозы могут вызвать избыточное накопление нитратов в продукции, значительную их миграцию в почве и загрязнение окружающей среды (Агаев В.А. и др., 1989).

Не использованный растениями азот, как известно, претерпевает в почве ряд превращений: иммобилизуется почвой, улетучивается в атмосферу и вымывается в нижние горизонты почвенного профиля, а на склонах, кроме того, мигрирует с поверхностным и внутрипочвенным стоком талых и ливневых вод, что приводит к загрязнению окружающей среды (Кореньков Д.А., 1976, Гамзиков Г.П. и др., 1985, Емельянова В.И., 1985, Варюшкина Н.М., 1984, Кудеяров В.Н., 1989, Руделев Е.В., 1989, Кидин В.В. и др., 2009).

В целях повышения продуктивности посевов и сохранения экологического состояния агроценозов необходимо научно обоснованное применение органических и минеральных удобрений (Прянишников Д.Н., 1962, Мамченков И.П., 1963, Кулаковская Т.И., 1965, Васильев В.А., 1971, Жуков Ю.П., 1996, Адрианов С.Н., 2000, Кирюшин В.И., 2000, Никитишен В.И., 2002, Петрова Л.И., 2007, Анисимова Т.Ю., Кузина А.Ф., 2013, Anderson A., 1996, Fog K., 1988, Skarda M., 1985).

Исследованиями показано, что наибольший эффект от навоза и минеральных удобрений достигается при оптимизации их сочетаний и доз.

В условиях длительного полевого многофакторного опыта, проведенного на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в полевом севообороте в Смоленской области, установлены эффективные дозы удобрений, составляющие $N_{45}P_{45}K_{60}$ на фоне 15 т/га навоза ежегодно. При этом обеспечивалась максимальная прибавка урожая зерна озимой ржи (6 ц/га) и получение биологически полноценной продукции (Мерзлая Г.Е., Зябкина Г.А. и др., 1997).

В то же время в опыте, заложенном профессором Ю.П. Сиротиним в 1964 г., было показано, что совместное применение навоза и минеральных удобрений не имело преимущества над системой удобрения без навоза (Варламова Л.Д. и др., 2008). Однако в большинстве публикаций сообщается о положительных результатах использования органоминеральных систем удобрения.

В исследованиях Т.М. Серой и др. (2011) установлено, что на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве максимальную продуктивность севооборота обеспечила органоминеральная система удобрений. Прибавка урожая от 1 кг НРК, содержащегося в навозе, составляла 5,2-4,8 ц к.е., от 1 кг НРК минеральных удобрений – 6,6-7,7 ц к.е.

Урожайность зерна 71,7 ц/га в опыте 2005-2008 гг. в РУП «Экспериментальная база им. Суворова» в Минской области на дерново-подзолистой супесчаной почве сформировалась при внесении N_{90} на фоне $P_{40}K_{80}$ и последствии 40 т/га органических удобрений (Лапа В.В. и др., 2011).

Совместное применение органических и минеральных удобрений при оптимизации доз способствовало росту урожайности также на легких почвах Брянской области. В стационарном полевом опыте, заложенном в 1993 г. на Новозыбковской ГСОС ВНИИА, урожайность от внесения $N_{70}P_{30}K_{60}$ и последствии 40 т навоза составила 16,1 ц/га, тогда как на контроле – 7,0

ц/га, а при внесении минеральной системы удобрений $N_{70}P_{30}K_{60}$ – 15,3 ц/га (Белоус Н.М. и др., 2009).

На основании опытов Северо-Западного НИИСХ и опытных станций северо-западной зоны при возделывании озимых зерновых на дерново-подзолистых легкосуглинистых среднеокультуренных почвах рекомендуется под горохо-овсяную смесь (занятой пар) при планируемом урожае 180-200 ц/га вносить на 1 га до посева 5-6 т извести, 40 т торфонавозного компоста, $N_{30-40}P_{60}K_{60}$, при посеве - P_{10} .

В ОПХ Удмуртской республиканской государственной сельскохозяйственной опытной станции на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве пар был занят вико-овсяной смесью. Урожай озимой ржи 30 ц с 1 га получен при применении после уборки смеси под вспашку 25 т навоза на 1 га и под предпосевную культивацию – $P_{60}K_{60}$. Весной растения подкармливали азотными и фосфорными удобрениями – $N_{22}P_{22}$, летом проводили некорневую подкормку в период колошения в тех же дозах. Считается целесообразным в целях лучшего роста и развития ржи осенью перед посевом вносить азотные удобрения в небольших дозах (N_{30-40}) (Стихин М.Ф., 1977).

Под влиянием удобрений изменяется качество зерна. Содержание минеральных веществ в зерне озимой ржи, по данным учхоза БГАУ, на выщелоченном черноземе в среднем за 1993-1995 гг., составило без удобрений - P_2O_5 -0,50%, K_2O – 0,52%, CaO -0,07%, Mg -0,10%; при внесении РК расчетной нормой на 3,5 т/га (фон) - P_2O_5 -0,55%, K_2O – 0,54%, CaO -0,08%, Mg -0,10%; в варианте фон + N_{50} (весенняя подкормка)- P_2O_5 -0,13%, K_2O – 0,53%, CaO -0,08%, Mg -0,11%; фон + N_{50} (весенняя подкормка) + N_{20} (некорневая подкормка в фазе колошения) - P_2O_5 -0,51%, K_2O – 0,53%, CaO -0,08%, Mg -0,11% (Исмагилов Р.Р., 2001).

Следует учитывать, что азот непосредственно входит в состав белковой молекулы и имеет важное значение для образования белка в зерне. Его содержание в белке в среднем составляет примерно 17% (Минеев В.Г., 2004).

В полевом стационарном опыте, заложенном на опытном поле Вологодской ГМХА им. Верещагина на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве, под влиянием различных систем удобрения содержание сырого белка в зерне озимой ржи заметно возрастало (Толстоусов В.П., 1987). Максимальное количество белка в зерне озимой ржи получено в варианте опыта $N_{95}P_{45}K_{140}$, дальнейшее повышение дозы приводило к некоторому снижению содержания белка (Жуков Ю.П. и др., 1998, Жуков Ю.П., Чухина О.В., Куликова Е.И., Усова К.А., Токарева Н.В., 2011).

Накопление белка происходит в результате реутилизации азотистых веществ, накопленных в вегетативных органах до начала налива зерна и поглощения из почвы азота в период налива зерна. Также было показано, что даже при хорошем снабжении растений азотом до цветения накопленного в вегетативных органах азота недостаточно для получения зерна с высоким содержанием белка. Позднее внесение азота (в фазу колошения и позже) оказалось эффективным приемом повышения содержания белка в зерне.

По В.Д. Кобылянскому (1982) содержание белка в зерне увеличивается с уменьшением массы 1000 зерен.

Исследования Д.А. Коренькова (1973) показали, что увеличение белковости свыше 11 % ухудшает качество хлеба. В.П. Толстоусов (1987) установил, что внесение азотных удобрений в дозе N_{60-135} повышает содержание белка в зерне озимой ржи и сохраняет высокие хлебопекарные свойства.

У ржи установлена обратная зависимость между величиной урожая и белковостью зерна, что особенно заметно при недостаточном уровне азотного питания. Внесение азота в достаточном количестве повышает урожайность культуры и не снижает содержания белка. Вместе с тем, чрезмерное увеличение доз азота вызывает полегание ржи, вследствие чего падает урожайность (Созинов А.А., 1976).

Таким образом, обзор литературы показывает, что по вопросам удобрения озимой ржи проведено много научных исследований. Однако большинство материалов получено, как правило, в краткосрочных полевых опытах с малым набором доз и сочетаний минеральных и органических удобрений без учета их последствий на урожайность и качество зерна.

В связи с ограниченностью сведений по эффективности последствий длительного применения органических и минеральных удобрений в различных дозах и сочетаниях на урожайность и качество озимой ржи при возделывании на легких почвах в севообороте целесообразно проведение соответствующих исследований.

3. УСЛОВИЯ И МЕТОДЫ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1. Схема опыта

Опыт заложен в 1978 г. в поселке Олыша Смоленской области. Исследования проводились в 2009 - 2012 гг.

Схема опыта – сокращенная факториальная, представляет собой выборку 1/27 (6х6х6х6). Изучаются четыре фактора: навоз, азотные, фосфорные, калийные минеральные удобрения в шести дозах – 0,1,2,3,4,5.

Таблица 1. Схема опыта

0000	0030	0300	0330	3000	3030	3300	3330
0003	0033	0303	0333	3003	3033	3303	3333
1111	1141	1411	1441	4111	4141	4411	4441
1114	1144	1414	1444	4114	4144	4414	4444
2222	2252	2522	2552	5222	5222	5522	5552
2225	2255	2525	2555	5225	5255	5525	5555

Каждый вариант записан в виде четырехзначного числа, где первая цифра – количество азота, вторая – фосфора, третья – калия и четвертая – навоза. Факториальная схема, содержащая 16 вариантов опыта 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.): картофель – ячмень – озимая рожь – горохоовсяная смесь – озимая пшеница – ячмень – многолетние травы 1-го и 2-го годов пользования – озимая рожь – овес; во второй ротации (1990-1995 гг.) и в третьей ротации (1996-2001 гг.): картофель – ячмень – многолетние травы 1-го и 2-го годов пользования – озимая пшеница – овес; в четвертой ротации (2002 -2008 гг.) и пятой ротации (с 2009 г.): однолетние травы (овес на зеленый корм) – озимая рожь – ячмень – многолетние травы 1-го и 2-го годов пользования – яровая пшеница – овес.

Насыщенность севооборота зерновыми культурами составляла от 1-ой к 4-ой ротации: 54, 50, 50, 57%, в среднем – 53%; насыщенность многолетними травами – соответственно 18, 33, 33, 28%, в среднем – 27 %.

Навоз вносили в 1-ой ротации севооборота под картофель и озимую пшеницу, во 2-ой и 3-й ротациях – под картофель, в 4-й ротации - под озимую рожь. Навоз крупного рогатого скота с небольшим количеством подстилки – имел влажность 70% и содержал 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 опытов 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 Na_2CO_3 , P_2O_5 , K_2CO_3 . 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 делянки – 112 м² (7x16 м), учетная площадь делянки – 48 м² (4x12 м).

В наших исследованиях 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, в 2010 г. – 10 сентября. 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.

3.2. Характеристика почвы опытного участка

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

3.3. Методика исследований

Методика исследований включала в себя следующие анализы:

Агрохимический анализ почвы в слое 0-20см перед закладкой опыта проводился с определением следующих показателей:

- рН солевой вытяжки – потенциометрическим методом;
- гумус по Тюрину в модификации ЦИНАО;
- подвижный фосфор и калий по Кирсанову А.Г. (ЦИНАО), фосфор на ФЭК-КФК-3, калий – на пламенном фотометре;
- содержание нитратного азота в почве – ионометрическим методом

Агрометеорологические показатели приведены по данным метеостанции г. Смоленска.

Расчет гидротермического коэффициента (ГТК) осуществлялся по Селянинову.

Учет урожайности проводился сплошным методом.

Агрохимические анализы растительных образцов были проведены по следующим методикам:

- общий азот по Кьельдалю по ГОСТ 134964-93;
- фосфор по Дениже - ГОСТ 26657-97;
- калий на пламенном фотометре по ГОСТ 30504-97;

Масса 1000 зерен определялась по ГОСТ 10842-89

. Натура зерна - по ГОСТ 10840-64

Статистическая обработка данных, корреляционный и регрессионный анализ – по Б.А. Доспехову (1985) и В.Н. Перегудову (1978).

Энергетическая оценка – по методике Г.Л. Булаткина (1983).

Экономическая эффективность - в соответствии с Рекомендациями по Составлению проекта на применение удобрений (Державин Л.М., 2001 г.).

3.4. Агрометеорологические условия в годы проведения исследований

Климат Смоленской области умеренно континентальный. Средняя температура января – 9°С, июля +17°С. Среднегодовая температура воздуха 4,6-4,8°С. Для большей части области различия невелики, лишь южные районы имеют более высокую температуру (примерно на 1°С). Область относится к избыточно увлажняемым территориям, осадков от 620 до 730 мм в год. Среднегодовое количество дней с осадками от 170 до 190. Вегетационный период длится 129-143 дня. Период с положительной среднесуточной температурой продолжается 213-224 дня. Средняя продолжительность безморозного периода 125-148 дней.

Частая переменчивость погоды, продолжительные дожди летом и осенью, ранние осенние заморозки, возврат холод весной – отрицательные особенности климата области (Агроклиматические ресурсы Смоленской области, 1970).

Для области характерна значительная изменчивость циркуляции атмосферы в течение года, что приводит к весьма заметным отклонениям температуры и осадков от средних многолетних. Средняя сумма осадков

составляет 586-669 мм. Распределение осадков в течение года также неравномерно – наибольшее количество их выпадает летом (225-250 мм). Запас продуктивной влаги в слое 0-100 см к началу вегетации – 133 мм. Гидротермический коэффициент (ГТК) варьирует от 1,5 до 1,77.

Устойчивый снежный покров наблюдается в конце ноября - начале декабря и разрушается в начале апреля. Полный сход снега происходит во второй декаде апреля. Высота снежного покрова – 30-35 см. Запас воды в виде снега составляет 78-80 мм.

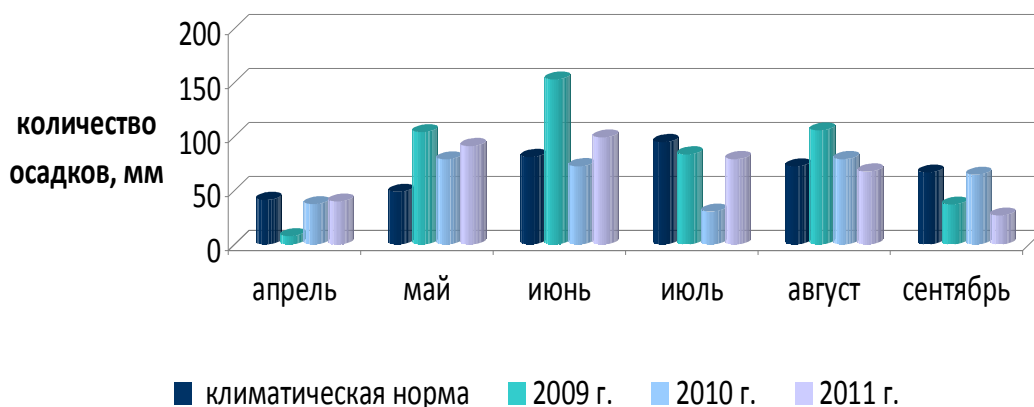


Рис.1. Сумма осадков в годы проведения исследований

Сумма осадков колебалась по годам исследований. В июне наблюдалось снижение количества осадков в 2010 г., еще большее понижение количества осадков произошло в июле во все годы. В августе в годы возделывания озимой ржи выпавшие осадки были на уровне среднемноголетнего значения, а в сентябре сумма осадков снизилась, особенно в 2011 г. (рис.1).

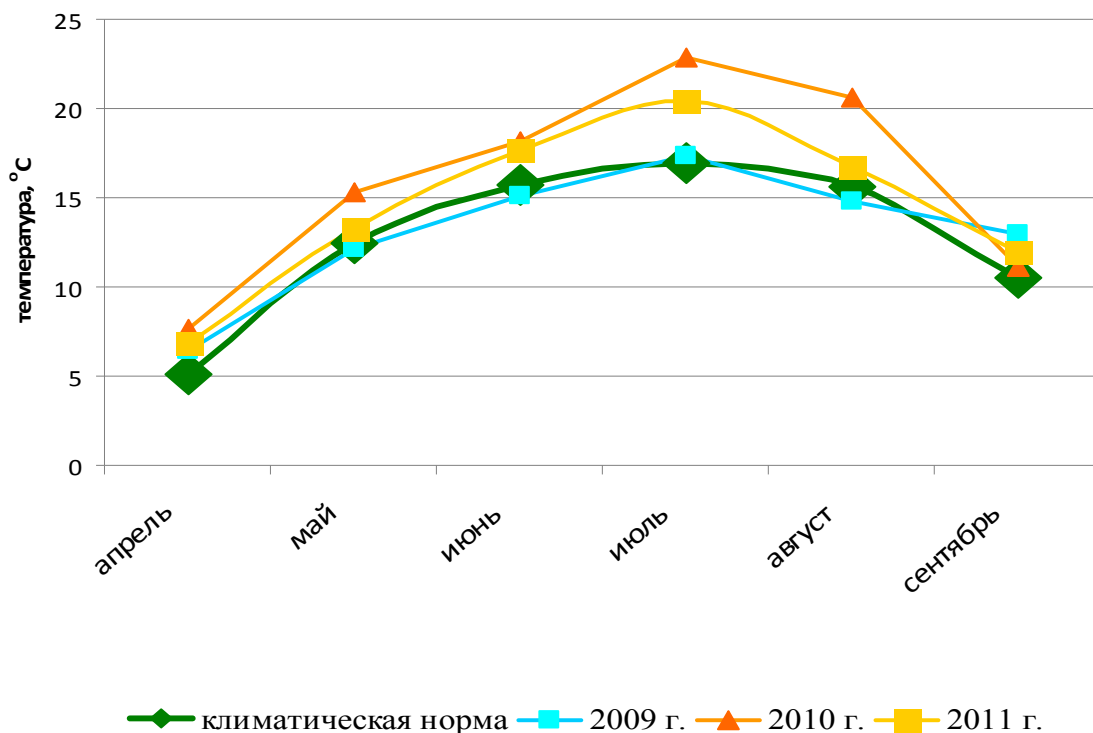


Рис.2. Среднемесячная температура в годы проведения исследований

В 2009 г. при возделывании овса на зеленую массу температура воздуха практически не отличалась от среднемноголетних значений (рис.2). В 2010 г. и 2011 г. температура воздуха была значительно выше среднемноголетней в июле и августе. Резкое повышение температуры воздуха в июле 2010 г. негативно сказалось на посеве овса (поле 2) и привело к массовой гибели растений.

