

На правах рукописи

Абдрашитов Ринат Римович

**ВЛИЯНИЕ ОСНОВНОГО ВНЕСЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ
НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ЯРОВОЙ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ
В ОРЕНБУРГСКОМ ПРЕДУРАЛЬЕ**

Специальность 06.01.04 – агрохимия

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Саратов – 2014

Работа выполнена в государственном научном учреждении «Оренбургский научно-исследовательский институт сельского хозяйства»

Научный руководитель – доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Крючков Анатолий Георгиевич,

Официальные оппоненты: **Попов Геннадий Николаевич,**
доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ», кафедра земледелия, мелиорации и агрохимии, профессор;

Ярошенко Татьяна Михайловна,
кандидат сельскохозяйственных наук,
ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока»,
лаборатория плодородия, заведующая

Ведущая организация – **ФГБОУ ВПО «Оренбургский государственный аграрный университет»**

Защита состоится 29 декабря 2014 года в 15 часов на заседании диссертационного совета Д 220.061.05 при федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова» по адресу: 410012, г. Саратов, Театральная площадь, д. 1.

E-mail: dissoveto1@sgau.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ» и на сайте www.sgau.ru

Автореферат разослан « ____ » _____ 2014 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета

Нарушев Виктор Бисенгалиевич

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. На современном этапе развития сельского хозяйства России особую значимость приобрела проблема перехода к инновационному земледелию. Необходимость этого перехода стала более острой в связи с вступлением России в ВТО, большая часть стран которой располагают лучшими природными условиями, обеспечивающими получение высокой урожайности, низкой себестоимости и лучшей окупаемости продукции.

Степные засушливые регионы России лишены этого преимущества, но способны производить растениеводческую продукцию значительно более высокого качества и без экологических проблем. Это определило важность и актуальность поиска технологий, позволяющих более рационально использовать зональные особенности почвенно-климатических условий, материальные и энергетические ресурсы, выбирать экономически выгодные культуры и строить систему удобрений, обеспечивающую увеличение урожайности, повышение качества продукции, сохранение плодородия почв.

Яровая твердая пшеница – основная зерновая культура, формирующая высококачественное зерно в Оренбургской области. По ее посевным площадям регион занимает одно из первых мест в России, а увеличение валовых сборов высококачественного зерна невозможно без применения удобрений.

Актуальность выбранной темы исследования определилась слабой изученностью особенностей минерального питания яровой твердой пшеницы в системе зональных севооборотов при основном внесении видов, доз и соотношений минеральных удобрений.

Исследования проводились в рамках темы «Усовершенствовать систему применения минеральных удобрений в зернопаровых севооборотах, обеспечивающую сохранение плодородия почвы и получение экологически чистой продукции» (№ гос. регистрации 04.06.02.01), которая являлась составной частью плана научной работы ГНУ «Оренбургский НИИСХ».

Степень разработанности темы исследований. В условиях резко изменяющейся в летний период погоды прямое действие минеральных удобрений на продуктивность проявлялось неоднозначно. В годы засух оно практически отсутствовало, но могло быть значительным в последствии, а также в благоприятные по увлажнению годы. Проведенные А.Е. Солнцевой (1963), В.А. Михаревым (1965), И.И. Гридасовым (1977), А.В. Ряховским (1985), В.А. Андреевой (1988) краткосрочные опыты позволили рекомендовать в качестве оптимальных дозы от 40 до 60 кг/га по азоту и фосфору и половинные дозы для припосевного внесения, главным образом, для яровой мягкой пшеницы.

Исследования по основному внесению минеральных удобрений под яровую твердую пшеницу В.М. Андреевой (1988), Р.Х. Абдрашитова (2003), И.Н. Бесалиева (2004), А.Г. Крючкова (2007) были выполнены на старых сортах в

краткосрочных опытах по разным предшественникам. В 1972 году на базе Оренбургской государственной сельскохозяйственной опытной станции был заложен стационарный опыт с удобрениями в системе пятипольного севооборота по схеме ВИУА, который продолжается и в настоящее время. Материалы этого опыта длительное время не обобщались. Не были изучены корреляционные связи между действующими факторами и продуктивностью. В настоящее время потребовалось провести анализ данных этого длительного стационара, как в разрезе культур, так и всего севооборота с точки зрения сохранения плодородия почвы, повышения продуктивности и экономической эффективности. Наши исследования с культурой яровой пшеницы явились частью этого анализа.

Цель исследований заключалась в научном обосновании основного внесения видов, доз и соотношений минеральных удобрений под яровую твердую пшеницу в Оренбургском Предуралье для обеспечения более стабильных сборов ее зерна высокого качества при сохранении плодородия почвы.

В задачи исследований входило:

1. Изучить особенности потребления основных элементов питания в условиях различной влагообеспеченности яровой твердой пшеницы при внесении разных доз и соотношений минеральных удобрений;
2. Дать анализ динамики содержания фосфора в почве за четыре ротации пятипольного севооборота на агрохимическом стационаре;
3. Установить особенности формирования разного уровня урожайности яровой твердой пшеницы в связи с применением различных видов, доз и соотношений основного удобрения в длительном стационарном опыте;
4. Выявить зависимости урожайности и белковости зерна яровой твердой пшеницы от запасов элементов питания в почве, их соотношений и влагообеспеченности;
5. Установить роль различных уровней питания в формировании показателей качества зерна, его химического состава и технологических свойств;
6. Выполнить энергетическую и экономическую оценку различных вариантов основного внесения минеральных удобрений при выращивании яровой твердой пшеницы.

Научная новизна. Впервые для степной зоны Оренбургского Предуралья на черноземе обыкновенном в системе пятипольного зернопарового севооборота были изучены: динамика содержания и запасов основных элементов питания по слоям почвы, их вынос и баланс под посевами яровой твердой пшеницы, размещаемой второй культурой после пара. Установлены корреляционные связи между этими агрохимическими показателями и урожайностью. Обоснованы оптимальные варианты основного удобрения, обеспечивающие поддержание плодородия почвы, повышение сборов белка, стабильное получение зерна с высокими технологическими показателями.

Теоретическая и практическая значимость работы заключалась в установлении закономерностей распределения запасов азота, фосфора и калия в почвенных слоях чернозема обыкновенного к посеву яровой твердой пшеницы в зависимости от доз и соотношений основного внесения удобрений, выявлении их связей с выносом, балансом питательных веществ и урожайностью, определении закономерностей динамики запасов фосфора за четыре ротации севооборота с учетом внесения различных доз NPK. Доказано последовательное накопление запасов фосфора от ротации к ротации севооборота. Установлено закономерное повышение урожайности яровой твердой пшеницы при дозах удобрения, превышающих вынос элементов питания.

Установлено, что в зональной системе удобрения яровой твердой пшеницы недооценивается значимость калия. При изученных дозах (20-40 кг/га) внесения его баланс складывался отрицательным.

Использование разработанных моделей позволило более эффективно применить минеральные удобрения в засушливой степи Оренбургского Предуралья, дифференцируя их дозы с учетом плодородия землепользования, назначения продукции и возможностей хозяйствующего субъекта.

Результаты исследований внедрены в СПК «колхоз» имени Ю.А. Гагарина Оренбургского района на площади 100 га. Экономический эффект составил 5715 рублей с 1 га.

Методология и методы исследований. В основу методологии исследований положена методика полевых опытов с удобрениями Географической сети ВИУА, дополненная методами общепринятых агрохимических анализов по установленным ГОСТам, методами дисперсионного и нелинейного корреляционно-регрессионного анализа цифровых данных.

Положения диссертации, выносимые на защиту:

- закономерности действия основного внесения видов, доз и соотношений минеральных удобрений на изменение запасов азота, фосфора и калия в разных слоях почвы, их выноса и баланса при формировании урожайности яровой твердой пшеницы различного уровня;

- характер накопления запасов фосфора в почве при систематическом внесении удобрений под яровую твердую пшеницу в длительном стационарном опыте и его влияние на формирование различных уровней урожайности;

- целесообразность дифференцированного подхода к выбору доз и соотношений элементов минерального питания в целях поддержания плодородия почвы, повышения показателей качества зерна и его пригодности для выработки макаронных изделий;

- экономическое и энергетическое обоснование эффективности различных вариантов основного внесения минеральных удобрений при выращивании яровой твердой пшеницы в засушливой степи Оренбургского Предуралья.

Степень достоверности результатов проведенных исследований подтвердилась теоретически обоснованным подбором типичных для степного Оренбургского Предуралья объектов исследований, существенным объемом полевых экспериментов и лабораторных анализов, проведенных по действующим и принятым в ВИУА и других НИИ методикам и стандартам, использованием методов дисперсионного и корреляционно-регрессионного анализа.

Апробация работы. Результаты исследований докладывались на ежегодных заседаниях Учёного Совета ГНУ «Оренбургский НИИСХ» (г. Оренбург, 2006-2013 гг.), на Всероссийской научно-практической конференции к 170-летию со дня рождения К.А. Тимирязева «Перспективное направление инновационного развития сельского хозяйства» (г. Ульяновск, 2013).

Публикации в печати. Материалы диссертации опубликованы в 12 печатных работах, в т.ч. в рецензируемых журналах ВАК РФ – 12.

Объём и структура диссертации. Диссертация изложена на 219 страницах компьютерного текста, состоит из введения, 6 глав, заключения и предложений производству и научным организациям, содержит 45 таблиц, 14 рисунков и 31 приложения. Список использованной литературы содержит 183 источника, в том числе 7 иностранных авторов.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении и первой главе (обзор литературы) рассмотрены результаты исследований с основным внесением видов, доз и соотношений минеральных удобрений под зерновые культуры, как в краткосрочных опытах, так и при систематическом их применении в севооборотах. Прослежена значимость основных элементов питания для повышения продуктивности и улучшения качества продукции. Показана слабая изученность их роли при возделывании яровой твёрдой пшеницы в степной зоне Южного Урала, где основное внимание уделялось удобрению яровой мягкой пшеницы (В.Д. Панников, В.Г. Минеев, 1977; Д.А. Аникст, 1981; А.В. Ряховский, И.А. Батулин, А.П. Березнев, 2004), а также рядковому внесению фосфорных удобрений при посеве под яровую твёрдую пшеницу (И.И. Гридасов, В.М. Андреева, 1977).

Во второй главе изложены почвенно-климатические условия, схема опытов и методика исследований. Экспериментальная работа проводилась на базе ОПХ «Урожайное» Оренбургского НИИСХ.

Почва зоны исследований – обыкновенный среднесуглинистый чернозем с содержанием в слое 0-30 см; гумуса – 4,74-5,5%, общего азота – 0,17-0,21% , рН – 7,2-7,3, подвижного фосфора – 2,3-2,8 мг на 100 г почвы (по Б.П. Мачигину), обменного калия – 26,7-38,4 мг на 100 г почвы. Реакция почвенного раствора слабощелочная, близкая к нейтральной.

Климат зоны – резко континентальный с холодной зимой и жарким суховейным летом, коротким весенне-летним периодом, малым атмосферным увлажнением и высоким дефицитом влажности воздуха в период вегетации. Гидротермический коэффициент зоны исследований был равен 0,6-0,8.

Погодные условия периодов вегетации яровой твердой пшеницы в период исследований были контрастными. Наилучшими они были в 2008 году (ГТК = 0,77, коэффициент влагообеспеченности по А.М. Алпатьеву = 0,41), затем следуют условия вегетации 2006 года (ГТК = 0,66 и К влагооб. = 0,35). Условия 2009 года были засушливыми (ГТК = 0,40, К влагооб. = 0,26), а 2010 года – экстремально засушливыми (ГТК = 0,008, К влагооб. = 0,12).

Исследования проводились на многолетнем стационаре с внесением удобрений по схеме Географической сети ВИУА в пятипольном севообороте: 1. Чистый пар; 2. Озимая рожь; 3. Яровая твердая пшеница; 4. Просо; 5. Яровая мягкая пшеница.