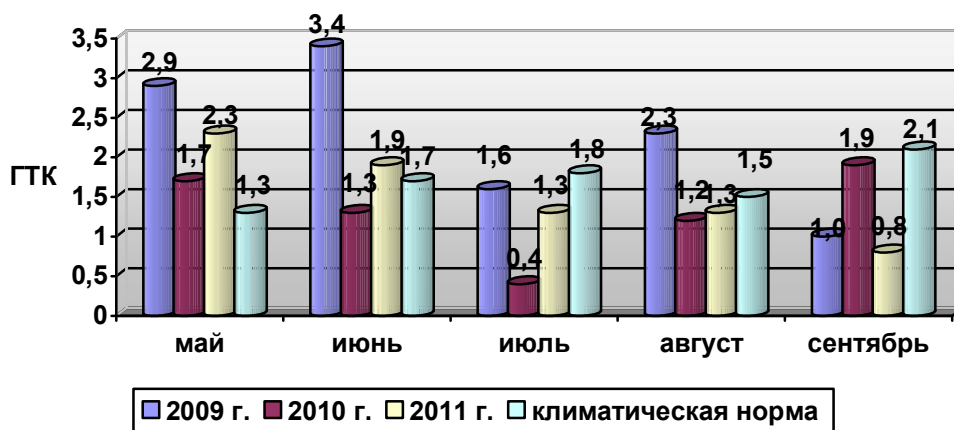


Рис. 3. Гидротермический коэффициент в годы проведения исследований

Значительное понижение ГТК произошло в июле 2010 года (табл. 1 Приложения) Отмеченная в этот период засуха не смогла существенно повлиять на урожай зерна озимой ржи, но в то же время не позволила сформировать урожай зеленой массы овса.

4. ВЛИЯНИЕ ПОСЛЕДЕЙСТВИЯ РАЗЛИЧНЫХ ДОЗ И СОЧЕТАНИЙ ОРГАНИЧЕСКИХ И МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ЗВЕНА СЕВООБОРОТА: ОДНОЛЕТНИЕ ТРАВЫ – ОЗИМАЯ РОЖЬ

Исследования продуктивности сельскохозяйственных культур в полевом опыте при различном уровне последействия удобрений проводились в пятой ротации зернотравяного севооборота: 1. однолетние травы (овес на зеленую массу), 2. озимая рожь, 3. ячмень, 4-5. многолетние травы первого и второго годов пользования, 6. яровая пшеница, 7. овес – в 2009 - 2010 гг. на первом поле. Ранее, в течение 30 лет опыта за все 4 ротации севооборота органические и минеральные удобрения применяли систематически. Как уже указывалось в разделе 3.1. среднегодовая единичная доза навоза составляла 3,2 т/га, единичные ежегодные дозы N, P₂O и K₂O составляли по 25,5 кг/га. В пятой ротации изучалось последействие навоза и минеральных удобрений при поддерживающей азотной подкормке в дозе N45 под озимую рожь, которая вносилась фоном.

Результаты исследований за 2009-2010 гг. 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) (табл. 2). Прибавка к контролю при этом достигала 52%.

Таблица 2. Продуктивность звена севооборота: однолетние травы – озимая рожь

Варианты опыта	Продуктивность сельскохозяйственных культур, ц з.е./га		Продуктивность звена, ц з.е./га	Прибавка	
	овес на зеленую массу, 2009 г.	озимая рожь (зерно), 2010 г.		ц з.е./га	%
0000	18,5	30,5	24,5	-	-
3000	25,7	36,3	31,0	6,5	26,5
0300	25,8	34,4	30,1	5,6	22,9
0030	18,5	37,1	27,8	3,3	13,5
3300	28,1	30,8	29,5	5,0	20,2
3030	25,7	34,3	30,0	5,5	22,4
0330	22,2	43,1	32,7	8,2	33,3
3330	24,5	40,5	32,5	8,0	32,7
0003	18,5	38,4	28,5	4,0	16,1
3003	25,7	48,8	37,3	12,8	52,0
0303	25,8	33,8	29,8	5,3	21,6
0033	22,4	35,1	28,8	4,3	17,3
3303	28,1	44,2	36,2	11,7	47,6
3033	29,6	32,5	31,1	6,6	26,7
0333	26,2	42,7	34,5	10,0	40,6
3333	28,5	40,1	34,3	9,8	40,0
1111	25,4	38,2	31,8	7,3	29,8
4111	27,8	39,8	33,8	9,3	38,0
1411	26,8	36,6	31,7	7,2	29,4
1141	25,5	41,1	33,3	8,8	35,9
4411	27,6	38,2	32,9	8,4	34,3
4141	28	38,5	33,3	8,8	35,7

1441	25,7	43,6	34,7	10,2	41,4
4441	26,6	41,0	33,8	9,3	38,0
1114	26,7	40,0	33,4	8,9	36,1
4114	29,2	41,6	35,4	10,9	44,5
1414	28,1	38,8	33,5	9,0	36,5
1144	28,1	39,5	33,8	9,3	38,0
4414	29,0	40,5	34,8	10,3	41,8
4144	30,6	36,9	33,8	9,3	37,8
1444	28,3	42,7	35,5	11,0	44,9
4444	29,2	39,9	34,6	10,1	41,0
2222	27,3	39,7	33,5	9,0	36,7
5222	28,8	39,5	34,2	9,7	39,4
2522	27,5	38,9	33,2	8,7	35,5
2252	27,5	42,1	34,8	10,3	42,0
5522	27,9	38,7	33,3	8,8	35,9
5252	29,0	38,9	34,0	9,5	38,6
2552	26,9	43,8	35,4	10,9	44,3
5552	27,9	40,8	34,4	9,8	40,2
2225	28,8	40,1	34,5	10,0	40,6
5225	30,4	40,1	35,3	10,8	43,9
2525	29,0	39,6	34,3	9,8	40,0
2255	29,9	40,2	35,1	10,6	43,1
5525	29,4	39,4	34,4	9,9	40,4
5255	31,4	37,2	34,3	9,8	40,0
2555	29,3	42,6	36,0	11,5	46,7
5555	29,7	39,6	34,7	10,2	41,4
HCP ₀₅	3,4	2,4	1,6		

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.4.).

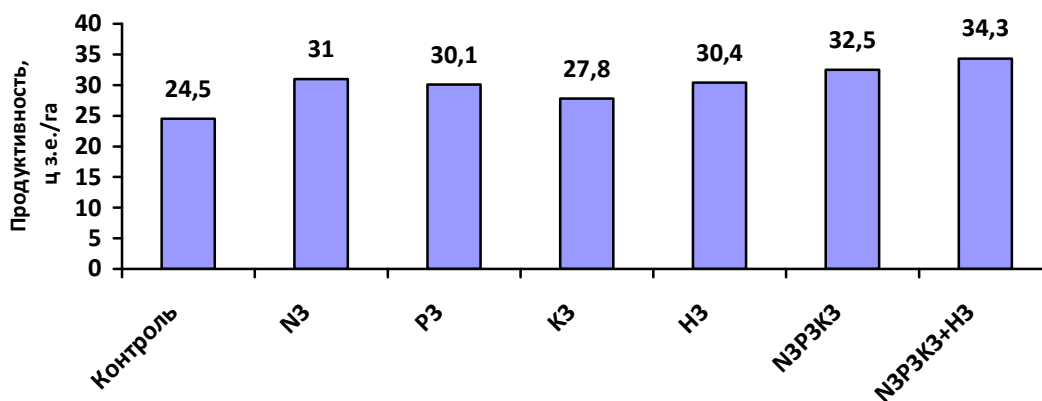


Рис. 4. Продуктивность звена севооборота однолетние травы – озимая рожь в зависимости от последействия органических и минеральных удобрений

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 выше контроля (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.

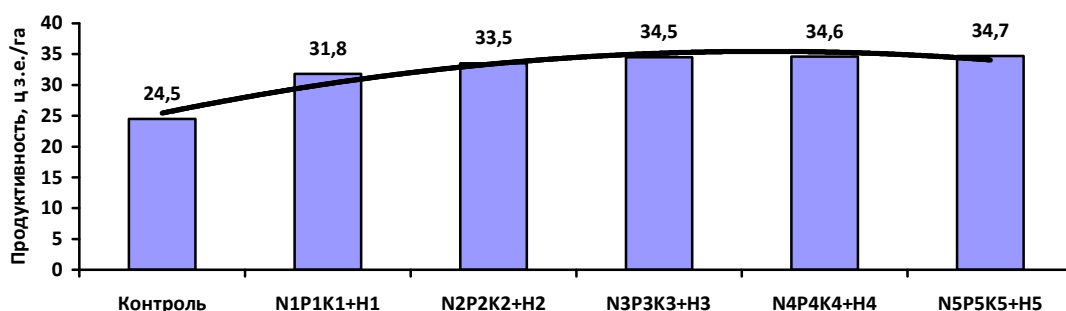


Рис. 5. Продуктивность звена севооборота: однолетние травы – озимая рожь в зависимости от последействия возрастающих доз удобрений в вариантах органоминеральных систем

При использовании органоминеральных систем в возрастающих дозах 1111, 2222, 3333, 4444, 5555 продуктивность звена севооборота соответственно составляла 31,8; 33,5; 34,5; 34,6; 34,7 ц з.е./га., т.е. тенденция роста продуктивности наблюдалась в основном от единичных до трехкратных доз (рис. 5). Органоминеральное 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 с внесением 2-кратных доз органических и минеральных удобрений.

5. 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 3 следует, что, несмотря на неблагоприятные метеорологические условия в годы исследований, особенно в 2010 г., озимая рожь сорта Татьяна хорошо перенесла 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.

Таблица 3. Урожайность зерна озимой ржи в зависимости от последействия внесенных удобрений, в среднем по 2 полям

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

4414	40,5	28,1	34,3	6,1	21,6
4144	36,9	33,9	35,4	7,2	25,5
1444	42,7	28,3	35,5	7,3	25,9
4444	39,9	28,3	34,1	5,9	20,9
2222	39,7	29,5	34,6	6,4	22,7
5222	39,5	29,5	34,5	6,3	22,3
2522	38,9	32,1	35,5	7,3	25,9
2252	42,1	33,1	37,6	9,4	33,3
5522	38,7	32,1	35,4	7,2	25,5
5252	38,9	33,1	36,0	7,8	27,7
2552	43,8	33,0	38,4	10,2	36,2
5552	40,8	33,0	36,9	8,7	30,9
2225	40,1	27,7	33,9	5,7	20,2
5225	40,1	27,7	33,9	5,7	20,2
2525	39,6	26,6	33,1	4,9	17,4
2255	40,2	31,4	35,8	7,6	27,0
5525	39,4	26,6	33,0	4,8	17,0
5255	37,2	31,4	34,3	6,1	21,6
2555	42,6	27,4	35,0	6,8	24,1
5555	39,6	27,4	33,5	5,3	18,8
НСП 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.3).

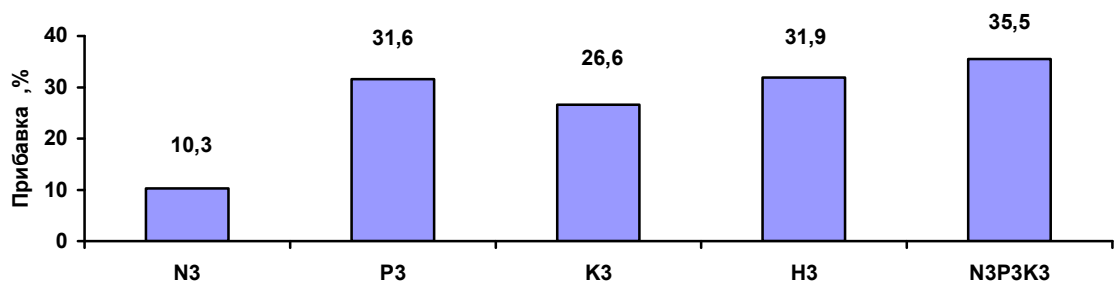


Рис. 6. Прибавки урожая озимой ржи в среднем по двум полям в зависимости от варианта последствия удобрений

Эффективным было применение и полного минерального удобрения, которое дало прибавку по отношению к контролю 10,0 ц/га, или 35,5% (рис. 6). 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 (Мерзлая Г.Е. и др., 2012) 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 вариантах навоза и минеральных удобрений с возрастающими дозами показал, что органоминеральные системы в двукратных и трехкратных дозах (2222, 3333) обеспечивали урожайность культуры в среднем по двум полям 34,6 ц/га, что на 22,7 % превышало контроль (рис.7).

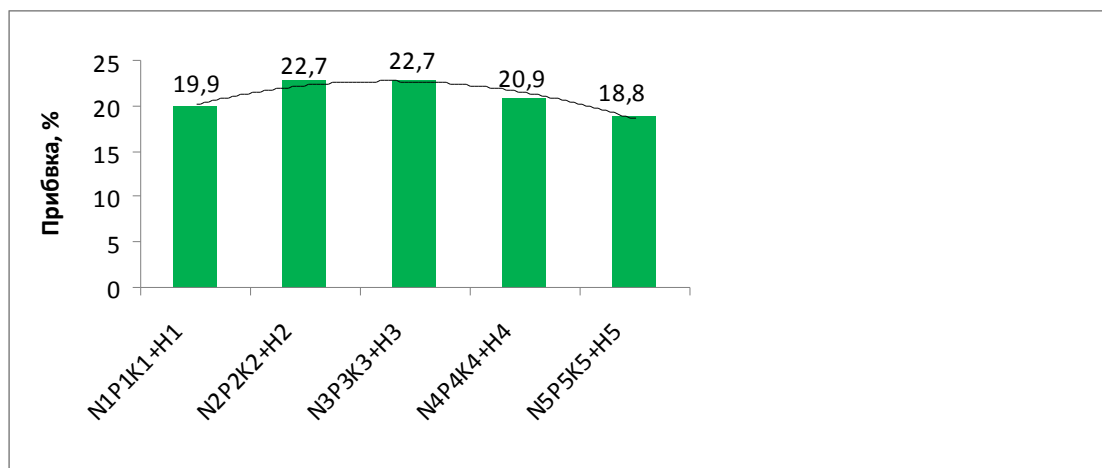


Рис. 7. Влияние последействия возрастающих доз удобрений в органоминеральных системах на урожайность озимой ржи (в среднем по двум полям)

Высокие 4-5 - кратные дозы навоза и минеральных удобрений снижали урожайность озимой ржи (рис. 7), 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:

$$2010 \text{ г.} - Y = 34,78 + 7,42N^{0,5} - 0,28H + 0,36P^{0,5}, R=0,75 \quad (1)$$

$$2011 \text{ г.} - Y = 25,92 + 4,63P + 2,8K + 5,78H^{0,5} - 4,11(PK)^{0,5} - 5,61(PH)^{0,5}, R=0,67 \quad (2)$$

В среднем по двум полям:

$$Y = 28,3 - 2,96N^{0,5} + 1,28P + 2,46K + 5,18H^{0,5} - 2,15(NK)^{0,5} - 2,56(PH)^{0,5} - 1,64(KH)^{0,5}, \\ R = 0,70 \quad (3)$$

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

Уравнения регрессии показывают, что на урожайность озимой ржи в 2010 году оказывали влияние в последействии навоз и фосфорные удобрения, в 2011 году – навоз, фосфорные и калийные удобрения.

Согласно расчетным данным, установлена четкая зависимость роста урожайности озимой ржи от возрастающих доз удобрений в последействии навоза (рис. 8), фосфора (рис. 9) и калия (рис. 10).

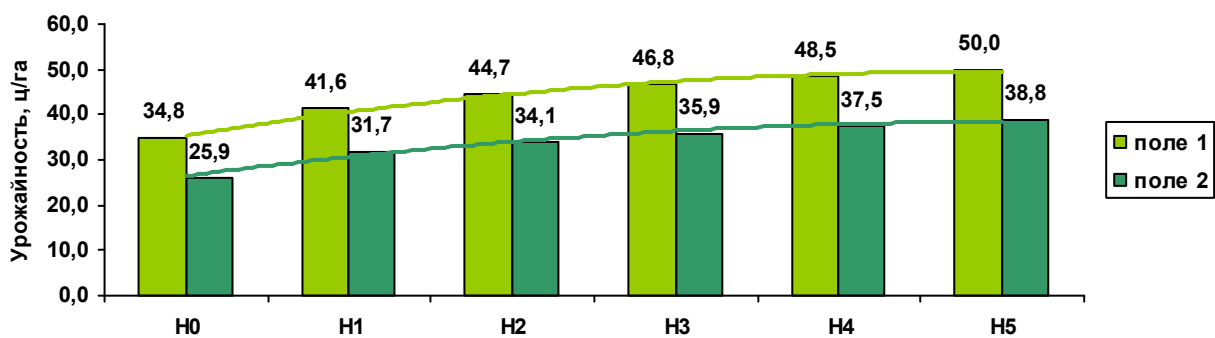


Рис. 8. Урожайность озимой ржи в зависимости от последействия возрастающих доз органических удобрений

Возрастающие дозы навоза оказывали влияние на последовательное увеличение урожайности озимой ржи, как по первому, так и по второму полю. Урожайность зерна была максимальной в варианте внесения пятикратных доз навоза.