Схема опыта: 1. Без удобрений (контроль); 2. N₄₀P₄₀; 3. N₄₀K₂₀; 4. P₄₀K₂₀; 5. N₄₀P₄₀-K₂₀; 6. N₈₀P₈₀K₄₀; 7. N₂₀P₂₀K₁₀; 8. N₈₀P₄₀K₂₀; 9. N₄₀P₈₀K₂₀; 10. N₈₀P₂₆₀K₁₄₀ (в запас) + N₈₀ ежегодно; 11. N₂₀P₄₀K₂₀; 12. N₄₀P₂₀K₂₀; 13. N₈₀P₁₂₀K₄₀; 14. N₁₂₀P₈₀K₄₀ (по 11-14 вариантам агрохимические исследования не проводились). Удобрения (мочевина, двойной гранулированный суперфосфат, хлористый калий) вносились осенью под вспашку. Повторность – четырехкратная. Площадь посевной делянки 450 м² (7,5х60), учетной – 240 м² (4х60).

Применялась общепринятая для зоны агротехника возделывания яровой твердой пшеницы. Высевался сорт Оренбургская 21.

Наблюдения и исследования:

1. Агрохимическая характеристика участка определялась осенью, перед закладкой опыта и в конце ротации севооборота по каждому варианту двух несмежных повторений.

2. Фенологические наблюдения за растениями яровой твердой пшеницы проводились в течение вегетации по методике Госсортсети (1971).

3. Подсчет густоты стояния растений осуществлялся на закрепленных площадках размером 0,25 м², структура урожая и элементы продуктивности растений – по методике Госсортсети (1971).

4. Определение подвижных питательных веществ осуществлялось в почве двух несмежных повторений по слоям 0-30 и 30-60 см. Нитратный азот – ионоселективным методом, фосфор – по Б.П. Мачигину, калий – в углеаммонийной вытяжке методом пламенной фотометрии.

5. Влажность почвы определялась в четырех точках делянки на вариантах 1 и 6 двух несмежных повторений на глубину 1 м, через каждые 10 см.

6. Урожайность учитывалась путем сплошной уборки учетной площади каждой делянки комбайном «Сампо».

7. Химический состав зерна и соломы определяли на вариантах 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 в фазе полной спелости пшеницы.

8. Вынос питательных веществ с урожаем рассчитывался после определения химического состава зерна и соломы с учётом урожайности зерна и соломы и влажности образцов.

9. Расчет баланса питательных веществ выполнялся по методике А.В. Ряховского (1992).

10. Влажность зерна определялась по ГОСТ 13586.5 – 93, сортовая чистота – по ГОСТ 30483 – 97; масса 1000 семян – по ГОСТ 12042 – 80.

11. Технологические качества зерна яровой твердой пшеницы определяли в средних пробах с вариантов. Классность зерна – в соответствии с ГОСТ Р52554-2006.

12. Экологическая оценка продукции проводилась в лаборатории токсикологии областной станции защиты растений.

13. Энергетическая оценка технологий возделывания осуществлялась по методике В.П. Лухменёва, К.В., Шпартакова, Н.С. Чугуновой (1998).

14. Экономическая оценка выполнена по нормативам и расценкам, принятым на основании расчета технологических карт.

15. Дисперсионный, корреляционно-регрессионный анализы проведены по Б.А. Доспехову (1968, 1985) с помощью персонального компьютера Pentium с использованием программы statgraphics для поиска криволинейных связей и расчета уровней поверхности отклика.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В третьей главе приводятся результаты влияния различных доз и соотношений основного внесения минеральных удобрений на состояние посевов яровой твердой пшеницы.

Рост и развитие растений яровой твердой пшеницы. Яровая твердая пшеница на обыкновенном черноземе Оренбургского Предуралья при размещении второй культурой после пара завершала свою вегетацию за 95 дней (92-98 дней) при продолжительности периода: посев-колошение 52 дня (48-57 дней) и колошение-полная спелость 43 дня (41-47 дней). На продолжительность периодов влияли условия года. Влияния удобрений не обнаружено.

Все изученные варианты основного внесения удобрений способствовали увеличению числа всходов на 10-42 шт./м² и повышению полевой всхожести на 2,2-9,1% при показателях контроля соответственно 301 шт./м² и 66,9%.

Количество сохранившихся растений к уборке на всех удобренных вариантах превышало контроль на 8-38 шт./м², благодаря повышенной на 1,8-8,3% выживаемости по сравнению с контролем (48,7%).

Наибольшее количество продуктивных стеблей в сравнении с контролем сформировалось на вариантах применения удобрений $N_{40}P_{40}$ (+33 шт.), $P_{40}K_{20}$ (+30 шт.), $N_{40}P_{40}K_{20}$ (+32 шт.) и $N_{40}P_{80}K_{20}$ (+20 шт.). Меньше всех была прибавка количества продуктивных стеблей на вариантах $N_{20}P_{20}K_{10}$ (+15 шт.), $N_{80}P_{40}K_{20}$ (+11 шт.), $N_{80}P_{80}K_{40}$ (+1 шт.) и $N_{40}K_{20}$ (+8 шт.).

Увеличению длины колоса на 0,7-0,6 см (14-12%) по сравнению с контролем (5 см) способствовали дозы: $N_{80}P_{260}K_{140}$, $N_{40}P_{80}K_{20}$ и $N_{40}P_{40}K_{20}$.

Наибольшая масса зерна с 1 колоса отмечена на вариантах $N_{40}P_{80}K_{20}$ (0,80 г), $N_{40}P_{40}K_{20}$ (0,79 г) и $N_{40}P_{40}$ (0,75 г). Масса зерна с 1 колоса в этих вариантах превосходила контроль на 0,16-0,11 г или 25-17,2%.

Число зерен в колосе на вариантах с удобрениями было на 1-3 шт. больше, чем на контроле (+5,6-16,7%), где насчитывалось 18 зерен.

Масса 1000 зерен на контроле составила 32,77 грамма, тогда как по вариантам удобрений колебалась в пределах $33,03 \div 37,50$ г. Наиболее крупное зерно сформировалось на фонах $N_{40}P_{80}K_{20}$ (37,5 г) и $N_{20}P_{20}K_{10}$ (35,98 г). Оно было тяжелее, чем на контроле на 4,73-2,38 г.

Выход зерна из урожая яровой твердой пшеницы ($K_{хоз}$) при средней величине по опыту 26,25% на удобренных фонах был выше, чем в контроле, на 0,27%. Лучшими отношениями зерна к соломе отличались варианты $N_{40}P_{40}$, $P_{40}K_{20}$, $N_{40}P_{40}K_{20}$, $N_{80}P_{40}K_{20}$, $N_{40}P_{80}K_{20}$ и $N_{40}K_{20}$ (+0,42-0,39%). Отклонение в худшую сторону обнаружено только на варианте $N_{80}P_{80}K_{40}$.

Наибольший сбор соломы был характерен для вариантов $N_{80}P_{80}K_{40}$ (+79,1 г/м²) и $P_{40}K_{20}$ (+64,3 г/м²). Здесь он был выше контроля на 33-26,8%. В вариантах $N_{40}P_{40}$, $N_{40}P_{40}K_{20}$, $N_{20}P_{20}K_{10}$, $N_{40}P_{80}K_{20}$, $N_{80}P_{260}K_{140}$ прибавки сбора соломы составили от 47,2 до 58 г/м² или на 19,7-24,2% больше контроля.

Водопотребление яровой твердой пшеницы. Рост и развитие растений яровой твердой пшеницы за годы проведения эксперимента проходили при суммарном испарении влаги за май – август, равном 1214,1 мм (1037,2-1676,8 мм) и коэффициенте влагообеспеченности 0,26 ед. (0,41-0,12 ед.). В первой половине вегетации коэффициент влагообеспеченности составлял 0,42 (0,67-0,26 ед.), во второй – 0,17 ед. (0,26-0,07 ед.). Удобренные варианты в среднем за четыре года полевых опытов снизили коэффициенты водопотребления на 292,4 м³/т (9%), а за три года (без 2010 года) на 377,2 м³/т (18,4%) при средних показателях на контроле 3245,8 и 2055,2 м³/т соответственно.

Более рационально по сравнению с контролем расходовали влагу растения яровой твердой пшеницы в вариантах: $N_{80}P_{120}K_{40}$ (-226,4 м³/т), $N_{120}P_{80}K_{40}$ (-340,9 м³/т), $N_{20}P_{40}K_{20}$ (-379,6 м³/т), $N_{20}P_{20}K_{10}$ (-389,0 м³/т), $N_{80}P_{80}K_{40}$ (-389,5 м³/т) и $N_{80}P_{40}K_{20}$ (-405,2 м³/т), но рациональнее всех оказались $P_{40}K_{20}$ (-583 м³/т), $N_{40}P_{40}K_{20}$ (-559,6 м³/т), $N_{40}P_{80}K_{20}$ (-527,2 м³/т), $N_{40}P_{40}$ (-498,4 м³/т) и $N_{40}K_{20}$ (-413,3 м³/т). Снижение по сравнению с контролем составило 28,4-20,1%.

Запасы элементов питания на фоне различных доз и соотношений минеральных удобрений. Удобрение, внесенное под основную обработку, способствовало повышению содержания и запасов элементов питания в почве.

Наибольшими запасами азота в почве к посеву отличались варианты $N_{80}P_{40}K_{20}$, $N_{80}P_{80}K_{40}$ и $N_{80}P_{260}K_{140}$ в слое 0-60 см они составляли 336,1; 334,5 и 328,6 кг/га (+158,9; 157,3 и 151,4 кг/га или +89,7; 88,7 и 85,4%), в слое 0-30 см они составляли 137,3 кг/га (+39,9 кг или 41,0% к контролю), 180,2 кг (+82,8 кг или 85,0%) и 180,6 кг (+83,2 кг или 85,4%) (табл. 1).

Таблица 1 – Запасы азота, фосфора и калия перед посевом яровой твердой пшеницы в почве на разных фонах минеральных удобрений (среднее за 2006, 2008-2010 гг.), кг на 1 га

№ п/п	Вариант опыта	Азот (N-NO ₃)		Фосфор (P ₂ O ₅)		Калий (K ₂ O)	
		0-30 см	30-60 см	0-30 см	30-60 см	0-30 см	30-60 см
1	Контроль	97,4	79,8	79,8	68,5	921	668
2	$N_{40}P_{40}$	140,3	115,2	158,7	84,1	1000	729
3	$N_{40}K_{20}$	138,6	111,6	82,4	58,1	930	687
4	$P_{40}K_{20}$	117,6	91,7	168,0	88,9	957	685
5	$N_{40}P_{40}K_{20}$	152,0	128,9	157,1	86,2	997	732
6	$N_{80}P_{80}K_{40}$	180,2	154,3	196,6	134,3	991	745
7	$N_{20}P_{20}K_{10}$	136,1	118,0	165,5	84,4	1064	718
8	$N_{80}P_{40}K_{20}$	137,3	148,8	161,3	84,4	979	670
9	$N_{40}P_{80}K_{20}$	143,5	143,5	195,8	148,0	980	720
10	$N_{80}P_{260}K_{140}$ (в запас)	180,6	148,0	216,7	150,0	1023	688

Перед уборкой запасы азота в слое 0-30 см по этим вариантам составляли 89,1; 94,1 и 91,6 кг/га (+28,6; 33,6 и 31,1 кг/га или 47,3; 55,5 и 51,4% к контролю), в слое 30-60 см – 65,3; 62,6 и 61,7 кг/га (+29,0; 26,3 и 25,4 кг/га или 79,9; 72,4 и 70,0%) и в слое 0-60 см – соответственно 154,4; 156,6 и 153,3 кг/га, что выше, чем в контроле на 57,6; 59,8 и 56,5 кг/га или 59,5; 61,8 и 58,4%.