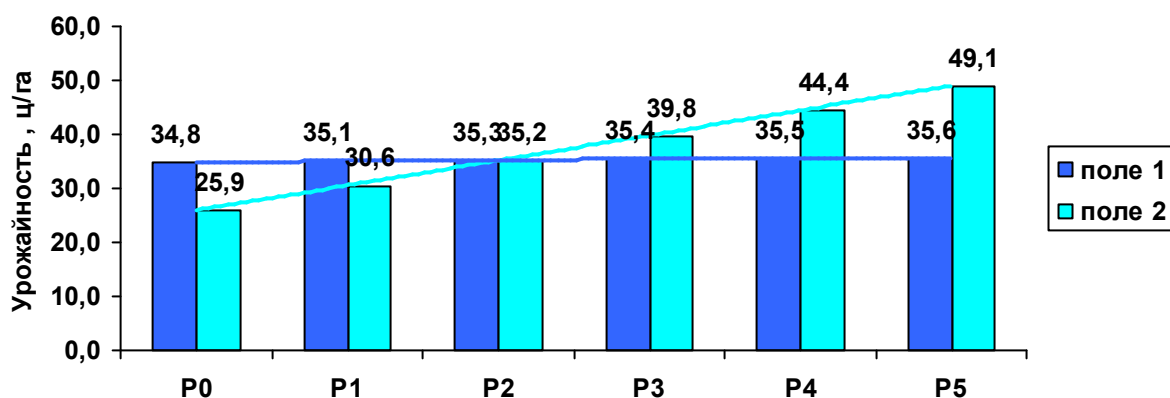


Рис. 9. Урожайность озимой ржи в зависимости от последействия возрастающих доз фосфорных удобрений

Рост урожайности зерна озимой ржи от возрастающих доз фосфорных удобрений отчетливо проявился на 2 поле (2011 г.), когда она повышалась с 30,6 ц/га при однократной дозе фосфора до 49,1 ц/га в варианте 5-кратных доз.



Рис. 10. Урожайность озимой ржи на 2 поле в зависимости от последействия возрастающих доз калийных удобрений

Аналогичная зависимость урожайности зерна озимой ржи в 2011 г. наблюдалась и в возрастающих дозах калийных удобрений. С ростом доз калия от единичной до 5-кратной урожайность зерна повышалась с 28,7 до 39,9 ц/га.

Данные урожайности озимой ржи, полученные в пятой ротации севооборота, при сравнении с урожайностью культуры в первой ротации после предшественника многолетние травы показывает, примерно, те же зависимости от удобрений, применяемых как в последействии, так и в действии (Мерзлая Г.Е., Зябкина Г.А., Панкратенкова И.В., 1997), о чем свидетельствует ниже приведенное уравнение регрессии в среднем по двум полям в первой ротации севооборота:

$$Y = 29,72 + 9,51N^{0,5} - 3,53N + 0,53P + 0,53H + 1,03(NK)^{0,5}; R = 0,90 \quad (4)$$

Характерно, что уровень урожайности зерна озимой ржи на контроле в том и другом случае был практически идентичным, составляя в первой и пятой ротации соответственно 29,7 и 29,5 ц/га.

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. Ежегодное внесение подстилочного навоза крупного рогатого скота в 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 последствии по влиянию на урожайность ржи имели преимущество перед навозом, а азотные, фосфорные и полное минеральное удобрение уступают навозу.

Органоминеральные системы удобрения в последствии 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 без применения удобрений.

При сравнении последствия (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 - 35,5 % - как в действии, так и в последствии. В вариантах органоминеральной системы прибавки урожая колебались от 23,4 до 39,2 % 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 (табл. 3 Приложения).

Определение окупаемости удобрений в последствии показало, что она колебалась от 0,9 до 12,4 кг в зависимости от варианта.

Таблица 4. Окупаемость 1 кг NPK удобрений в последствии прибавкой урожая зерна озимой ржи по вариантам опыта, в среднем по двум полям

Вариант опыта	Урожайность, ц/га	Прибавка, ц/га	Внесено NPK с удобрениями в среднем за 32 года, кг д.в./га	Окупаемость 1 кг NPK удобрений зерном, кг	Вариант опыта	Урожайность, ц/га	Прибавка, ц/га	Внесено NPK с удобрениями в среднем за 32 года, кг д.в./га	Окупаемость 1 кг NPK удобрений зерном, кг
0000	28,2	-	-		1114	34,8	6,6	228,5	2,7

3000	31,1	2,9	71,7	4,0	4114	35,6	7,4	300,2	2,3
0300	37,1	8,9	71,7	12,4	1414	33,5	5,3	300,2	1,7
0030	35,7	7,5	71,7	10,5	1144	36,7	8,5	300,2	2,7
3300	35,3	7,1	143,4	4,9	4414	34,3	6,1	371,9	1,5
3030	34,3	6,1	143,4	4,3	4144	35,4	7,2	371,9	1,8
0330	39,5	11,3	143,4	7,9	1444	35,5	7,3	371,9	1,8
3330	38,2	10,0	215,2	4,6	4444	34,1	5,9	443,6	1,2
0003	37,2	9,0	117,6	7,7	2222	34,6	6,4	221,8	2,7
3003	42,4	14,2	189,3	7,5	5222	34,5	6,3	293,5	2,0
0303	33,4	5,2	189,3	2,7	2522	35,5	7,3	293,5	2,3
0033	39,7	11,5	189,3	6,1	2252	37,6	9,4	293,5	3,0
3303	38,6	10,4	261,0	4,0	5522	35,4	7,2	365,3	1,8
3033	38,4	10,2	261,0	3,9	5252	36,0	7,8	365,3	2,0
0333	35,9	7,7	261,0	3,0	2552	38,4	10,2	365,3	2,6
3333	34,6	6,4	332,7	1,9	5552	36,9	8,7	437,0	1,9
1111	33,8	5,6	110,9	5,0	2225	33,9	5,7	339,4	1,6
4111	34,6	6,4	182,6	3,5	5225	33,9	5,7	411,1	1,3
1411	35,1	6,9	182,6	3,8	2525	33,1	4,9	411,1	1,1
1141	37,4	9,2	182,6	5,0	2255	35,8	7,6	411,1	1,7
4411	35,9	7,7	254,3	3,0	5525	33,0	4,8	482,8	0,9
4141	36,1	7,9	254,3	3,1	5255	34,3	6,1	482,8	1,2
1441	38,7	10,5	254,3	4,1	2555	35,0	6,8	482,8	1,3
4441	37,4	9,2	326,1	2,8	5555	33,5	5,3	554,5	0,9

Окупаемость 1 кг NPK в варианте минеральной системы удобрений (3330) составила 4,6 кг, при использовании органической системы повышалась до 7,7 кг. В варианте органоминеральных систем в зависимости от возрастающих доз окупаемость снижалась от 5,0 кг в варианте однократных доз до 0,9 кг при максимальных, 5- кратных дозах удобрений (табл. 4).

6. КАЧЕСТВО ОЗИМОЙ РЖИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПОСЛЕДЕЙСТВИЯ ДОЗ И СОЧЕТАНИЙ ОРГАНИЧЕСКИХ И МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

6.1. Масса 1000 зерен и натура зерна озимой ржи

Масса 1000 зерен озимой ржи является важным показателем ее качества. Зависимость этого показателя от различных доз и сочетаний органических, азотных, фосфорных и калийных удобрений в последствии можно видеть из данных, полученных при возделывании озимой ржи в двух полях опыта в пятой ротации зернотравяного севооборота (табл. 5).

В контрольном варианте масса 1000 зерен в зависимости от года опыта 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.

Таблица 5. Масса 1000 зерен озимой ржи в зависимости от последствия доз и сочетаний органических и минеральных удобрений (в г)

Вариант опыта	Поле 1	Поле 2	В среднем за 2010-2011 гг.	Вариант опыта	Поле 1	Поле 2	В среднем за 2010-2011 гг.
0000	27,80	25,99	26,90	1114	26,99	28,27	27,63
0030	27,61	32,04	29,83	1144	28,73	26,40	27,57
0300	28,37	26,3	27,34	1414	28,64	23,89	26,27
0330	29,22	28,49	28,86	1444	27,02	27,71	27,37
3000	27,47	26,36	26,92	4114	28,42	20,62	24,52

3030	29,09	28,32	28,71	4144	29,81	27,46	28,64
3300	27,84	29,97	28,91	4414	29,79	24,95	27,37
3330	28,88	26,25	27,57	4444	30,86	24,76	27,81
0003	27,84	29,05	28,45	2222	28,82	25,14	26,98
0033	27,30	31,60	29,45	2252	28,02	26,00	27,01
0303	27,51	24,86	26,19	2522	27,30	26,15	26,73
0333	27,80	30,63	29,22	2552	28,76	24,30	26,53
3003	27,72	24,17	25,95	5222	30,15	23,79	26,97
3033	28,40	31,73	30,07	5252	30,32	26,05	28,19
3303	27,79	28,21	28,00	5522	28,20	27,15	27,68
3333	28,72	28,19	28,46	5552	27,92	24,21	26,07
1111	28,16	27,20	27,68	2225	28,41	26,72	27,57
1141	30,86	28,05	29,46	2255	27,66	25,21	26,44
1411	28,57	28,31	28,44	2525	30,16	24,78	27,47
1441	28,15	24,30	26,23	2555	28,23	27,31	27,77
4111	28,42	25,34	26,88	5225	28,78	28,30	28,54
4141	29,01	26,20	27,61	5255	30,97	22,60	26,79
4411	29,25	24,80	27,03	5525	28,43	28,20	28,32
4441	28,24	26,49	27,37	5555	31,36	25,10	28,23

В результате регрессионного анализа для показателя массы 1000 зерен были получены следующие уравнения регрессии:

поле 1 - $Y = 27,81 + 0,38 (NK)^{0,5}$, $R = 0,57$, (5)

поле 2 - $Y = 26,57 + 2,56(K)^{0,5} - 0,9(NK)^{0,5} - 0,78(PK)^{0,5}$, $R = 0,6$, (6)

где Y-масса 1000 зерен, N, P, K – доза внесения азотных, фосфорных и калийных удобрений.

Согласно уравнениям, масса 1000 зерен зависела в определенной мере от азотно-калийных удобрений на 1 поле (2010 г.) и от калийных удобрений на 2 поле (2011 г.)

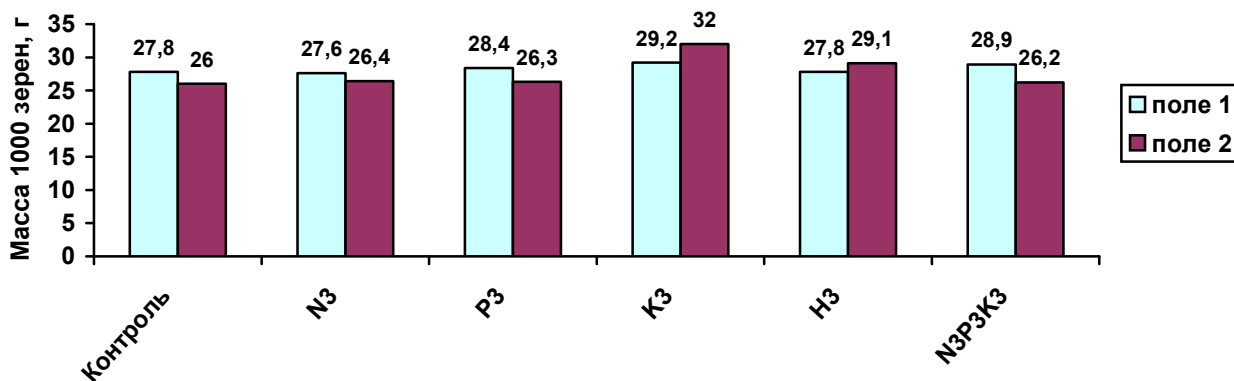


Рис. 11. Масса 1000 зерен в зависимости от варианта последействия удобрений

Вследствие более благоприятных агрометеорологических условий в год посева, а также при хорошей перезимовке растений масса 1000 зерен озимой ржи в 2010 г. была, как правило, несколько выше, чем в 2011 г. Внесение калийных удобрений в тройной дозе в 2011 году обеспечило максимальную величину данного показателя – 32,0 г. Использование навоза практически не изменяло массы 1000 зерен в сравнении с контролем.

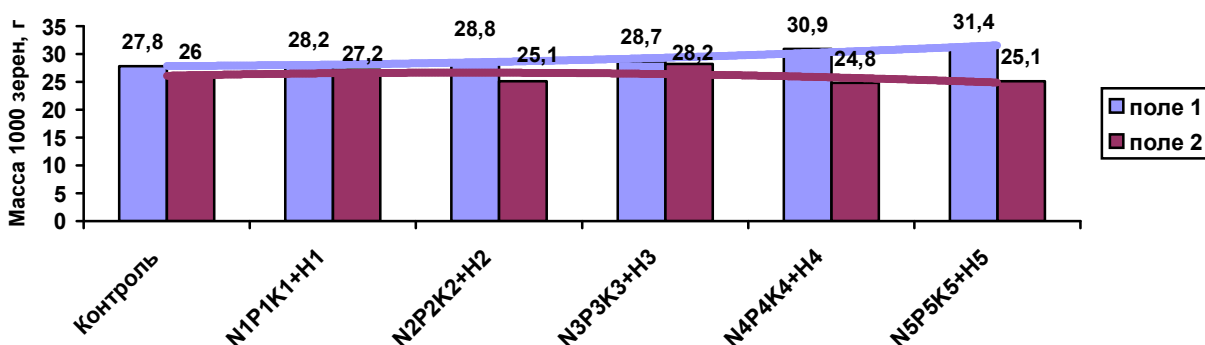


Рис. 12. Масса 1000 зерен озимой ржи в зависимости от последействия возрастающих доз удобрений в органоминеральных системах

При применении возрастающих доз удобрений в органоминеральных системах наибольший эффект увеличения массы 1000 зерен ржи на 1 поле (2010 г.) был достигнут в варианте с пятикратными дозами (5555), а на 2 поле

(2011 г.) – в варианте с трехкратными дозами (3333) (рис.12). В 2011 году масса 1000 зерен с увеличением доз удобрений от 3-кратных до 4- и 5-кратных снижалась с 28,2 г. до 25,1 г. Применение удобрений в единичных дозах (1111) обеспечило рост массы 1000 зерен в сравнении с контролем в 2010 г. и 2011 г. с 27,8 до 28,2 г. и с 26,0 до 27,2 г соответственно.

Проведение корреляционного анализа показало слабую зависимость массы 1000 зерен с урожайностью в оба года исследований. Коэффициент корреляции (r) в 2010 году равнялся 0,4, а в 2011 году – 0,3.

Одним из показателей качества зерна считается натура. Зерно с высокой натурой характеризуется как хорошо развитое, содержащее больше эндосперма и меньше оболочек.

Данные определения натуре зерна озимой ржи в зависимости от последствий органических и минеральных удобрений приведены в таблице 6.

Таблица 6. Натура зерна в зависимости от последствий органических и минеральных удобрений, в среднем по двум полям (2010-2011 гг.)

Вариант опыта	Натура зерна, г/л	Вариант опыта	Натура зерна, г/л	Вариант опыта	Натура зерна, г/л
0000	741,1	1111	728,6	2222	743,9
3000	715,2	4111	746,3	5222	674,0
0300	734,5	1411	737,9	2522	739,5
0030	745,7	1141	748,5	2252	741,0
3300	732,7	4411	757,7	5522	731,4
3030	746,0	4141	746,0	5252	735,7
0330	750,5	1441	754,4	2552	735,7
3330	740,0	4441	745,5	5552	724,2
0003	754,2	1114	735,8	2225	734,6
3003	741,6	4114	717,2	5225	743,6
0303	725,3	1414	724,3	2525	731,2
0033	739,2	1144	729,4	2255	717,5
3303	724,7	4414	756,0	5525	729,3
3033	758,8	4144	737,8	5255	728,7
0333	747,4	1444	752,2	2555	744,3
3333	744,3	4444	751,8	5555	732,2

Наименьший показатель натурности зерна озимой ржи был отмечен в варианте опыта с внесением 5-кратной дозы азотных удобрений и 2-кратных доз фосфорных, калийных и органических удобрений (5222) – 674 г/л, максимальный (758,8г/л) – в варианте 3033 при 741,1 г на контроле.

В органоминеральных вариантах с низкими дозами удобрений (1111 и 2222) натура зерна составила 728,6 г/л и 743,9 г/л, что согласно ГОСТ Р 53049-2008 соответствует зерну 1 класса (при норме 700 г/л).

6.2. Биохимический состав озимой ржи

В результате регрессионного анализа биохимического состава озимой ржи были получены следующие уравнения регрессии:

Содержание P_2O_5 в зерне, 2010 г.:

$$Y_{P_2O_5} = 0,92 - 0,12K^{0,5} + 0,04K, R=0,34 \quad (7)$$

Содержание K_2O в зерне, 2010 г.:

$$Y_{K_2O} = 0,81K - 0,01N, R = 0,29 \quad (8)$$

Содержание P_2O_5 в соломе, 2010 г.:

$$Y_{P_2O_5} = 0,37 + 0,06P^{0,5}, R=0,54 \quad (9)$$

Содержание K_2O в соломе, 2010 г.:

$$Y_{K_2O} = 1,32 + 0,44K^{0,5} - 0,15K + 0,07(KN)^{0,5}, R = 0,29 \quad (10),$$

где Y = содержание элементов питания в зерне и соломе, N , P , K , H – доза внесения азотных, фосфорных, калийных удобрений и навоза.

Содержание фосфора в зерне озимой ржи в 2010 году зависело от внесения калийных удобрений, а в соломе – от ранее внесенных фосфорных удобрений.

На содержание калия в зерне опытной культуры оказали влияние калийные и азотные удобрения, а в соломе – калийные и органические удобрения.

Зависимости содержания белка в зерне в 2010 году от внесения минеральных и органических удобрений не было установлено.