Запасы азота к посеву в вариантах с внесением 40 кг д.в./га в парных и тройных сочетаниях уступали вариантам с двойной дозой, но превышали контроль в слое 0-30 см – на 38,7-54,6 кг/га (39,7-56,1%); в слое 30-60 см – на 31,8-49,1 кг/га (39,8-61,5%) и в слое 0-60 см – на 73,0-103,8 кг/га (41,2-58,5%). К уборке запасы азота в слое 0-30 см были выше контроля на 79,2-83,2 кг/га (18,2-22,7 кг/га или на 30,6-37,5%), в слое 30-60 см – на 11,8-20,9 кг/га или 32,5-57,6% и в слое 0-60 см – на 127,1-140,4 кг/га или на 30,3-43,6 кг/га (38,3-45%).

Самые значительные запасы фосфора к посеву яровой твердой пшеницы характерны для вариантов: $N_{80}P_{260}K_{140}$, $N_{80}P_{80}K_{40}$ и $N_{40}P_{80}K_{20}$. Они составляли в слое 0-30 см – 216,7; 196,6 и 195,8 кг/га, что выше, чем в контроле на 136,9 кг/га (171,5%), 116,8 кг/га (146,4%) и 116 кг/га (145,3%), в слое 30-60 см – 150; 134,3 и 148,0 кг/га, что выше контроля на 81,5; 65,8 и 79,5 кг/га (22,8-29,8%) и в слое

0-60 см – 366,5; 330,9 и 338,7 кг/га или больше контроля на 233,2 кг/га (174,9%), 197,6 кг/га (148,2%) и 205,4 кг/га (154,1%).

Запасы калия в почве к посеву в среднем по вариантам опыта достигали 1688 кг/га в слое 0-60 см, в слое 0-30 – 984 кг/га и 30-60 см – 704 кг/га. В фазу полной спелости они снижались соответственно до 1493, 857 и 636 кг/га. На фонах с внесением калия в среднем они выше к посеву соответственно на 110 кг/га (6,9%), 69 кг/га (7,5%) и 40 кг/га (6%), к уборке – на 90 кг/га (6,4%), 35 кг/га (4,2%) и 54 кг/га (9,2%) по сравнению с контролями.

Вместе с тем, четких различий по запасам калия на вариантах его внесения не обнаружено, что объяснялось его высоким содержанием в почве.

Вынос питательных веществ с урожаем и их баланс. Вынос азота с урожаем зерна и соломы яровой твердой пшеницы в среднем составил 36,5 кг/га (по годам – 9,0-68,5 кг/га), фосфора – 14,6 кг/га (4,0-28,7 кг/га), калия – 40,5 кг/га (15,3-94,5 кг/га) (табл. 2).

Таблица 2 – Баланс азота, фосфора и калия с урожаем зерна и соломы при возделывании яровой твердой пшеницы на разных фонах минерального удобрения (среднее за 2006, 2008-2010 гг.), кг на 1 га

№ п/п	Вариант опыта	Вынос азота	Вынос фосфора	Вынос калия	Баланс азота, ±	Баланс фосфора, ±	Баланс калия, ±
1	Контроль	24,3	10,3	26,5	-11,0	-8,9	-26,0
2	N ₄₀ P ₄₀	39,0	15,3	44,6	+14,3	+26,1	-44,0
3	N ₄₀ K ₂₀	35,8	12,9	38,4	+17,5	-11,5	-17,8
4	P ₄₀ K ₂₀	32,6	15,8	44,7	-19,3	+25,6	-24,2
5	N ₄₀ P ₄₀ K ₂₀	40,4	16,0	44,1	+12,9	+25,4	-23,5
6	N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀	43,5	16,1	52,2	+49,8	+65,3	-11,6
7	N ₂₀ P ₂₀ K ₁₀	39,8	15,1	42,0	-6,5	+6,3	-31,2
8	N ₈₀ P ₄₀ K ₂₀	38,7	14,0	36,2	+59,1	+27,4	-15,6
9	N ₄₀ P ₈₀ K ₂₀	37,6	16,1	38,6	+15,7	+65,3	-18,1
10	N ₈₀ P ₂₆₀ K ₁₄₀ (в запас)	37,7	15,0	37,6	+55,6	+246,4	+103,0
Среднее по опыту		36,5	14,6	40,5	+18,81	+46,74	-10,9
Среднее по удобрениям		37,8	15,1	42,0	+27,30	+60,98	-4,88

Наиболее высокий вынос азота был на вариантах N₈₀P₈₀K₄₀ (43,5 кг/га), N₄₀P₄₀K₂₀ (40,4 кг/га) и N₂₀P₂₀K₁₀ (39,8 кг/га). Вынос фосфора был наиболее высок на вариантах N₈₀P₈₀K₄₀ (16,1 кг/га), N₄₀P₈₀K₂₀ (16,1 кг/га), N₄₀P₄₀K₂₀ (16,0 кг/га) и P₄₀K₂₀ (15,8 кг/га). Повышенным выносом калия отличались варианты N₈₀P₈₀K₄₀ (52,2 кг/га), P₄₀K₂₀ (44,7 кг/га), N₄₀P₄₀ (44,6 кг/га), N₄₀P₄₀K₂₀ (по 44,1 кг/га) и N₂₀P₂₀K₁₀ (по 42,0 кг/га).

Баланс питательных веществ при различных дозах и сочетаниях вносимых в почву основных элементов питания складывался неоднозначно.

Положительный баланс по азоту установлен в следующих вариантах: $N_{80}P_{40}K_{20}$ (+59,1 кг/га), $N_{80}P_{260}K_{140}$ (+55,6 кг/га) и $N_{80}P_{80}K_{40}$ (+49,8 кг/га). При одинарной дозе азота (40 кг/га) он снижался по вариантам: $N_{40}K_{20}$ до +17,5 кг/га, $N_{40}P_{80}K_{20}$ – до +15,7 кг/га, $N_{40}P_{40}$ – до +14,3 кг/га и $N_{40}P_{40}K_{20}$ – до +12,9 кг/га. Отрицательный баланс был на контроле –11,0 кг/га, а на варианте без азота ($P_{40}K_{20}$) он был наибольшим –19,3 кг/га.

Баланс фосфора был положителен и наиболее высок на вариантах: $N_{80}P_{260}K_{140}$, (+246,4 кг/га), $N_{40}P_{80}K_{20}$ (+65,3 кг/га), $N_{80}P_{80}K_{40}$ (+65,3 кг/га), за ними следовали варианты с одинарной дозой: $N_{80}P_{40}K_{20}$ (+27,4 кг/га), $N_{40}P_{40}$ (+26,1 кг/га), $P_{40}K_{20}$ (+25,6 кг/га), $N_{40}P_{40}K_{20}$ (+25,4 кг/га). При половинной дозе ($N_{20}P_{20}K_{10}$) баланс снижался до +6,3 кг/га, в контроле складывался отрицательно (-8,9 кг/га), а в варианте $N_{40}K_{20}$ падал до -11,5 кг/га. Баланс калия складывался отрицательным. Наибольшие отрицательные его значения были установлены в вариантах: $N_{40}P_{40}$ (-44,0 кг/га), $N_{20}P_{20}K_{10}$ (-31,2 кг/га) и на контроле (-26 кг/га). При дозах: $P_{40}K_{20}$ (-24,2 кг/га), $N_{40}P_{40}K_{20}$ (-23,5 кг/га), $N_{40}P_{80}K_{20}$ (-18,1 кг/га), $N_{40}K_{20}$ (-17,8 кг/га), $N_{80}P_{40}K_{20}$ (-15,6 кг/га) он последовательно уменьшался, а наименьший отрицательный баланс отмечался в варианте $N_{80}P_{80}K_{40}$ (-11,6 кг/га).

В четвертой главе анализируется влияние основного удобрения на урожайность яровой твердой пшеницы.

Урожайность яровой твердой пшеницы за четыре года исследований (2006, 2008-2010 гг.) в среднем составила 1,12 т/га ($0,16 \div 2,17$ т/га) (табл. 3).

Таблица 3 – Урожайность зерна яровой твердой пшеницы на разных фонах основного внесения минеральных удобрений (т/га)

№ п/п	Варианты опыта	Урожайность зерна, т/га				Средняя	±к контролю	
		2006 г	2008 г	2009 г	2010 г		т/га	%
1	Контроль	1,06	1,52	0,86	0,23	0,92	-	-
2	$N_{40}P_{40}$	1,46	2,01	1,11	0,22	1,20	0,28	30,4
3	$N_{40}K_{20}$	1,35	1,85	1,10	0,25	1,14	0,22	23,9
4	$P_{40}K_{20}$	1,35	2,05	1,37	0,19	1,24	0,32	34,8
5	$N_{40}P_{40}K_{20}$	1,76	1,81	0,90	0,16	1,16	0,24	26,1
6	$N_{80}P_{80}K_{40}$	1,15	1,81	1,24	0,29	1,09	0,17	18,8
7	$N_{20}P_{20}K_{10}$	1,00	1,72	1,02	0,31	1,01	0,09	9,8
8	$N_{80}P_{40}K_{20}$	1,42	2,03	1,24	0,28	1,24	0,32	34,8
9	$N_{40}P_{80}K_{20}$	1,34	1,68	1,19	0,28	1,12	0,20	21,7
10	$N_{80}P_{260}K_{40}$	0,88	2,17	0,89	0,28	1,06	0,14	15,2
11	$N_{20}P_{40}K_{20}$	1,46	2,01	0,92	0,18	1,14	0,22	23,9
12	$N_{40}P_{20}K_{20}$	1,26	2,10	1,27	0,17	1,20	0,28	30,4
13	$N_{80}P_{120}K_{40}$	1,35	1,68	0,90	0,30	1,06	0,14	15,2
14	$N_{120}P_{80}K_{40}$	1,35	1,81	1,00	0,35	1,13	0,21	22,8
Средняя по опыту		1,30	1,88	1,07	0,26	1,12		
Средняя по удобрённым фонам		1,32	1,90	1,09	0,26	1,14		
НСР ₀₅		0,11	0,34	0,16	0,05	-	-	-

Наибольшая урожайность в опыте достигнута в следующих вариантах: $N_{80}P_{40}K_{20}$ (1,24 т/га; +0,32 т/га или 34,8% к контролю), $P_{40}K_{20}$ (1,24 т/га; +0,32 т/га или 34,8%), $N_{40}P_{20}K_{20}$ и $N_{40}P_{40}$ (по 1,20 т/га; +0,28 т/га или 30,4%). На вариантах $N_{40}P_{40}K_{20}$ (1,16 т/га), $N_{40}K_{20}$ (1,14 т/га), $N_{20}P_{40}K_{20}$ (1,14 т/га), $N_{120}P_{80}K_{40}$ (1,13 т/га), $N_{40}P_{80}K_{20}$ (1,12 т/га) урожайность зерна была несколько ниже, чем в лучших вариантах, но выше, чем на контроле (0,92 т/га).

Наиболее окупаемыми прибавками зерна стали пониженные и одинарные дозы удобрений: $N_{20}P_{20}K_{10}$ (4,8 кг зерна/кг д.в.), $P_{40}K_{20}$ (3,66 кг/кг д.в.), $N_{40}P_{40}K_{20}$ (3,25 кг/кг д.в.) и $N_{20}P_{40}K_{20}$ (2,56 кг/кг д.в.).

По обобщенным данным многолетнего стационара с удобрениями (1974-2008 гг.) среди изученных вариантов наибольшую урожайность яровая твердая пшеница сформировала на фоне $N_{80}P_{40}K_{20}$ (1,64 т/га; +0,33 т/га или 25% к контролю). К ней приблизился вариант $N_{40}P_{40}K_{20}$ (1,61 т/га; +0,30 т/га или 22,4%), после них следовали $N_{40}P_{40}$ (1,57 т/га; +0,26 т/га или 19,5%), $N_{80}P_{80}K_{40}$ (1,54 т/га; +0,23 т/га или 17,3%), $N_{40}K_{20}$ (1,52 т/га; +0,20 т/га или 15,5%), $N_{40}P_{80}K_{20}$ (1,51 т/га; +0,19 т/га или 14,5%), $N_{80}P_{260}K_{140}$ (1,50 т/га; +0,18 т/га или 13,9%) и $P_{40}K_{20}$ (1,45 т/га; +0,13 т/га или 10,1%). Урожайность контроля составила 1,31 т/га.