В 2011 году внесенные удобрения оказывали влияние на содержание белка, фосфора и калия в зерне озимой ржи, о чем свидетельствуют. За 2011 год по качеству зерна были получены следующие уравнения регрессии:

$$Y_{\text{белок}} = 7,49 + 0,35N - 0,28(NK)^{0,5}, R = 0,38 \quad (11)$$

$$Y_N = 1,31 + 0,06N - 0,05(NK)^{0,5}, R = 0,4 \quad (12)$$

$$Y_{P_2O_5} = 0,61 + 0,03P^{0,5} + 0,01H, R = 0,58 \quad (13)$$

$$Y_{K_2O} = 0,54 + 0,07H^{0,5} + 0,03H, R = 0,37 \quad (14)$$

Химический состав соломы озимой ржи в 2011 г. представлен следующими уравнениями регрессии:

$$Y_N = 0,54 + 0,054P^{0,5} + 0,03K + 0,03H + 0,029(NH)^{0,5} - 0,06(KH)^{0,5}, \\ R = 0,65 \quad (15)$$

$$Y_{P_2O_5} = 0,36 + 0,03(NH)^{0,5}, R = 0,61 \quad (16)$$

$$Y_{K_2O} = 0,69 + 0,06N + 0,06K + 0,05H, R = 0,67 \quad (17)$$

где Y = содержание белка, азота, фосфора и калия в соломе озимой ржи, N, P, K, H - доза внесения азотных, фосфорных, калийных удобрений и навоза.

В 2011 году одностороннее внесение органических и минеральных удобрений, а также их сочетания оказали влияние на содержание азота, фосфора и калия в основной и побочной продукции опытной культуры, что подтверждается и данными исследований в предыдущих ротациях севооборота, проводимых в 1981 – 1983 гг. и 1988 – 1990 гг. в этом опыте (Мерзлая Г.Е., Зябкина Г.А., Фомкина Т.П., Бузько А.М., 1999).

В первой ротации севооборота, когда предшественником озимой ржи был ячмень, в результате анализа опытных данных было получено уравнение регрессии, которое свидетельствовало о влиянии азота и навоза на содержание белка в зерне:

$$Y_{\text{белок}} = 9,15 + 0,10N^{0,5} + 0,34N - 0,06K + 0,10H + 0,05(PH)^{0,50} - 0,14(KH)^{0,5}, R = 0,99 \quad (18)$$

Во второй ротации севооборота озимая рожь следовала за многолетними травами двух лет пользования. Содержание белка в зерне озимой ржи зависело от внесения азотных удобрений:

$$Y_{\text{белок}} = 9,19 + 0,64N^{0,5} + 0,26N, R=0,93 \quad (19)$$

Таким образом, приведенные уравнения регрессии показывают, что на содержание белка в зерне исследуемой культуры во все годы опыта влияли азотные удобрения.

Содержание основных элементов питания в растениях озимой ржи зависело от последствий внесенных удобрений. В наших исследованиях в среднем по двум полям максимальное содержание белка (10,0%) отмечается в варианте с последствием тройной дозы фосфорных удобрений. Более высокое содержание фосфора в зерне 0,9-0,97% было в вариантах 0300 и 2555, калия – в вариантах одностороннего внесения фосфорных и органических удобрений (0,75%) (табл.7). Внесенные ранее удобрения оказали влияние на содержание питательных элементов в соломе. Так, содержание азота в побочной продукции оказалось наибольшим в варианте последствия пятикратной дозы азотных удобрений и двукратных доз фосфорных, калийных и органических удобрений (5222) – 0,67%, содержание фосфора более высоким было в варианте 2552 – 0,55 %, а калия – в варианте 5255 (1,91%).

Таблица 7. Содержание белка, N, P₂O₅, K₂O в озимой ржи в среднем по двум полям, %

Вариант опыта	Зерно				Солома		
	сырой белок	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
0000	8,67	1,52	0,74	0,66	0,53	0,30	0,94
3000	9,21	1,62	0,78	0,63	0,62	0,40	1,36
0300	10,01	1,76	0,90	0,75	0,63	0,39	0,96
0030	8,52	1,50	0,74	0,67	0,64	0,43	1,41
3300	8,09	1,42	0,79	0,71	0,40	0,33	1,25
3030	8,32	1,46	0,71	0,65	0,54	0,32	1,19

0330	8,21	1,44	0,79	0,67	0,52	0,47	1,35
3330	8,15	1,43	0,70	0,58	0,48	0,40	1,12
0003	7,96	1,40	0,82	0,75	0,55	0,36	1,01
3003	9,07	1,59	0,75	0,65	0,65	0,43	1,11
0303	7,96	1,40	0,78	0,63	0,53	0,44	0,88
0033	8,47	1,49	0,75	0,70	0,59	0,38	1,34
3303	9,61	1,69	0,81	0,64	0,59	0,43	1,13
3033	8,81	1,55	0,77	0,65	0,57	0,40	1,45
0333	7,38	1,30	0,71	0,66	0,48	0,37	1,25
3333	7,98	1,40	0,79	0,69	0,52	0,42	1,33
1111	7,50	1,32	0,75	0,61	0,60	0,47	1,40
4111	7,36	1,29	0,69	0,57	0,52	0,41	1,38
1411	9,01	1,58	0,74	0,63	0,60	0,36	1,33
1141	8,10	1,42	0,74	0,63	0,52	0,38	1,30
4411	7,01	1,23	0,72	0,60	0,49	0,48	1,29
4141	7,27	1,28	0,70	0,62	0,55	0,44	1,60
1441	7,61	1,34	0,79	0,64	0,43	0,44	1,42
4441	8,55	1,50	0,76	0,71	0,60	0,39	1,45
1114	8,70	1,53	0,77	0,65	0,57	0,43	1,37
4114	9,81	1,72	0,83	0,66	0,64	0,41	1,49
1414	8,50	1,49	0,81	0,64	0,57	0,47	1,60
1144	9,27	1,63	0,80	0,72	0,63	0,38	1,85
4414	9,35	1,64	0,83	0,70	0,65	0,50	1,53
4144	8,75	1,54	0,73	0,64	0,58	0,40	1,65
1444	8,33	1,46	0,74	0,62	0,54	0,47	1,61
4444	8,61	1,51	0,81	0,62	0,55	0,47	1,55
2222	7,10	1,25	0,73	0,59	0,48	0,43	1,32
5222	9,75	1,71	0,83	0,64	0,67	0,53	1,48
2522	8,01	1,41	0,77	0,61	0,49	0,49	1,29
2252	8,50	1,49	0,79	0,66	0,54	0,49	1,52
5522	9,04	1,59	0,75	0,67	0,63	0,45	1,53
5252	7,16	1,26	0,75	0,60	0,59	0,53	1,56
2552	7,98	1,40	0,79	0,63	0,59	0,55	1,64
5552	8,90	1,56	0,75	0,59	0,58	0,50	1,77
2225	9,01	1,58	0,84	0,68	0,64	0,52	1,66
5225	8,33	1,46	0,81	0,74	0,58	0,45	1,41
2525	7,24	1,27	0,76	0,80	0,58	0,49	1,39
2255	8,41	1,48	0,75	0,61	0,62	0,49	1,68

5525	8,35	1,47	0,72	0,63	0,55	0,51	1,53
5255	8,75	1,54	0,77	0,63	0,55	0,50	1,91
2555	9,44	1,66	0,97	0,71	0,54	0,49	1,62
5555	8,32	1,46	0,77	0,65	0,52	0,47	1,55

Известно, что сырой белок является одним из основных показателей качества зерна.

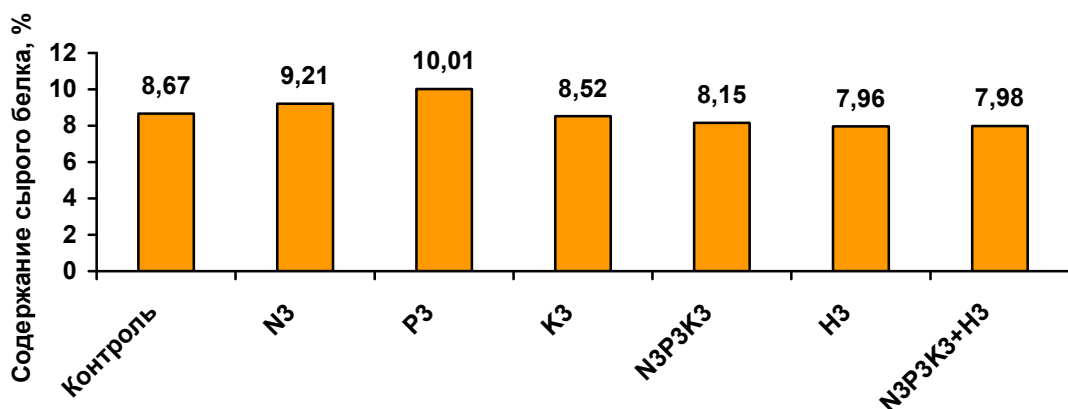


Рис. 13. Содержание белка в зерне озимой ржи в зависимости от последействия удобрений в среднем по двум полям

Определенное влияние на содержание белка в зерне озимой ржи оказали ранее внесенные удобрения, хотя это влияние в значительной мере было связано с метеорологическими условиями, складывающимися в годы опыта. Так, 2010 год характеризовался неблагоприятными погодными условиями и отличался резкой засухой. Подкормку озимой ржи аммиачной селитрой проводили в мае. В июне произошло значительное снижение ГТК, поэтому внесение азотных удобрений в трехкратной дозе не обеспечило заметного повышения содержания белка в зерне по отношению к контролю (в зерне на контроле содержалось 8,7% белка, в варианте 3000 – 9,2%) (рис.13).

Использование навоза и полного органоминерального удобрения в последействии приводило к понижению данного показателя по сравнению односторонним внесением минеральных удобрений.

В 2011 году на белковость озимой ржи оказали влияние органические удобрения. В варианте с навозом обеспечивалось содержание белка на уровне 10,5 %, при последствии азотных и калийных удобрений в трехкратной дозе - 8,4%. Применение полного минерального и органоминерального удобрения привело к некоторому снижению количества белка в зерне озимой ржи по отношению к контролю.

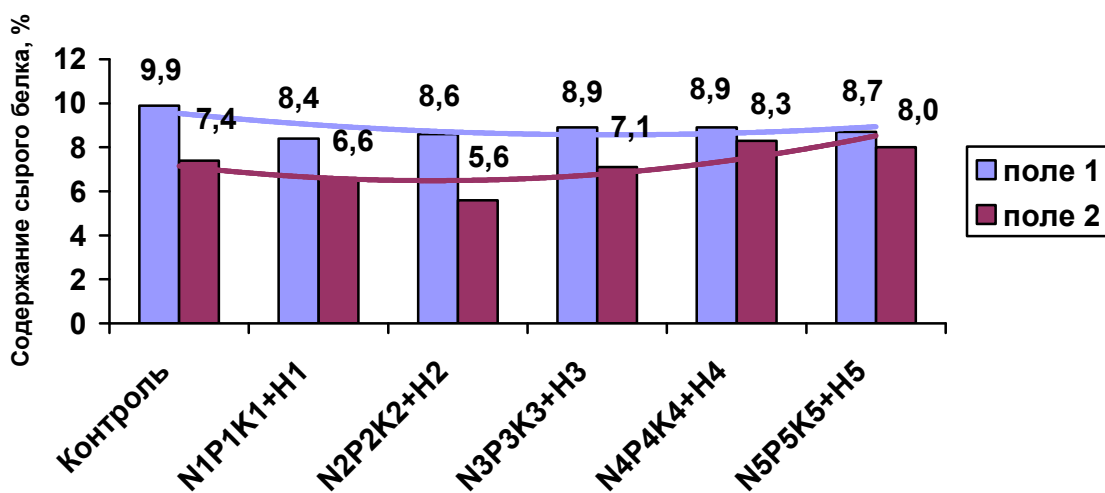


Рис. 14. Содержание белка в зерне озимой ржи при последствии возрастающих доз органоминеральных удобрений

Последствие органоминеральных систем удобрений в однократных и двукратных дозах на обоих полях слабо влияло на содержание белка в зерне озимой ржи. Увеличение доз до трех- и четырехкратных приводило к увеличению этого показателя. Дальнейшее увеличение доз органических и минеральных удобрений уменьшало содержание белка в зерновой продукции в результате полегания стеблестоя (рис. 14).

По результатам корреляционного анализа между содержанием белка в зерне и урожайностью озимой ржи установлена слабая отрицательная связь ($r = - 0,06$).

Содержание азота, фосфора и калия в зерне озимой ржи также во многом зависело от последствия доз и сочетаний органических и

минеральных удобрений. 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 (табл. 4 Приложения).

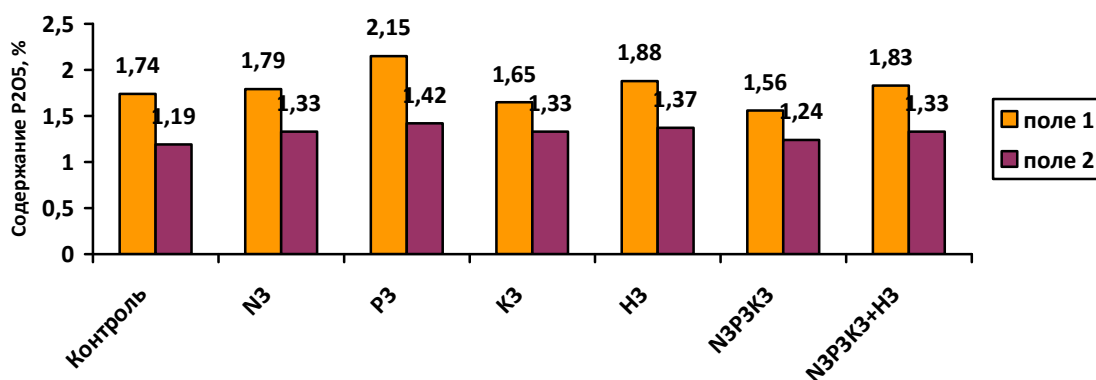


Рис. 15. Содержание P_2O_5 в зерне озимой ржи в зависимости от последствия удобрений

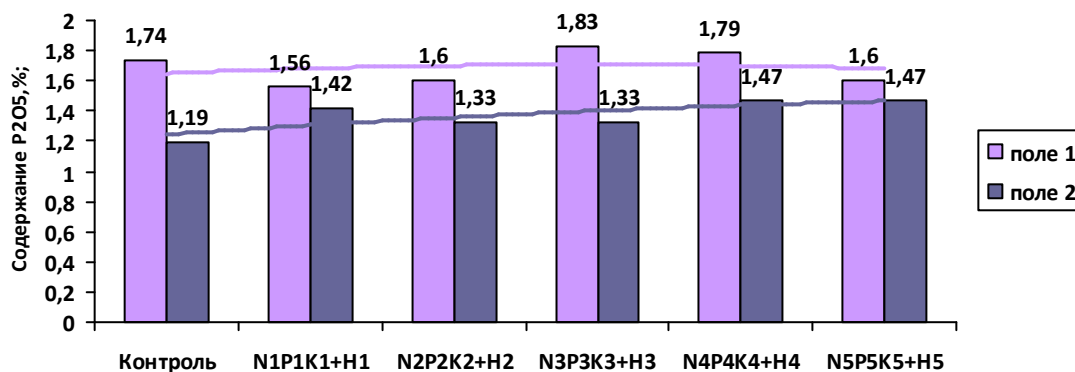


Рис. 16. Содержание P_2O_5 в зерне озимой ржи в зависимости от последствия возрастающих доз органоминеральных удобрений

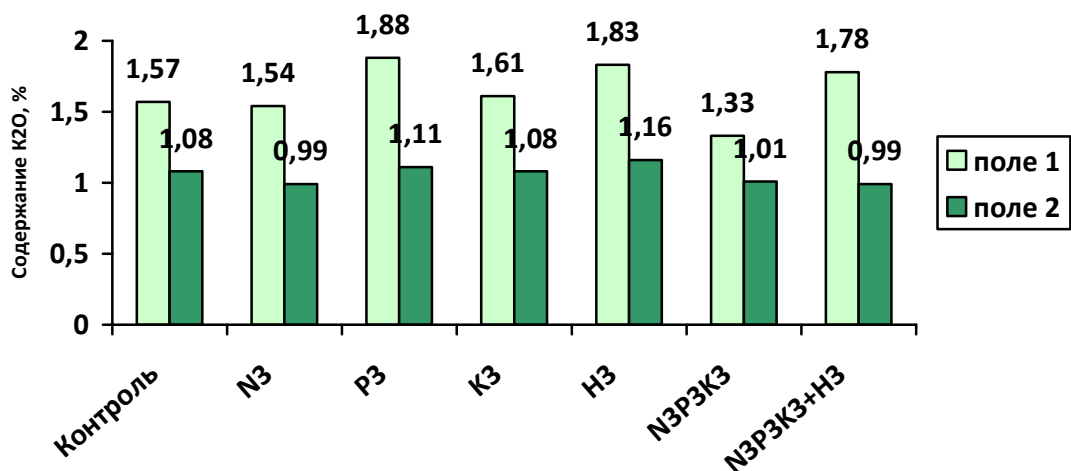


Рис. 17. Содержание K_2O в зерне озимой ржи в зависимости от последействия удобрений

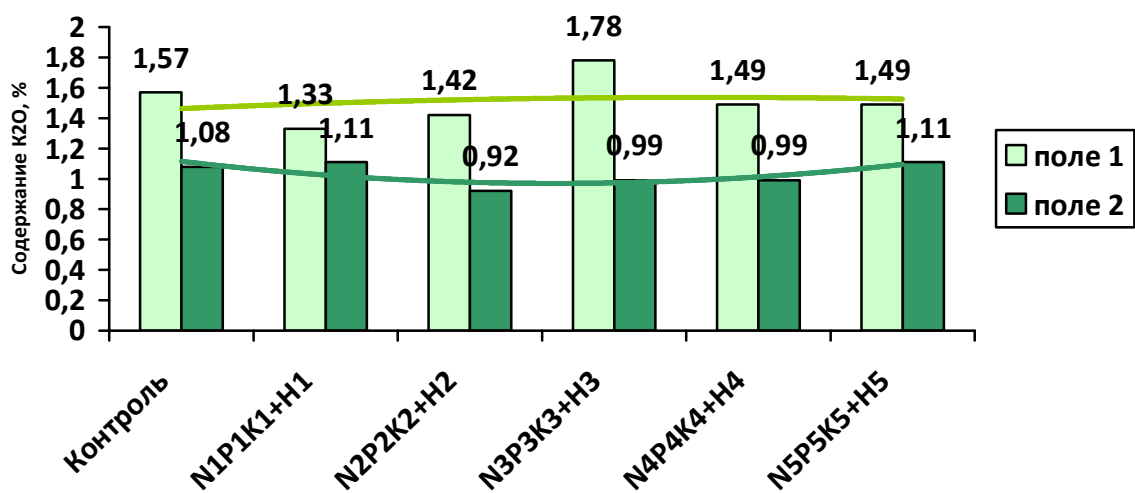


Рис. 18. Содержание K_2O в зерне озимой ржи в зависимости от последействия возрастающих доз органоминеральных удобрений

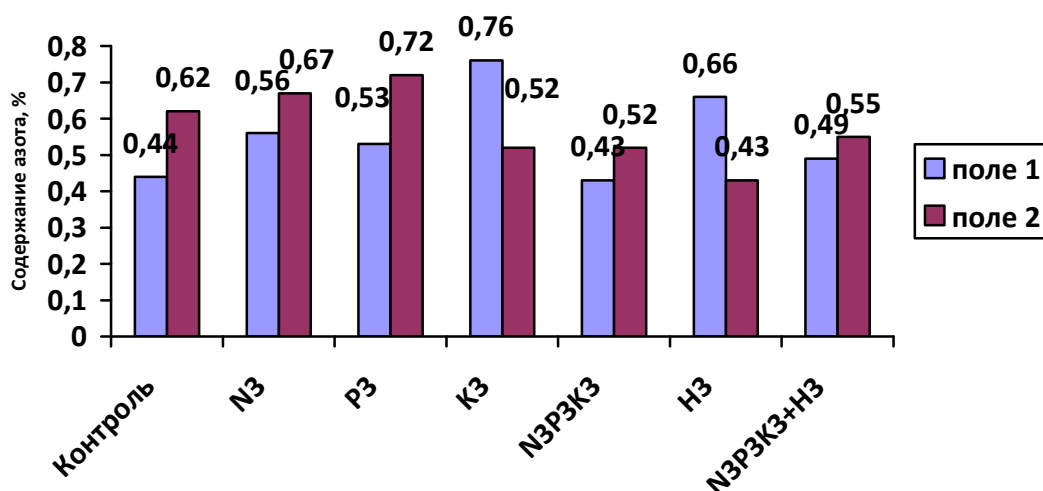


Рис. 19. Содержание азота в соломе озимой ржи в зависимости от последствий удобрений

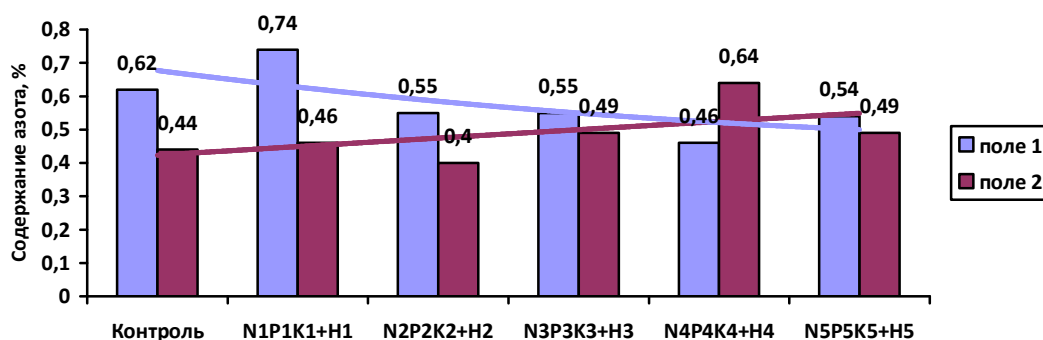


Рис. 20. Содержание азота в соломе озимой ржи в зависимости от последствий возрастающих доз органоминеральных удобрений

7. ВЫНОС ПИТАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ УРОЖАЕМ ОЗИМОЙ РЖИ

Результаты по изучению зависимости выноса питательных элементов зерном озимой ржи от последствий удобрений приведены в таблице 5 Приложения.

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 (НЗ), минеральной (NЗРЗКЗ) и органоминеральной (NЗРЗКЗ+НЗ) - хозяйственный вынос зерном соответственно составил: азота 83,9; 77,5 и 77,7 кг/га при 65,3 кг/га на контроле, фосфора (P₂O₅) – 51,4; 47,1 и 50, 5 кг/га при 33,1 кг/га на контроле, калия (K₂O) – 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-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 106,4 кг/га, и значительное снижение этих показателей при самых высоких 5-кратных дозах удобрений.

$$Y_N = 70,49 + 6,25P + 3,36K + 11,54N^{0,5} - 6,08(PK)^{0,5} - 7,09(PH)^{0,5}, R = 0,64 \quad (20)$$

$$Y_{P_{2O_5}} = 41,97 + 3,28P + 6,99N^{0,5} - 4,02(PH)^{0,5}, R = 0,68 \quad (21)$$

$$Y_{K_2O} = 68,8 + 3,92N^{0,5} + 3,25K + 10,08K^{0,5} + 11,56N^{0,5} - 5,92(PH)^{0,5}, R = 0,79 \quad (22)$$

Уравнения регрессии выноса азота и фосфора из почвы урожаем зерна озимой ржи с 1 га показывают зависимость выноса от последействия калийных, фосфорных и органических удобрений. На вынос калия из почвы оказывало влияние последействие азотных, калийных и органических удобрений.

Таблица 8. Вынос питательных веществ 1 т зерна озимой ржи с учетом побочной продукции при последействии различных доз органических и минеральных удобрений, в среднем по двум полям, кг

Вариант опыта	N, кг/т	P ₂ O ₅ , кг/т	K ₂ O, кг/т	Вариант опыта	N, кг/т	P ₂ O ₅ , кг/т	K ₂ O, кг/т
0000	23,2	11,7	20,9	1114	23,7	14,2	27,6
3000	25,0	13,5	26,3	4114	23,6	12,7	25,8
0300	27,2	15,0	22,1	1414	24,2	15,4	32,0
0030	23,8	13,4	27,0	1144	25,9	13,6	35,5
3300	21,7	13,8	27,5	4414	25,9	15,7	30,3

3030	23,2	12,3	24,9	4144	24,9	13,9	32,5
0330	20,2	13,7	24,5	1444	22,2	14,1	30,9
3330	20,3	12,3	21,4	4444	23,9	15,6	31,2
0003	22,5	13,8	23,4	2222	20,3	13,9	27,0
3003	22,8	12,5	20,8	5222	28,2	17,3	30,8
0303	24,1	15,9	21,9	2522	21,7	15,5	26,6
0033	24,9	13,8	26,2	2252	22,5	15,1	29,1
3303	24,3	13,7	22,7	5522	26,5	16,9	34,5
3033	26,1	14,8	30,2	5252	22,3	14,1	29,7
0333	19,1	12,2	24,8	2552	20,9	14,7	27,4
3333	22,4	14,6	28,5	5552	24,9	15,4	33,8
1111	23,5	15,2	29,5	2225	24,7	15,9	30,8
4111	21,2	13,3	27,6	5225	23,6	15,0	30,1
1411	27,3	14,0	29,7	2525	23,5	16,0	32,8
1141	21,5	12,9	25,4	2255	23,4	14,3	30,7
4411	19,8	14,5	25,8	5525	22,3	14,6	29,5
4141	21,8	14,2	31,5	5255	23,4	15,2	34,3
1441	19,7	14,4	28,2	2555	23,0	16,2	29,7
4441	24,2	13,4	29,3	5555	22,0	14,5	30,0

На контроле без удобрений вынос азота, фосфора и калия составил соответственно 23,2, 11,7, 20,9 кг/т (табл.8). 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.

Вынос калия увеличивался от одностороннего внесения калийных удобрений (27,0 кг/т), а также от навоза (23,4 кг/т) и сочетания калийных удобрений с навозом (0033) - 26,2 кг/т (табл. 8).

$$Y_N = 23,15 + 0,51P - 1,27(PK)^{0,5} + 0,73(KH)^{0,5}; R = 0,49 \quad (23)$$

$$Y_{P_2O_5} = 12,83 + 0,30P + 0,54H^{0,5}; R = 0,60 \quad (24)$$

$$Y_{K_2O} = 23,99 + 0,58(NP)^{0,5} + 1,41(KH)^{0,5}; R = 0,75 \quad (25)$$

В целом, вынос элементов питания основной и побочной продукцией в расчете на 1 т зерна приближался к нормативным показателям для Нечерноземной зоны Европейской части РФ, составившим: N – 27,2 кг/т, P₂O₅ – 9,3 кг/т, K₂O – 20,7 кг/т (Методическое руководство..., 2008).

8. 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 таблицы 9, полученные при анализе почвенных образцов в характерных вариантах опыта на первом поле в 2011 г., проведенном лабораторией агрохимии органических удобрений ВНИИА. Из приведенных результатов следует, что более высокие значения рН_{кcl} по отношению к контролю были получены в почве вариантов с навозом (0003) и органоминеральной системы удобрений в низких дозах (1111). Более заметно подкислялась почва в варианте с минеральными удобрениями (3330) и одностороннем внесении азота (3000).

Таблица 9. Влияние органических и минеральных удобрений на агрохимические свойства почвы, 2011 г.

Варианты опыта	рН _{кcl}	Гумус, %	P ₂ O ₅ , мг/кг	K ₂ O, мг/кг
0000	4,6	1,0	103	121
3000	4,3	1,0	154	130
0300	4,9	0,9	194	183

0030	4,8	1,0	125	164
3330	4,5	1,0	275	156
0003	5,1	1,0	158	115
1111	5,2	1,0	211	173
2222	4,6	1,1	282	174
3333	4,5	1,1	293	181
4444	4,9	1,2	450	190
5555	4,7	0,9	480	165

При этом необходимо отметить, что для улучшения кислотных свойств почвы важным практическим приемом должно стать периодическое известкование.

Применение удобрений в последствии позволяло поддерживать гумусовое состояние почвы на уровне 1-1,2 % в зависимости от варианта опыта. Исключение составляли варианты 0300 и 5555.

Содержание подвижного фосфора (по Кирсанову) в почве значительно возрастало от применения как одних фосфорных удобрений, так и от их внесения в составе полного органоминерального удобрения в различных дозах.

Таблица 10. Изменение агрохимических свойств почвы при длительном применении удобрений

Вариант		0000	3330	0003	1111	
pH _{кcl}	в начале опыта	5,0	6,0	5,7	5,7	
	2008 г.	значение	4,9	4,7	4,1	4,9
		изменение, +/-	-0,1	-1,3	-1,6	-0,8
	2011 г.	значение	4,6	4,5	5,1	5,2
		изменение, +/-	-0,3	-0,2	+1,0	+0,3
Гумус,	в начале опыта	1,4	1,5	1,2	1,5	

% С	2008 г.	содержание	1,0	1,2	1,0	1,1
		изменение, +/-	-0,4	-0,3	-0,2	-0,4
	2011 г.	содержание	1,0	1,0	1,0	1,0
		изменение, +/-	0	-0,2	0	-0,1
P ₂ O ₅ ,	в начале опыта		170	149	143	174
мг/кг	2008 г.	содержание	128	135	69	71
		изменение, +/-	-42	-14	-74	-103
	2011 г.	содержание	103	275	158	211
		изменение, +/-	-25	+140	+89	+140
K ₂ O,	в начале опыта		145	135	138	139
мг/кг	2008 г.	содержание	55	100	145	130
		изменение, +/-	-90	-35	+7	-9
	2011 г.	содержание	121	156	115	173
		изменение, +/-	+66	+56	-30	+43

По системам удобрения (3330, 0003, 1111) получен положительный баланс P₂O₅ в почве в 2011 г. Баланс калия в почве был положительным в варианте 3330 и отрицательным в варианте 0003 (табл. 10).

Содержание нитратного азота в почве определяли в три срока: в мае, июне, августе. Как показали результаты наших исследований, удобрения в последствии оказывали влияние на содержание N-NO₃ в почве (табл. 6 Приложения).

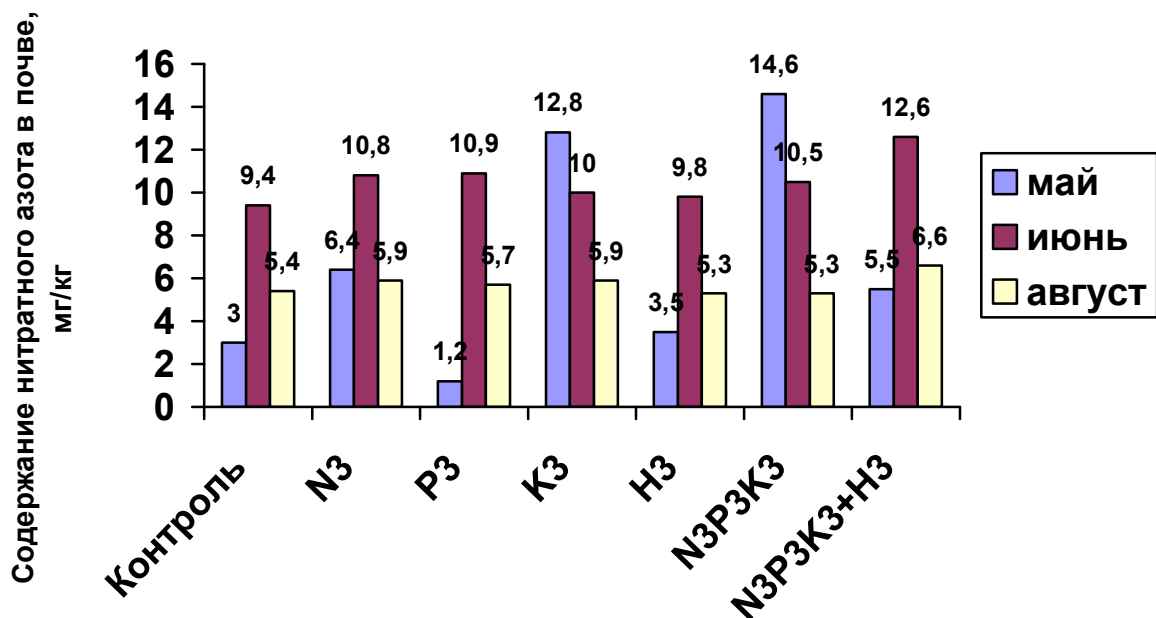


Рис. 21. Содержание нитратного азота в почве опытного участка в зависимости от последствий удобрений в среднем по двум полям

Наибольшее содержание нитратного азота в почве было в первый срок определения в варианте последствия полного минерального удобрения, во второй срок и третий сроки определения, т.е. в июне и августе оно находилось, в основном, на одном уровне практически во всех вариантах опыта (рис.21).

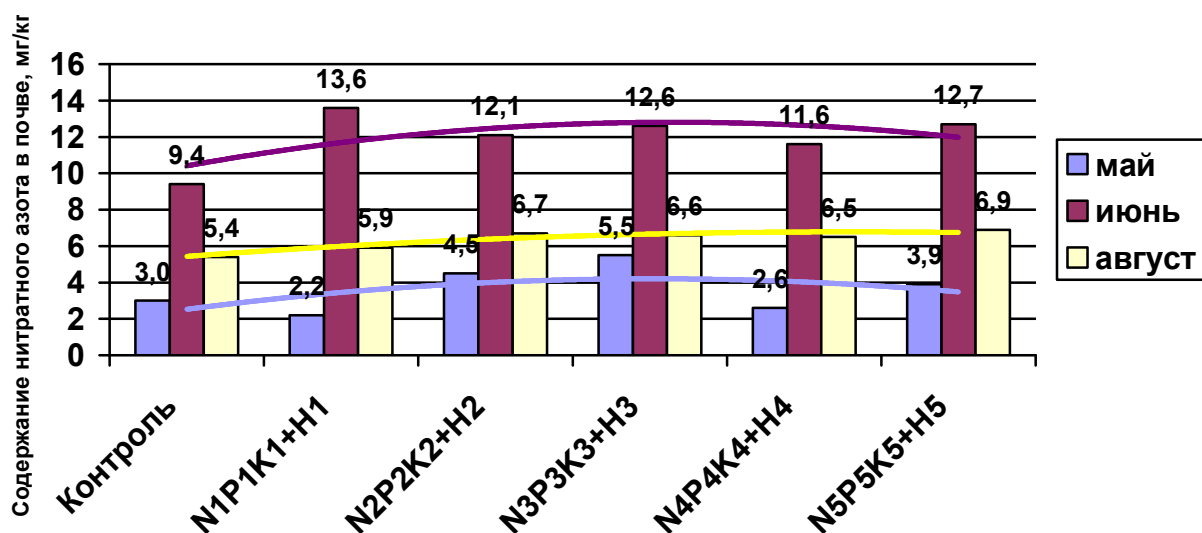


Рис. 22. Содержание нитратного азота в почве опытного участка в зависимости от кратности удобрений в органоминеральных вариантах в среднем по двум полям

С ростом доз удобрений в последствии в варианте органоминерального удобрения наблюдается тенденция снижения содержания нитратного азота в почве (рис.22).