Доля влияния азота составила – 12,3%, фосфора – 6,9% и калия – 3%. Удвоение доз NPK привело к снижению прибавки на 4,4%, а утроение (до $N_{120}P_{120}K_{60}$) на 7,5% по сравнению с $N_{40}P_{40}K_{20}$.

В результате проведения тридцатилетнего стационарного эксперимента обнаружено закономерное явление, заключающееся в том, что с повышением доз удобрений увеличивалась частота получения более высокой урожайности яровой твердой пшеницы. При вероятности сбора на контроле до 1,5 т/га в 53,1% лет, урожайность от 1,51 до 2,0 т/га наблюдалась в 40,1% лет, от 2,01 до 2,5 т/га – в 3,3% лет. На фонах $N_{40}P_{40}$, $N_{40}P_{40}K_{20}$ и $N_{80}P_{40}K_{20}$ вероятность получения урожайности до 1,5 т/га снижалась до 36,7%; 36,7%; 36,7%, при повышении вероятности её сбора от 1,51 до 2,0 т/га – соответственно до 56,7%; 56,6% и 56,7% лет и появилась вероятность получения урожайности 2,5-3,0 т/га в 3,3%, 6,7% и 0% лет и более 3,0 т/га в 3,3%; 0% и 6,7% лет.

Зависимость выноса, баланса элементов питания от уровня урожайности, доз применяемого основного удобрения и роста запасов фосфора в почве. Общий вынос азота, фосфора и калия растениями яровой твердой пшеницы находился в тесной зависимости от величины её урожайности ($\eta_{yx} = 0,957$; 0,938 и 0,954 соответственно), баланс азота в сильной ($\eta_{yx} = 0,817$), фосфора и калия также в тесной ($\eta_{yx} = 0,932$ и $\eta_{yx} = 0,941$). Вносимые дозы удобрений тесно коррелировали с балансом азота ($\eta_{yx} = 0,971$), фосфора ($\eta_{yx} = 0,981$) и сильно с балансом калия ($\eta_{yx} = 0,859$). Полученные уравнения адекватно описывают 94,32-66,76% случаев. В то же время для связей доз применяемых удобрений с

урожаемостью и с общим выносом элементов питания адекватных уравнений не получено, а уравнение связи дозы азота применяемых удобрений с общим выносом азота было пригодно лишь в 41,47% случаев.

Урожайность яровой твердой пшеницы в значительной степени связана с запасами элементов питания в разных слоях почвы к весеннему севу: 0-30, 30-60 и 0-60 см. Для азота эти связи выражались корреляционными отношениями $\eta_{yx} = 0,906; 0,839$ и $0,882$ соответственно слоям; для фосфора – $0,689; 0,704$ и $0,638$; для калия по слоям 30-60 и 0-60 см – $0,816$ и $0,797$.

Полученные уравнения позволили в 82,13; 70,39 и 77,6% случаев рассчитывать ориентировочную урожайность по запасам азота, в 46,58; 49,62 и 40,12% случаев по фосфору и в 66,62 и 58,82% случаев по калию.

Наращение урожайности в стационаре за четыре ротации объяснялось повышением содержания и запасов фосфора в почве при систематическом внесении минеральных фосфорных удобрений.

Длительное применение фосфорных удобрений (4-7 ротации пятипольного севооборота) под яровую твердую пшеницу способствовало повышению содержания фосфора в почве к посеву в слое 0-30 см – с 2,8 мг до 4,6-6,2 мг на 100 г абсолютно сухой почвы, в слое 30-60 см – с 1,6 до 2,8-4 мг по сравнению с контролем. При дозе внесения $N_{40}P_{40}K_{20}$ оно повышалось до 4,9 и 3,0 мг, а на фоне $N_{80}P_{80}K_{40}$, $N_{40}P_{80}K_{20}$ и $N_{80}P_{260}K_{140}$ – до 6,0-6,3 и 3,6-4,0 мг на 100 г абсолютно сухой почвы соответственно по отмеченным выше слоям.

Аналогично возрастали и запасы фосфора в почве. На вариантах $N_{40}P_{40}$, $P_{40}K_{20}$, $N_{40}P_{40}K_{20}$ они увеличивались в слое 0-30 см – с 92,5 кг/га в контроле до 153, 167,2 и 168,2 кг/га соответственно, в слое 30-60 см – с 56,2 до 103,5; 125 и 110 кг/га и в слое 0-60 см – со 148,7 до 256,5; 292,2 и 278,2 кг/га соответственно. Наибольший рост запасов фосфора проявился на вариантах $N_{80}P_{80}K_{40}$ (340,5 кг/га в слое 0-60 см, 211,5 в слое 0-30 см и 129 кг/га в слое 30-60 см), $N_{40}P_{80}K_{20}$ (351,7; 208,5 и 143,2 кг/га) и $N_{80}P_{260}K_{140}$ (336,5; 202,5 и 134 кг/га).

Между порядковым номером ротации (с 4 по 7), содержанием фосфора и его запасами к севу в слое 30-60 см существовала сильная связь – $\eta_{yx} = 0,915$.

Расчет запасов фосфора в почве для слоя 30-60 см поддавался уравнению вида $y_1 = -531,09 + 226,425x_1 - 19,115x_1^2 \pm 12,07$ кг/га в 83,69% случаев. В соответствии с ним шло увеличение запасов с 68,8 до 139,4 кг/га с четвертой по шестую ротацию, но в седьмой наметилось снижение до 115 кг/га.

В пятой главе дана оценка изменения технологических качеств зерна яровой твердой пшеницы в зависимости от удобрений.

Технологическое качество зерна. Удобрения оказывали неоднозначное влияние на сбор белка, его содержание в зерне яровой твердой пшеницы и вероятность формирования высококлассного зерна по содержанию белка.