Связь урожайности зерна с содержанием нитратного азота в почве в вариантах возрастающих доз органоминеральных систем в последствии в мае была слабой при $r = 0,33$, в летний период - июнь – август – сильной при $r = 0,82$ и $r = 0,84$ (достоверное значение $r = 0,55$).

9. ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ В ПОСЛЕДЕЙСТВИИ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ОЗИМОЙ РЖИ

9.1. Энергетическая эффективность последствия органических и минеральных удобрений при возделывании озимой ржи

Затраты совокупной энергии при применении удобрений в последствии в звене севооборота: однолетние травы – озимая рожь составляли в зависимости от варианта от 655 до 24558 МДж/га (табл. 11). Энергия, рассчитанная по прибавкам урожая культур звена (зеленой массы овса и зерна озимой ржи), по вариантам опыта колебалась от 6432 до 19880 МДж/га.

Энергетическая эффективность последствия удобрений в звене: однолетние травы – озимая рожь в варианте минеральной системы равнялась 1,8. Такой же энергетический эффект был получен от последствия органической системы. В лучшем варианте органоминеральной системы (1111) этот показатель достигал 2,9, однако с ростом доз он снижался и при 5-кратных дозах оставлял 0,8 (табл.11).

Таблица 11. Энергетическая эффективность последствий органических и минеральных удобрений в звене севооборота: однолетние травы – озимая рожь

Вариант опыта	Затраты энергии удобрений в среднем за 32 года, МДж/га	Продуктивность, ц.з.е./га						Энергетическая прибавка урожая, МДж/га	Энергетическая эффективность, ед.
		Овес на зеленую массу, 2009 г.		Озимая рожь, 2010 г.		Звено: овес на зеленую массу – озимая рожь			
		Урожайность	Прибавка	Урожайность	Прибавка	Урожайность в среднем за 2 года	Прибавка		
0000	-	18,5	-	30,5	-	24,5	-	-	-
3000	6848	25,7	7,2	36,2	5,7	31,0	6,5	12669	1,9
0300	994	25,8	7,3	34,4	3,9	30,1	5,6	10914	11,0
0030	655	18,5	0	37,1	6,6	27,8	3,3	6432	9,8
0003	6237	22,5	4,0	38,4	7,9	30,4	5,9	11499	1,8
3330	8497	24,5	6,0	40,5	10,0	32,5	8,0	15592	1,8
1111	4912	25,4	6,9	38,2	7,7	31,8	7,3	14228	2,9
2222	9823	27,3	8,8	39,7	9,2	33,5	9,0	17541	1,8
3333	14735	28,5	10,0	40,5	10,0	34,5	10,0	19490	1,3
4444	19646	29,2	10,7	39,9	9,4	34,6	10,1	19685	1,0
5555	24558	29,7	11,2	39,6	9,1	34,7	10,2	19880	0,8

Таблица 12. Энергетическая эффективность последствия удобрений при возделывании озимой ржи, в среднем по двум полям

Вариант	Затраты энергии удобрений в среднем за 32 лет, Мдж/га	Прибавка урожая озимой ржи в среднем по двум полям, ц/га	Энергия прибавки урожая, МДж/га	Энергетическая эффективность, ед.
0000	-	-	-	-
3000	6848	2,9	5652	0,8
0300	994	8,9	17346	17,5
0030	655	7,5	14618	22,3
3330	8497	10,0	19490	2,3
0003	6237	9,0	17541	2,8
1111	4912	5,6	10914	2,2
2222	9823	6,4	12474	1,3
3333	14735	6,4	12474	0,9
4444	19646	5,9	11499	0,6
5555	24558	5,3	10330	0,4

Согласно таблице 12, полное минеральное удобрение (3330) и одностороннее внесение навоза (0003) в последствии обеспечивали энергетический коэффициент на уровне 2,3 и 2,8 соответственно. Из органоминеральных вариантов наибольший энергетический эффект - 2,2 отмечался при низких дозах удобрений (1111), а наименьший - 0,4 при пятикратных дозах.

9.2. Экономическая эффективность применения удобрений в последствии при возделывании озимой ржи

Оценка экономической эффективности показала, что при выращивании озимой ржи в звене севооборота высокий условно чистый доход обеспечивался в вариантах минеральной (3330) и органической (0003) систем

удобрений, а также органоминеральной системы в низких дозах и составлял соответственно 1530, 2020 и 2517 руб./га (табл.13). Окупаемость 1 руб. затрат при этом равнялась 1,1; 1,0 и 2,2 руб.

Таблица 13. Экономическая эффективность применения удобрений в последствии в звене севооборота: однолетние травы – озимая рожь

Вариант	Затраты на применение удобрений в среднем за 32 года, руб./га	Прибавка урожая, ц/га	Стоимость прибавки урожая, руб./га	Условно чистый доход, руб./га	Окупаемость 1 руб. затрат, руб
0000	-	-	-	-	-
3000	473	6,5	3250	2777	5,9
0300	473	5,6	2800	2327	4,9
0030	473	3,3	1650	1177	2,5
3330	1420	5,9	2950	1530	1,1
0003	1980	8,0	4000	2020	1,0
1111	1133	7,3	3650	2517	2,2
2222	2267	9,0	4500	2233	1,0
3333	3400	10,0	5000	1600	1,5
4444	4534	10,1	5050	516	0,1
5555	5667	10,2	5100	-	-

Данные таблицы 14, где приведена экономическая эффективность возделывания озимой ржи в среднем по двум полям, свидетельствуют о целесообразности применения в последствии органоминеральной системы в одно- и двухкратных дозах (1111, 2222), где окупаемость 1 руб. затрат составляет 1,5 и 1,4 руб. Окупаемость 1 руб. затрат стоимостью прибавки урожая по органической системе составила 1,3 руб., а по минеральной системе – 2,5 руб.

Таблица 14. Экономическая эффективность последствий органических и минеральных удобрений при возделывании озимой ржи, в среднем по двум полям

Вариант	Затраты на применение удобрений в среднем за 32 года, руб./га	Прибавка урожая в среднем по 2 полям, ц/га	Стоимость прибавки урожая, руб./га	Условно чистый доход, руб./га	Окупаемость 1 руб. затрат, руб
0000	-	-	-	-	-
3000	473	2,9	1450	977	2,1
0300	473	8,9	4450	3977	8,4
0030	473	7,5	3750	3277	6,9
3330	1420	10,0	5000	3580	2,5
0003	1980	9,0	4500	2520	1,3
1111	1133	5,6	2800	1667	1,5
2222	2267	6,4	3200	933	1,4
3333	3400	6,4	3200	-	-
4444	4534	5,9	2950	-	-
5555	5667	5,3	2650	-	-

При сравнении окупаемости затрат в среднем по двум полям за 30-летний (табл. 9 Приложения) и 32-летний периоды установлено, что данный показатель был, как правило, выше при последствии удобрений. Особенно сильно отличалась окупаемость затрат в варианте внесения органоминеральной системы в двухкратных дозах (2222), где разница между этими периодами исследований составила 0,6 руб. (75%), и в варианте органической системы - в 6,5 раз.

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 последствий 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 последствий удобрений при возделывании озимой ржи в севообороте целесообразно применять в последствии органоминеральную систему удобрения в ежегодных дозах N25-50P25-50K25-50 + 3-6 т/га навоза, обеспечивающую при весенней подкормке N45 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 N25-50P25-50K25-50 + 3-6 т/га навоза в расчете на 1 га севооборотной площади и весенней поддерживающей подкормке N45. Прибавка урожая зерна озимой ржи при этом составляет 20-23%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авдонин Н.С. Свойства почвы и урожай. М.: Колос, 1965. 281 с.
2. Агаев В.А., Семенов В.М., Соколов О.А. Агроэкологические факторы накопления нитритов растениями // Агрохимия. 1989. № 8. 130 с.
3. Агроклиматические ресурсы Смоленской области. М.: Московский рабочий, 1970. 152 с.
4. Агрономическая тетрадь. Возделывание зерновых культур по интенсивным технологиям. М.: Россельхозиздат, 1986. 234 с.
5. Адрианов С.Н. Изменение содержания подвижных фосфатов и степени их подвижности в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в зависимости от уровня применения минеральных удобрений, навоза и известкования // Агрохимия. 2000. № 10. С. 5-14.
6. Александрова Л.Н. Органическое вещество и процессы его трансформации. Л.: Наука, 1980. 287 с.
7. Андре Гро. Практическое руководство по применению удобрений. Перевод с французского Н.А.Емельяновой, Н.М. Ильчук. М.: Колос, 1965. С. 117-268.
8. Анисимова Т.Ю., Кузина А.Ф. Эффективность применения органических удобрений на основе торфа в полевом севообороте // Инновационные технологии возделывания сельскохозяйственных культур в Нечерноземье. Суздаль, 2013. С. 252-255.
9. Байбеков Р.Ф. , Ганжара Н.Ф., Надежкин С.М., Борисов Б.А. Подвижные формы органического вещества в почвах лесостепи Поволжья // Плодородие. 2010. № 6. С. 24-26.
10. Бахтизин Н.Р., Исмагилов Р.Р. Озимая рожь в Башкирии (биоэкология и интенсивная технология). Уфа, 1991. 248 с.

11. Белоус Н.М., Малявко Г.П., Талызин В.В. Условия производства зерна озимой ржи на радиоактивно загрязненных почвах // *Агрохимический вестник*. 2009. № 2. С. 2-4.
12. Богдевич И.М. Роль удобрений в интенсификации растениеводства // *Интенсификация сельскохозяйственного производства - основа возрождения села, энергетической и продовольственной безопасности: Академические чтения, посвящ. 85-летию акад. М.М. Севернева*. Минск, 2006. С. 28-41.
13. Богдевич И.М., Смян Н.И., Лапа В.В. Концепция повышения плодородия почв Республики Беларусь // *Ахова раслін*. 2002. № 1. С. 8 – 11.
14. Бровкин В.И., Синягина Н.И. Влияние систематического внесения минеральных удобрений на свойства выщелоченного чернозема северной лесостепи и продуктивность культур // *Агрохимия*. 1982. № 2. С. 27-35.
15. Булаткин Г.Л. Энергетическая эффективность применения удобрений в агроценозах. Пушкино, 1983. С. 46.
16. Бусоргин В.Г., Варламова Л.Д., Тюрникова Е.Г., Титова В.И. Зависимость продуктивности культур от удобрений // *Агрохимический вестник*. 2011. № 2. С. 7-10.
17. Васильев В.А. Эффективность навоза в севообороте: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. М.: ВИУА, 1971. 17 с.
18. Варламова Л.Д., Бусоргин В.Г., Титова В.И. и др. Эффективность различных систем удобрения полевых культур по итогам многолетнего стационарного полевого опыта, заложенного проф. Ю.П.Сиротиным в 1964 г. // *Агрохимия и экология: история и современность: Материалы междунауч.-практ. конф. НГСХА. Т.1. Н. Новгород: Изд-во ВВАГС, 2008. С. 19-23.*

19. Варюшкина Н.М., Кирпанева Л.И. // Почвоведение. 1984. № 10. С. 116-120.
20. Володин В.С., Павлов И.Д. Рожь - основной хлеб. Вологодское изд-во, 1963. 64 с.
21. Володина Т.И., Макарова А.И. Влияние органических систем удобрения на азотный режим дерново-подзолистой почвы и продуктивность севооборота в условиях северо-запада России // Агрохимия. 2010. № 8. С. 24-31.
22. Володина Т.И., Назарова О.В., Корякина А.И. Динамика минерального азота в дерново-подзолистой почве в зависимости от органических систем удобрений в условиях северо-запада России. // Через инновации в науке и образовании к экономическому росту АПК. Материалы Международной научно-практической конф. 5-8 февраля 2008 г. Донской ГАУ, 2008. С. 21-24.
23. Гамзиков Г.П. Азот в земледелии Западной Сибири. М.: Наука, 1981. 266 с.
24. Гамзиков Г.П., Кострик Г.И., Емельянова В.Н. // Баланс и превращение азота удобрений. Новосибирск: Наука, 1985. С. 6-88.
25. Ганжара Н.Ф., Васильев В.А. Влияние органических веществ на свойства почв и урожай // Агрохимия. 1985. Т. 2. С. 70-74.
26. Генкель П.А., Кушнарченко С.В. Холодостойкость растений и термические способы ее повышения. М.: Наука, 1966. 223 с.
27. Голенков В.Ф. О взаимодействии слизистых веществ и белков ржи // Докл. АН СССР. 1965. Т.161. № 3. С. 711-714.
28. Горчев А.А. Действие и последствие минеральных и органических удобрений на дерново-подзолистых почвах Удмуртской АССР

// Вопросы почвоведения, применения удобрений и обработки почв. – Ижевск: Удмуртия, 1975. С. 297-299.

29. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Москва, 2003. 392 с.

30. Гусев Е.П. Развитие вторичных корней у культурных злаков // Научно-агрономический журнал. 1926. № 7-8. С. 458-476.

31. Державин Л.М. Применение минеральных удобрений в интенсивном земледелии. М.: Колос, 1992. 272 с.

32. Державин Л.М. Рекомендации по проектированию интегрированного применения средств химизации в энергосберегающих агротехнологиях возделывания озимых зерновых культур при модернизации зернового хозяйства. М.: ВНИИА, 2012. 40 с.

33. Державин Л.М. Современное состояние использования удобрений в России // Агрохимия. 1988. № 1. С. 5-12.

34. Дименштейн Ф.И., Ермаков А.И., Княгиничев М.И., Гончаренко Ф.И. Биохимия ржи. В кн.: Биохимия культурных растений, т.1 М.: Сельхозгиз, 1958. С. 123-134.

35. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1979. 416 с.

36. Емельянова В.И. Пути повышения использования растениями и снижение потерь азота удобрений: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Омск, 1985, 18 с.

37. Еськов А.И. Улучшать использование органических удобрений // Земледелие. 2006. № 6. С. 24-25.

38. Ефремов В.Ф. Действие и последствие систем удобрения в зерновом севообороте // Плодородие. 2004. № 4. С. 10-11.

39. Жилиев А.М. Сравнительная эффективность технологий возделывания озимой ржи на дерново-подзолистых почвах Нечерноземья: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. М., 1989. 21 с.
40. Жуков Ю.П. Баланс питательных веществ как прогнозно-экологический показатель плодородия почв и продуктивности культур // *Агрохимия*. 1996. №7. С. 35-45.
41. Жуков Ю.П. Система удобрений в хозяйствах Нечерноземья. М.: Моск. рабочий, 1983. 144 с.
42. Жуков Ю.П., Дубов Ю.Г., Кириллова Г.Б., Хомякова В.Н., Чухина О.В. Продуктивность горохоовсяной смеси и озимой ржи при применении расчетных доз удобрений в Вологодской области // *Агрохимия*. 1998. № 12. С. 40-45.
43. Жуков Ю.П., Чухина О.В., Куликова Е.И., Усова К.А., Токарева Н.В. Эффективность применения удобрений под озимую рожь в условиях Вологодской области // *Плодородие*. 2011. № 6. С.7-9.
44. Закревский В.В. Безопасность пищевых продуктов и биологически активных добавок к пище. Санкт- Петербург, 2004. 280 с.
45. Зиганшин А.А., Шарифуллин Л.Р. Озимая рожь. М.: Россельхозиздат, 1981. 216 с.
46. Иванов А.П. Рожь. Л. – М.: Сельхозиздат, 1961. 303 с.
47. Иванов А.И., Иванов И.А., Иванова Ж.А, Цыганова Н.А., Моисеев Д.Н. Азотный режим легких дерново-подзолистых почв и пути его улучшения в современных условиях // *Агрохимия*. 2008. № 9. С. 5-15.
48. Иванов А.И., Цыганова Н.А., Воробьев В.А. Оценка длительного использования хорошо окультуренной дерново-подзолистой почвы при применении различных систем удобрения // *Агрохимия*. 2010. № 3. С. 17-21.

49. Иванова Т.И. Прогнозирование эффективности удобрений с использованием математических моделей. М.: Агропромиздат, 1999. 235 с.
50. Исмагилов Р.Р., Нурлыгаянов Р.Б., Ванюшина Т.Н. Качество и технология производства продовольственного зерна озимой ржи. М.: АгриПресс, 2001. 224 с.
51. Казарьян Т. Мукомольно-хлебопекарные особенности сортов ржи. Л., 1933. 136 с.
52. Каракулев В.В., Шустер Д.В. Сравнительная продуктивность озимых культур по черному пару на черноземах южных Оренбургского Предуралья // Известия ОГАУ. 2011. № 2 (30). С.45.
53. Кидин В.В., Гущина Е.О., Зенкина В.В. Трансформация минерального азота в разных горизонтах дерново-подзолистой почвы // Плодородие. 2009. № 4. С.6-8.
54. Кириллова Г.Б. Продуктивность культур в севообороте при комплексном применении расчетных систем удобрений и других средств химизации в Нечерноземье: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. М., 1988. С. 7.
55. Кирпичников Н.А., Адрианов С.Н. Действие и последствие фосфорных удобрений на дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве при различной степени известкования // Агрохимия. 2007. № 3. С. 14-23.
56. Кирюшин В.И. Экологизация земледелия и технологическая политика. М.: Изд-во МСХА, 2000. 474 с.
57. Кислов А.В., Каракулев В.В. Организационно-экономические проблемы и эффективность ресурсосберегающих технологий в стабилизации развития АПК // Известия ОГАУ. 2006. № 2 (10). С. 83-86.
58. Кобылянский В.Д. Рожь. Генетические основы селекции. М.: Колос, 1982. 271 с.

59. Когут Б.М. Изменение содержания, состава, природы гумусовых веществ при сельскохозяйственном использовании типичного мощного чернозема: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. М., 1982. 24 с.
60. Козьмина Н.П. Зерно. М., 1969. 368 с.
61. Козьмина Н.П., Кретович В.Л. Биохимия зерна и продуктов его переработки. М.: Заготиздат, 1950. 375 с.
62. Кононова М.М. Органическое вещество почв. М.: Наука, 1963. 314 с.
63. Конончук В.В., Кирпичников Н.А., Адрианов С.Н. Затраты удобрений на увеличение содержания подвижного фосфора в почвах разного генезиса // Плодородие . 2009. № 4 . С. 10-12
64. Концепция развития агрохимии и агрохимического обслуживания сельского хозяйства Российской Федерации на период до 2010 года. М.: МСХ РФ, ВНИИА, 2005. 79 с.
65. Кореньков Д.А. Агрохимия азотных удобрений. М.: Колос, 1976. С. 153-191.
66. Кореньков Д.А. Минеральные удобрения при интенсивных технологиях. М.: Росагропомиздат, 1990. 192 с.
67. Кретович Л.В. Биохимия зерна и хлеба. М., 1958, 174 с.
68. Кудеяров В.Н. Цикл азота в почве и эффективность удобрений. М.: Наука, 1989. С. 182-192.
69. Куди В.А. Действие и последствие удобрений на урожай и качество озимой ржи на легких почвах Полесья БССР // Агрохимия. 1981. № 5. С. 84-88.
70. Кулаковская Т.Н. Агрохимические свойства и их значение в использовании удобрений. Минск.: Урожай, 1965. 204 с.

71. Кулаковская Т.Н. Почвенно-агрохимические основы получения высоких урожаев. Минск: Ураджай, 1978. 272 с.
72. Кулаковская Т.Н., Богдановская М.А. Влияние минеральных удобрений на качество зерна озимой ржи // Доклады ВАСХНИЛ. 1978. №2. С. 3-6.
73. Ладонин В.Ф. Комплексное применение средств химизации в решении зерновой проблемы // Бюлл. ВИУА. № 84. 1987. С. 3.
74. Лапа В.В., Босак В.Н. Минеральные удобрения и пути повышения их эффективности. Минск.: Бел НИИПА, 2002. 184 с.
75. Лапа В.В., Босак В.Н. Применение удобрений и качество урожая. Минск, 2006. С. 115-117.
76. Лапа В.В., Ивахненко Н.Н., Ломонос М.М., Грачева А.А., Пименчук А.В. Влияние систем удобрения на урожайность и качество озимой ржи при возделывании на дерново-подзолистой супесчаной почве // Агрохимия. 2011. № 10. С. 22-31.
77. Лебедева Л.А. Система применения удобрений в Нечерноземной зоне РСФСР. М.: Изд-во МГУ, 1989. 94 с.
78. Липкина Г.С. Связь урожая сельскохозяйственных культур с агрохимическими свойствами почв и удобрениями. М., 1975. 42 с.
79. Ломако Е.И., Белков А.П. Зависимость урожая и качества зерна озимой ржи от удобрений и осадков // Агрохимия. 1979. № 6. С. 67-72.
80. Ломако Е.И., Гадиев К.Г. Зависимость урожая озимой ржи от агрохимических свойств почв и удобрений // Агрохимия. 1976. № 7. С. 90-95.
81. Лыков А.М. К проблеме плодородия дерново-подзолистых почв // Плодородие. 2002. № 7. С. 10-14.

82. Любарский Л.Н. Рожь. М.: Хлебоиздат, 1957. 260 с.
83. Любарская Л.С. Влияние длительного применения удобрений на плодородие почвы и урожайность культур // Удобрения и плодородие почвы. М.: ВИУА, 1974. вып. 2 . С. 139-156.
84. Мадялец П. Действие азотных удобрений на урожай озимой ржи, накопление белка и его фракционный состав // Севообороты, обработка почвы, система удобрений, селекция и агротехника полевых культур. Сб. научных статей Белорусского НИИ земледелия. Жодино, 1977. С. 62-69.
85. Мазурицкий А.М. Озимая рожь/ Пер. с нем., под ред. и с предисл. А.И. Жолобова. М.: Колос, 1983. 159 с.
86. Майсурян Н.А., Степанов В.Н., Кузнецов В.С., Лукьянюк В.И., Черномаз П.А. Растениеводство. М.: Колос, 1971. 487 с.
87. Мамченков И.П. Навоз и компосты. М.: Сельхозгиз, 1956. 112 с.
88. Мамченков И.П. Научные основы использования органических удобрений. Доклад-обобщение опубликованных работ, представленных на соискание ученой степени д-ра с.-х. наук. М.: ВИУА, 1963. 45 с.
89. Мамченков И.П. Основные принципы рационального использования органических удобрений в Советском Союзе // Использование органических удобрений. М.: Колос, 1966. С. 5-22.
90. Мамченков И.П., Мирошников Л.С., Пунцов А.А. Органические удобрения как фактор повышения плодородия почв // Органические удобрения. М.: ВИУА, 1972. С. 7-16.
91. Мерзлая Г.Е., Верховцева Н.В., Селиверстова О.М., Макшакова О.В., Волошин С.П. Взаимосвязь микробиологических и агрохимических показателей дерново-подзолистой почвы при длительном применении удобрений // Проблемы агрохимии и экологии. 2012. № 2. С. 18-25.

92. Мерзлая Г.Е., Зябкина Г.А., Панкратенкова И.В. Эффективность органических и минеральных удобрений при выращивании озимой ржи // *Агрохимия*. 1997. № 3. С. 59-62.
93. Мерзлая Г.Е., Зябкина Г.А., Фомкина Т.П. Длительное применение органических и минеральных удобрений при оптимизации их доз и сочетаний на легкосуглинистой почве // *Агрохимия*. 2006. № 10. С. 33-40.
94. Мерзлая Г.Е., Зябкина Г.А., Фомкина Т.П., Бузько А.М. Эффективность сочетаний и доз органических и минеральных удобрений на озимых // *Агрохимический вестник*. 1999. № 5 С. 22-24.
95. Методическое руководство по проектированию применение удобрений в технологиях адаптивно-ландшафтного земледелия / Под ред. А.Л. Иванова, Л.М. Державин. М.: МСХ РФ, РАСХН, 2008. 392 с.
96. Милащенко Н.З. Расширенное воспроизводство плодородия почв в интенсивном земледелии Нечерноземья. М.: 1993, 864 с.
97. Минеев В.Г. *Агрохимия*. М.: Колос, 2004. 718 с.
98. Минеев В.Г. *Агрохимия и биосфера*. М.: Колос, 1984. 245 с.
99. Минеев В.Г. Интенсивное земледелие и защита окружающей среды // *Сел. хоз-во за рубежом*. 1981. № 9. С. 2-8.
100. Минеев В.Г. Экологические функции агрохимии в современном земледелии // *Агрохимия*. 2000. № 5. С. 5-13.
101. Минеев В.Г., Гомонова Н.Ф. Изменение состава ППК и буферности дерново-подзолистых почв при их окультуривании // *Докл. ВАСХНИЛ*, 1990. № 6. С. 19-24.
102. Минеев В.Г., Гомонова Н.Ф., Зенова, Г.М., Скворцова И.Н. Влияние длительного применения средств химизации на агрохимические и микробиологические свойства дерново-подзолистой почвы // *Агрохимия*. 1998. № 5. С. 5-12.

103. Минеев В.Г., Гомонова И.Ф., Овчинникова М.Ф. Плодородие и биологическая активность дерново-подзолистой почвы при длительном применении удобрений и их последствии // *Агрохимия*. 2004. №7. С. 5-10.
104. Минеев В.Г., Гомонова Г.Ф., Скворцова И.Н., Диксон Дж. Влияние органических и минеральных удобрений в период их последствия на агрохимические и микробиологические свойства дерново-подзолистой почвы.// *Агрохимия*. 1998. № 12. С. 5-10.
105. Минеев В.Г., Лебедева Л.А. Юстус Либих и современная агрохимия // *Агрохимия и качество растениеводческой продукции*. М.: Изд-во МГУ, 1991. С. 3-13.
106. Минеев В.Г., Ремпе Е.Х. *Агрохимия, экология и биология почвы*. М.: Агропромиздат, 1990. 206 с.
107. Минеев В.Г., Шевцова Л.К. Влияние длительного применения удобрений на гумус почвы и урожай культур // *Агрохимия*. 1978. № 7. С. 134-142.
108. Муравин Э.А., Титова В.И. *Агрохимия*. М.: Колос, 2010. 463 с.
109. Мосолов В.П. Гибель озими от затопления во время весенних разливов Волги // *Труд и хозяйство*. 1929. № 5. С. 12-14
110. Ненайденко Г.Н., Корчагин А.А., Коротаев Б.В. Агроэкологическая и биоэнергетическая оценка различных технологий выращивания озимой ржи // *Агрохимия*. 1994. № 9. С. 71-80.
111. Никитишен В.И. *Агрохимические основы эффективного применения удобрений в интенсивном земледелии*. М.: Наука, 1984. 214 с.
112. Никитишен В.И. *Плодородие почвы и устойчивость функционирования агроэкосистем*. М.: Наука, 2002. 258 с.

113. Никитишен В.И., Дмитракова Л.К., Личко В.И. Оценка эффективности фосфорного удобрения на серой лесной почве с учетом его последствий // *Агрохимия*. 2000. № 9. С. 41-48.
114. Никитишен В.И., Курганова Е.В. Плодородие и удобрение серых лесных почв ополей Центральной России. М.: Наука, 2007. 367 с.
115. Никитишен В.И., Личко В.И., Амелин А.А. Факторы среды, определяющие доступность растениям остаточного азота удобрения // *Агрохимия*. 2002. № 1. С. 22-31.
116. Озимая рожь (интенсивная технология). М.: Агропромиздат, 1988. 65 с.
117. Окорков В.В. О питании полевых культур азотом на серых лесных почвах Владимирского ополья // *Агрохимия*. 2006. № 1. С. 34-40.
118. Панников В.Д., Минеев В.Г. Почва, климат, удобрения и урожай. М.: Колос, 1977. 416 с.
119. Пасынков А.В., Ладонин В.Ф. Эффективность средств химизации и энергетическая оценка их применения при возделывании озимой ржи // *Агрохимия*. 1996. № 6. С. 63-71.
120. Перегудов В.Н. Планирование многофакторных полевых опытов с удобрениями и математическая обработка их результатов. М.: Колос, 1978. 182 с.
121. Петрова Л.Н. Совершенствование системы удобрения в адаптивно - ландшафтных системах земледелия // *Материалы научн.-метод. совещ. ученых-агрохимиков Географической сети опытов с удобрениями Северного Кавказа*. М.: ВНИИА, 2007. С. 26-33.
122. Помазкина Л.В. Круговорот и баланс азота в почвах южной тайги Средней Сибири // *Агрохимия*. 1985. № 7. С. 8-15.

123. Программа и методика исследований в Географической сети опытов по комплексному применению средств химизации в земледелии. М.: ВАСХНИЛ, ВИУА, 1990. 187 с.
124. Прянишников Д.Н. Азот в жизни растений и в земледелии СССР. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1945. 200 с.
125. Прянишников Д.Н. Избранные сочинения. Т.1. Агрохимия. М.: Государственное издательство сельскохозяйственной литературы, 1952. 691 с.
126. Прянишников Д.Н. Избранные произведения. Т.1. Агрохимия. М.: Колос, 1965. 767 с.
127. Прянишников Д.Н. Об удобрении полей в севооборотах. Избранные статьи. М.: Изд-во МСХ РСФСР, 1962. 254 с.
128. Рубин Б.А. Физиология растений. М.: Советская наука, 1956. 137 с.
129. Руделев Е.В. Трансформация азота почвы и азота удобрений (литературный обзор). Агрохимия. 1989. № 4. С. 113-123.
130. Савицкий М.С., Николаев М.Е. Структура урожая зерновых культур в Белоруссии. Горки, 1974. 62 с.
131. Саматов А.М. Влияние минеральных удобрений на биохимические процессы закаливания, зимостойкость и урожай озимых культур: Автореф. на соиск. учен. степени канд. с.-х. наук. Пермь, 1972. 25 с.
132. Саранин К.И., Беляков И.И. Озимая рожь в Нечерноземье. М.: Россельхозиздат, 1986. 174 с.
133. Сельское хозяйство России в 1990-2009 гг. (экономический обзор) // АПК: Экономика, управление. 2010. № 8. С. 47-57.

134. Серая Т.М., Богатырева Е.Н., Мезенцева Е.П., Бирюкова О.М. Влияние систем удобрения на продуктивность севооборота и изменение агрохимических показателей дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы // Агрохимия. 2011. № 11. С. 17-25.
135. Симакин А.И., Удобрение, плодородие почв и урожай. Краснодар, 1983. 270 с.
136. Слезкин П.Р. Зерновые злаки. М.: Новая деревня, 1928. 124 с.
137. Справочная книга по производству и применению органических удобрений / А.И. Еськов, М.Н.Новиков, С.М. Лукин и др. Владимир: ВНИПТИОУ, 2001. 495 с.
138. Созинов А.А. Урожай и качество зерна. М.: Знание, 1976. 227 с.
139. Составление проекта на применение удобрений (рекомендации) / Л.М.Державин, И.В.Колокольцева и др. М.: ФГНУ Росинформагротех, 2001. 153 с.
140. Станков Н.З. Корневая система полевых культур. М.: Колос, 1964. С. 17-52.
141. Стихин М.Ф. Возделывание озимой ржи и пшеницы в Нечерноземной полосе. Горки, 1968. 43 с.
142. Стихин М.Ф., Денисов П.В. Озимая рожь и пшеница в Нечерноземной полосе. Изд.2-е, прераб. и доп. Л.: Колос (Ленингр. отд-ние), 1977. 224 с.
143. Сычев В.Г. Организация и методология агрохимических исследований в Географической сети опытов научных учреждений «Агрохимэкосодружества» // Проблемы агрохимии и экологии. 2009. № 2. С. 18-21.

144. Сычев В.Г., Аристархов А.Н., Державин Л.М. и др. Методические указания по проведению комплексного мониторинга по плодородию почв земель сельскохозяйственного назначения. М.: ФГНУ Росинформагротех, 2003. 240 с.
145. Сычев В.Г., Лунев М.Н, Павлихина А.В. Современное состояние и динамика плодородия пахотных почв России // Плодородие. 2012. № 4. С. 5-7.
146. Тиунов А.Н., Глухих К.А., Хорькова О.А. Озимая рожь. М.: Колос, 1969. 352 с.
147. Толстоусов В.П. Удобрения и качество урожая. М.: Агропромиздат, 1986. 195 с.
148. Ушачев И. Обеспечить продовольственную безопасность Российской Федерации // АПК: экономика, управление. 2010. № 9. С. 3-16.
149. Хомяков Д.М. Производство зерна в России и рациональное природопользование // Агрехимический вестник. 2011. № 1. С. 6-9.
150. Чекмарев П.А. Итоги сельскохозяйственного года в области растениеводства и выполнение государственной программы в 2010 г. // Проблемы агрохимии и экологии. 2012. № 2. С. 63-64.
151. Шарифуллин Л.Р., Кольцов А.Х., Марьин Г.С. Интенсивная технология возделывания озимой ржи. М.: Агропромиздат, 1989. 128 с.
152. Шатилов И.С., Бебин С.И., Баранов И.К. Динамика потребления элементов минерального питания озимой рожью в зависимости от предшественников // Известия ТСХА. 1976. № 4. С. 26-35.
153. Шевцова Л.К., Дробков Ю.А. Содержание гумуса в почвах Нечерноземья при длительном удобрении. // Почвоведение. 1980. № 10. С. 113-115.

154. Шильников И.А., Аканова Н.И. Перспективы химической мелиорации кислых почв // Плодородие. 2004. № 6 (21). С. 13-14.
155. Adams N. The case against organic farming // New Science. 1990. V. 127. JV 21734. Suppl Inside ScL . P. 68.
156. Anderson A. On the influence of manure and fertilizers on the distribution and amounts of plants available Cd in soil // Swede J. Agric. Pes. 1996. V.9. № 6. P. 27.
157. Birch H.F. The effect of soil drying on humus decomposition and nitrogen availability // Plant and soil. 1958. T.10. №.1. P. 9-31.
158. Campbell C.A., Blederbeck V.O., Zentner R.P., Lafond G.P. Effect of crop rotations and cultural practices on soil organic matter, microbial biomass and respiration in thin black Chernozem // Can. J. Soil Sci. 1991. V.71. N3. P. 363-376.
159. Effect of continuous cropping and fertilization on chemical properties of soil / Subramanian K.S, Kumaraswamy K. // J. Indian Soc. Soil. Sci. 1989. 37. № 1.
160. Fog K. The effect of added nitrogen on the rate of decomposition of organic matter // Biol. Rev. 1988. V. 63. P. 433 – 462.
161. Froeschle K. Dtsch. Landwirtschaft. Presse. V. 94 No 8, 1971.
162. Grain E. Sur la vieeillissement de l'embryon de graminee. C.R., 1985. P.3.
163. Kostadinova S., Panayotova J. Energetical efficiency of durum wheat fertilization // Bulgarian Journal of agricultural science. 2002. № 8. P. 555-560.
164. Loveland P., Webb J. Is there a critical of organic matter in the agricultural soils of temperate regions: a review // Soil and Tillage Pesearch. 2003. V. 70. P.1-18.

165. Murata T., Goh K.M. Effects of cropping systems on soil organic matter in a pair of conventional and biodynamic mixed cropping farms in Canterbury // *Biology and Fertility of Soils*. 1997. V. 25. N 4. P. 372-381.
166. Nutrient content and fertilizer value of livestock manure with special reference to cow manure / Kemppainen Erkki // *Ann. Arg. Fenn.* 1989. V. 28. №3.
167. Panayotova J. Changes in durum wheat productivity depending on long-term fertilization and agrometeorological conditions // *Proc. of 2-nd Balkan symposium on field crops, Novi Sad, Yugoslavia*. 1998. V. 2. P. 353-355.
168. Sallet J. The role of fertilizers of improving herbage quality and optimization of utilization // *Optimizing yields – the role of fertilizers. International potash institute*. 1982. P.117-144.
169. Skarda M. *Hospodareni s organickymi hnojivy*. Praha, 1985. 364 s.
170. Six J., Conant R.T., Paul E.A., Paustian K. Stabilisation mechanisms of soil organic matter: implication for C-saturation of soils // *Plant and soil*. 2002. V. 241. P. 155-176.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица 1. Агрометеорологические условия в годы проведения исследований

Годы исследований	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь
	Сумма осадков, мм					
Климатическая норма	41,2	48,8	81,0	94,9	72,4	66,5
2009 г.	7,6	104,1	152,9	83,5	105,7	36,9
2010 г.	37,2	78,8	72,5	30,5	79,1	64,5
2011 г.	39,7	91,2	99,3	79,1	67,6	26,7
	Температура воздуха, °С					
Климатическая норма	5,1	12,4	15,7	16,9	15,6	10,5
2009 г.	6,4	12,1	15,1	17,3	14,8	13,0
2010 г.	7,7	15,3	18,2	22,9	20,6	11,1
2011 г.	6,8	13,3	17,7	20,4	16,7	11,9
	ГТК					
Климатическая норма	-	1,3	1,7	1,8	1,5	2,1
2009 г.	-	2,9	3,4	1,6	2,3	1,0
2010 г.	-	1,7	1,3	0,4	1,2	1,9
2011 г.	-	2,3	1,9	1,3	1,3	0,8

Таблица 2. Урожайность озимой ржи в зависимости от удобрений

№ п/п	Вариант	Урожайность озимой ржи			№ п/п	Вариант	Урожайность озимой ржи		
		2010 г.	2011 г.	в среднем за 2 года			2010 г.	2011 г.	в среднем за 2 года
1	0000	30,5	25,9	28,2	25	1114	40,0	29,6	34,8
2	3000	40,9	25,9	33,4	26	4114	41,6	29,6	35,6
3	0300	24,4	39,8	32,1	27	1414	38,8	28,2	33,5
4	0030	37,1	34,3	35,7	28	1144	39,5	33,9	36,7
5	3300	30,8	39,8	35,3	29	4414	40,5	28,1	34,3
6	3030	34,3	34,3	34,3	30	4144	36,9	33,9	35,4
7	0330	43,1	35,9	39,5	31	1444	42,7	28,3	35,5
8	3330	40,5	35,9	38,2	32	4444	39,9	28,3	34,1
9	0003	38,4	36,0	37,2	33	2222	39,7	29,5	34,6
10	3003	48,8	36,0	42,4	34	5222	39,5	29,5	34,5
11	0303	33,8	33,0	33,4	35	2522	38,9	32,1	35,5
12	0033	35,1	44,3	39,7	36	2252	42,1	33,1	37,6
13	3303	44,2	33,0	38,6	37	5522	38,7	32,1	35,4
14	3033	32,5	44,3	38,4	38	5252	38,9	33,1	36,0
15	0333	42,7	29,1	35,9	39	2552	43,8	33,0	38,4
16	3333	40,1	29,1	34,6	40	5552	40,8	33,0	36,9
17	1111	38,2	29,4	33,8	41	2225	40,1	27,7	33,9
18	4111	39,8	29,4	34,6	42	5225	40,1	27,7	33,9
19	1411	36,6	33,6	35,1	43	2525	39,6	26,6	33,1

20	1141	41,1	33,7	37,4	44	2255	40,2	31,4	35,8
21	4411	38,2	33,6	35,9	45	5525	39,4	26,6	33,0
22	4141	38,5	33,7	36,1	46	5255	37,2	31,4	34,3
23	1441	43,6	33,8	38,7	47	2555	42,6	27,4	35,0
24	4441	41,0	33,8	37,4	48	5555	39,6	27,4	33,5

Таблица 3. Влияние органических и минеральных удобрений в действии и последействии на урожайность озимой ржи

	Действие (1981-1983 гг.)*			Последействие (2010-2011 гг.)		
	урожайность, ц/га	прибавка		урожайность ц/га	прибавка	
		ц/га	%		ц/га	%
0000	20,9	-	-	28,2	-	-
0003	22,3	1,4	6,7	37,2	9,0	31,9
3330	28,0	7,1	34,0	38,2	10,0	35,5
1111	28,1	7,2	34,4	33,8	5,6	19,9
2222	29,1	8,2	39,2	34,6	6,4	22,7
3333	28,2	7,3	34,9	34,6	6,4	22,7
4444	26,8	5,9	28,2	34,1	5,9	20,9
5555	25,8	4,9	23,4	33,5	5,3	18,8
НСР ₀₅	3,2			1,5		

* данные лаборатории агрохимии органических удобрений ВНИИА

Таблица 4. Содержание азота, фосфора и калия в зерне озимой ржи в зависимости от органических и минеральных удобрений

Вариант	N,%		P ₂ O ₅ ,%		K ₂ O,%	
	2010 г.	2011 г.	2010 г.	2011 г.	2010 г.	2011 г.
0000	1,73	1,30	0,87	0,60	0,78	0,54
3000	1,76	1,47	0,89	0,66	0,77	0,49
0300	2,20	1,31	1,08	0,71	0,94	0,55
0030	1,47	1,52	0,82	0,66	0,80	0,54
0003	1,55	1,84	0,94	0,69	0,91	0,58
3330	1,38	1,26	0,78	0,62	0,66	0,50
1111	1,47	1,16	0,78	0,71	0,66	0,55
2222	1,50	0,99	0,80	0,66	0,71	0,46
3333	1,56	1,24	0,92	0,66	0,89	0,49
4444	1,57	1,45	0,89	0,73	0,74	0,49
5555	1,52	1,4	0,80	0,73	0,74	0,55

Таблица 5. Вынос питательных веществ основной продукцией озимой ржи

Вариант опыта	Вынос, кг/га			Вариант опыта	Вынос, кг/га		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
0000	65,3	33,1	59,0	1114	82,5	49,3	95,9
3000	77,7	42,0	81,9	4114	84,0	45,1	91,8
0300	100,9	55,8	82,0	1414	81,0	51,7	107,2
0030	85,0	47,7	96,4	1144	95,1	49,8	130,2
3300	76,6	48,6	97,1	4414	89,0	53,8	103,9
3030	79,7	42,0	85,5	4144	88,2	49,1	115,1

0330	79,8	53,9	96,8	1444	78,7	50,1	109,6
3330	77,5	47,1	81,6	4444	81,6	53,2	106,4
0003	83,9	51,4	87,0	2222	70,2	48,2	93,3
3003	96,9	53,0	88,3	5222	97,4	59,6	106,4
0303	80,4	53,0	73,2	2522	77,2	55,0	94,4
0033	98,9	54,7	103,8	2252	84,7	56,7	109,5
3303	93,8	53,0	87,5	5522	93,8	59,7	122,0
3033	100,1	57,0	115,8	5252	80,3	50,9	106,9
0333	68,5	43,8	89,2	2552	80,2	56,5	105,3
3333	77,7	50,5	98,6	5552	91,9	56,9	124,7
1111	79,5	51,4	99,6	2225	83,9	53,8	104,5
4111	73,3	45,9	95,5	5225	79,9	50,8	102,1
1411	95,7	49,3	104,2	2525	77,9	53,0	108,7
1141	80,3	48,1	95,0	2255	83,9	51,2	110,0
4411	71,1	52,2	92,7	5525	73,7	48,3	97,2
4141	78,6	51,2	113,8	5255	80,4	52,3	117,8
1441	76,2	55,9	109,1	2555	80,4	56,8	104,0
4441	90,4	50,3	109,5	5555	73,8	48,7	100,5

Таблица 6. Влияние органических и минеральных удобрений на содержание нитратного азота в почве в среднем по двум полям

Вариант опыта	Содержание нитратного азота в почве, мг/кг		
	май*	июнь	август
0000	3,0	9,4	5,4
3000	6,4	10,8	5,9
0300	1,2	10,9	5,7
0030	12,8	10,0	5,9
0003	3,5	9,8	5,3
3330	14,6	10,5	5,3
1111	2,2	13,6	5,9
2222	4,5	12,1	6,7
3333	5,5	12,6	6,6
4444	2,6	11,6	6,5
5555	3,9	12,7	6,9

* данные за май приведены за 2011 г.

Таблица 7. Химический состав озимой ржи, 2010 г.

№ п/п	Делянка	Вариант	Зерно				Солома		
			белок, %	N, %	P, %	K, %	N, %	P, %	K, %
1	47	5255	8,7	1,52	0,37	0,61	0,48	0,22	1,24
2	209	3003	8,6	1,50	0,38	0,63	0,51	0,19	0,92
3	173	3303	10,1	1,78	0,40	0,67	0,56	0,18	1,22
4	63	2522	8,3	1,46	0,36	0,57	0,45	0,25	1,34
5	189	0330	9,0	1,58	0,41	0,67	0,53	0,26	1,43

6	100	4444	8,9	1,57	0,39	0,62	0,46	0,18	1,47
7	138	1141	8,3	1,46	0,36	0,59	0,43	0,16	1,24
8	45	5552	8,4	1,47	0,34	0,57	0,58	0,23	1,61
9	46	5222	9,5	1,67	0,39	0,61	0,66	0,28	1,51
10	48	2225	9,1	1,60	0,40	0,64	0,65	0,24	1,36
11	82	1144	11,3	1,98	0,39	0,72	0,77	0,15	2,14
12	137	4441	10,5	1,84	0,39	0,74	0,78	0,20	1,69
13	155	0003	8,8	1,55	0,41	0,76	0,43	0,16	1,10
14	153	0030	8,4	1,47	0,36	0,67	0,52	0,17	1,38
15	191	3333	8,9	1,56	0,40	0,74	0,55	0,19	1,42
16	28	5252	8,2	1,43	0,35	0,56	0,67	0,26	1,66
17	210	0303	8,6	1,51	0,38	0,63	0,55	0,22	0,96
18	208	3030	7,8	1,36	0,37	0,63	0,40	0,12	0,92
19	81	4114	10,1	1,77	0,40	0,65	0,59	0,14	1,49
20	120	1411	10,0	1,76	0,37	0,59	0,72	0,19	1,60
21	12	2255	9,3	1,63	0,35	0,59	0,60	0,19	1,59
22	66	5525	8,2	1,43	0,32	0,57	0,54	0,24	1,48
23	156	0333	6,7	1,17	0,31	0,60	0,46	0,18	1,20
24	192	0033	9,2	1,61	0,38	0,74	0,66	0,18	1,43
25	154	0300	12,5	2,20	0,47	0,78	0,72	0,16	0,93
26	27	5522	9,0	1,58	0,34	0,67	0,60	0,18	1,50
27	11	5225	8,3	1,45	0,33	0,65	0,59	0,22	1,49
28	30	5555	8,7	1,52	0,35	0,62	0,54	0,22	1,55
29	10	2552	9,0	1,58	0,39	0,65	0,65	0,26	1,82
30	9	2222	8,6	1,50	0,35	0,59	0,55	0,19	1,43

31	207	0000	9,9	1,73	0,38	0,65	0,62	0,12	1,03
32	172	3330	7,9	1,38	0,34	0,55	0,52	0,21	1,30
33	135	4414	10,1	1,77	0,41	0,67	0,73	0,24	1,56
34	99	1414	10,1	1,78	0,40	0,65	0,63	0,22	1,76
35	64	2252	8,9	1,57	0,39	0,68	0,55	0,25	1,52
36	119	4111	8,8	1,54	0,35	0,56	0,53	0,19	1,48
37	190	3300	8,1	1,42	0,38	0,66	0,40	0,17	1,26
38	117	4144	9,6	1,68	0,39	0,66	0,56	0,18	1,59
39	118	1444	9,4	1,65	0,36	0,62	0,50	0,20	1,77
40	29	2525	8,4	1,47	0,36	0,89	0,64	0,21	1,47
41	65	2555	10,0	1,75	0,50	0,67	0,44	0,22	1,43
42	84	1441	8,0	1,41	0,37	0,61	0,40	0,20	1,46
43	101	4411	8,1	1,42	0,36	0,61	0,42	0,21	1,31
44	83	4141	7,8	1,36	0,35	0,59	0,49	0,20	1,42
45	102	1111	8,4	1,47	0,34	0,55	0,74	0,23	1,64
46	136	1114	10,1	1,77	0,41	0,68	0,54	0,19	1,39
47	174	3033	9,6	1,68	0,41	0,69	0,54	0,18	1,66
48	171	3000	10,0	1,76	0,39	0,64	0,67	0,17	1,24

Таблица 8. Химический состав озимой ржи, 2011 г.

№ п/п	Делянка	Вариант	Зерно				Солома		
			белок, %	N, %	P,%	K, %	N, %	P, %	K, %
1	12	1411	8,0	1,40	0,27	0,46	0,47	0,12	0,62
2	173	3300	8,1	1,42	0,31	0,52	0,39	0,12	0,82
3	84	5225	8,4	1,47	0,37	0,58	0,56	0,17	0,86
4	208	0333	8,1	1,42	0,31	0,49	0,49	0,14	0,88
5	117	2522	7,7	1,35	0,31	0,45	0,52	0,18	0,81
6	47	4141	6,8	1,19	0,26	0,44	0,61	0,18	1,24
7	190	0003	10,5	1,84	0,30	0,48	0,66	0,15	0,58
8	154	0303	7,3	1,28	0,30	0,42	0,50	0,16	0,51
9	29	1141	7,9	1,38	0,29	0,45	0,61	0,17	0,92
10	48	4411	5,9	1,04	0,27	0,39	0,56	0,21	0,84
11	209	3330	7,2	1,26	0,27	0,42	0,43	0,14	0,56
12	120	5525	8,6	1,50	0,31	0,48	0,55	0,20	1,07
13	118	2252	8,0	1,41	0,30	0,41	0,53	0,18	1,01
14	207	3033	8,0	1,41	0,26	0,38	0,59	0,17	0,76
15	138	2555	8,9	1,56	0,34	0,51	0,63	0,21	1,26
16	66	1111	6,6	1,16	0,31	0,46	0,46	0,18	0,69
17	102	2525	6,1	1,07	0,30	0,43	0,52	0,22	0,85
18	137	2225	8,9	1,56	0,33	0,49	0,63	0,21	1,40
19	10	4144	7,9	1,39	0,25	0,40	0,60	0,17	1,16
20	101	5555	8,0	1,40	0,32	0,46	0,49	0,19	1,03
21	99	5522	9,1	1,59	0,31	0,45	0,66	0,21	1,05

22	11	4441	6,6	1,16	0,27	0,43	0,41	0,14	0,72
23	153	0033	7,8	1,36	0,27	0,42	0,51	0,15	0,80
24	155	0330	7,4	1,30	0,28	0,44	0,50	0,15	0,81
25	119	5255	8,8	1,55	0,30	0,44	0,62	0,22	1,93
26	136	5552	9,4	1,65	0,31	0,42	0,58	0,20	1,33
27	171	3003	9,6	1,68	0,27	0,44	0,78	0,18	0,93
28	63	1144	7,2	1,27	0,31	0,48	0,49	0,18	0,85
29	65	1441	7,2	1,26	0,32	0,46	0,46	0,18	0,91
30	27	1444	7,2	1,27	0,29	0,42	0,57	0,21	0,91
31	210	0030	8,7	1,52	0,29	0,45	0,76	0,20	0,96
32	156	0000	7,4	1,30	0,26	0,45	0,44	0,14	0,53
33	192	0300	7,5	1,31	0,31	0,46	0,53	0,18	0,67
34	28	4414	8,6	1,51	0,31	0,49	0,56	0,19	0,99
35	174	3030	8,9	1,56	0,25	0,45	0,68	0,16	1,06
36	81	5252	6,2	1,08	0,30	0,43	0,50	0,20	0,93
37	64	1414	6,8	1,20	0,30	0,42	0,51	0,19	0,91
38	189	3303	9,1	1,59	0,30	0,40	0,61	0,19	0,67
39	82	2222	5,6	0,99	0,29	0,38	0,40	0,18	0,77
40	135	5222	10,0	1,75	0,33	0,45	0,68	0,18	0,95
41	100	2552	7,0	1,22	0,30	0,39	0,53	0,22	0,92
42	172	3333	7,1	1,24	0,29	0,41	0,49	0,17	0,80
43	83	2255	7,5	1,32	0,30	0,42	0,63	0,23	1,20
44	45	4444	8,3	1,45	0,32	0,41	0,64	0,23	1,12
45	191	3000	8,4	1,47	0,29	0,41	0,56	0,18	1,02
46	46	4114	9,5	1,67	0,32	0,45	0,69	0,22	0,99

47	9	1114	7,3	1,28	0,26	0,40	0,59	0,18	0,89
48	30	4111	5,9	1,04	0,25	0,38	0,50	0,16	0,82

Таблица 9. Экономическая эффективность действия органических и минеральных удобрений в севообороте

Вариант	Затраты на применение удобрений за 30 лет, руб./га	Прибавка урожая в среднем за 30 лет, ц/га	Стоимость прибавки урожая, руб./га	Условно чистый доход, руб./га	Окупаемость 1 руб. затрат, руб
0000	-	-	-	-	-
3000	505	4,2	2100	1595	3,2
0300	505	1,6	800	300	0,6
0030	505	4,3	2150	1645	3,3
3330	1515	9,6	4800	3285	2,2
0003	2112	5,2	2600	408	0,2
1111	1209	6,6	3300	2091	1,7
2222	2418	8,8	4400	1982	0,8
3333	3627	8,0	4000	373	0,1
4444	4836	7,7	3850	-	-
5555	6045	7,5	3750	-	-