Повышенным содержанием белка (13,0-13,67%) отличились варианты $N_{80}P_{80}K_{40}$, $N_{80}P_{40}K_{20}$ и $N_{80}P_{260}K_{140}$. При этом все варианты удобрений в среднем превысили контроль по содержанию белка на 1,55% (контроль – 11,43%), а по сбору белка – на 460 кг с 1 га (450-610 кг/га), но по вероятности формирования на первое место вышли варианты $N_{80}P_{80}K_{40}$, $N_{80}P_{40}K_{20}$ и $N_{80}P_{260}K_{140}$, на фоне которых зерно с содержанием белка на уровне I класса формировалось в 75% лет (3 года из 4 лет опыта) и II класса – в 25% лет. Получение зерна с белковостью I класса на уровне 25% лет, II класса – 50% лет и III класса – 25% лет обеспечивало использование вариантов $N_{40}P_{40}$, $N_{40}K_{20}$, $N_{40}P_{40}K_{20}$ и $N_{40}P_{80}K_{20}$. Варианты $N_{20}P_{20}K_{10}$ и $P_{40}K_{20}$ снижали вероятность получения высококлассного зерна (75-50% лет – II класса и 25% лет – III и IV классы). Худшим вариантом являлся контрольный (50% лет – III класса и 50% – IV класса).

Технологические качества зерна яровой твердой пшеницы в большинстве вариантов основного применения удобрений повышались в сравнении с контролем. Стекловидность зерна была выше контроля – на 3-7% (контроль – 87%), содержание сырой клейковины – на 2,2-3,9% (контроль – 25,2%). Качество клейковины по показателю ИДК-1 – на 1,9-5,5 усл. ед. было лучше, чем на контроле (100,5 ед.). Натура зерна за исключением $N_{40}K_{20}$, $N_{20}P_{20}K_{10}$ и $N_{40}P_{80}K_{20}$, на всех других вариантах применения удобрений была на 0-10 г/л выше контроля (769 г/л) (таблица 4).

Таблица 4 – Технологические качества зерна яровой твердой пшеницы при выращивании на фоне разных доз и сочетаний основного удобрения (среднее за 2006, 2008-2010 гг.)

№ п/п	Варианты опыта	Натурная масса, г/л	Стекловидность, %	Сырая клейковина, %	Качество клейковины, ед. прибора ИДК -1
1	Контроль	769	87	25,2	100,5
2	$N_{40}P_{40}$	777	94	29,1	95,6
3	$N_{40}K_{20}$	765	91	28,2	98,1
4	$P_{40}K_{20}$	773	90	27,4	96,2
5	$N_{40}P_{40}K_{20}$	779	93	28,9	95,0
6	$N_{80}P_{80}K_{40}$	769	92	28,5	96,5
7	$N_{20}P_{20}K_{10}$	767	92	28,6	96,5
8	$N_{80}P_{40}K_{20}$	774	92	28,6	98,0
9	$N_{40}P_{80}K_{20}$	767	90	28,6	98,2
10	$N_{80}P_{260}K_{140}$	774	92	29,1	98,6
	Средняя по опыту	770	91	28,2	97,3

По комплексу технологических качеств наибольшей вероятностью формировать высококлассное зерно обладали варианты $N_{40}P_{40}$, $N_{40}P_{40}K_{20}$ (75% лет – I класс, 25% лет – II класс), $N_{80}P_{40}K_{20}$ (50% лет I класс, 50% лет – II класс). Варианты $N_{80}P_{260}K_{140}$, $N_{80}P_{80}K_{40}$ и $N_{20}P_{20}K_{10}$ сформировали высококлассное зерно реже (25% лет – I класс, 75% лет – II класс). Удвоение дозы фосфора ($N_{40}P_{80}K_{20}$)

сопровождалось получением зерна II класса в 100% лет, при сочетаниях $P_{40}K_{20}$ (75% лет – II класс, 25% лет – III класс) и $N_{40}K_{20}$ (25% лет – II класс, 50% лет – III класс и 25% лет – IV класс) шло дальнейшее снижение возможности получения высококлассного зерна. Контрольный вариант оказался в этом плане наихудшим (75% лет – III класс и 25% лет – V класс).

Качество макарон. Лучшими показателями качества характеризовались макароны из зерна твердой пшеницы со следующих вариантов применения основного удобрения: по их прочности на излом – варианты $N_{40}P_{40}$ (715 г); $N_{40}K_{20}$, $N_{80}P_{40}K_{40}$, $N_{40}P_{80}K_{20}$ (681; 680; 686 г). В остальных вариантах показатель был ниже (670-642 г), но выше контроля (583 г).

Различия по коэффициенту развариваемости макарон по вариантам опыта были невелики – в интервале 3,82-3,96, при коэффициенте 3,89 на контроле, за исключением двух вариантов. При удвоении дозы до $N_{80}P_{80}K_{40}$ и применении половинной дозы $N_{20}P_{20}K_{10}$ коэффициент ухудшился до 4,01 ед.

По общей балльной оценке макарон выделялись варианты $N_{40}P_{40}$ и $N_{80}P_{40}K_{20}$ (по 3,67 балла), $N_{40}P_{80}K_{20}$ (3,70 балла), $P_{40}K_{20}$ (3,64 балла) и $N_{40}K_{20}$ (3,60 балла). Остальные варианты с показателями 3,46-3,57 балла превышали контроль (3,41), но в меньшей степени.

Экологическая безопасность зерна. Применяемые варианты основного удобрения даже при повышении доз, несмотря на увеличение под их действием содержания нитратов со 100 мг/кг в контроле до 122 мг/кг, не привели к превышению предельно допустимых концентраций этих веществ в зерне яровой твердой пшеницы (ПДК= 500 мг/кг). Зерно осталось экологически безопасным для использования в пищу.

В шестой главе рассчитана энергетическая и экономическая эффективность применения основного удобрений.

Энергетическая эффективность. На черноземах обыкновенных степной зоны Оренбургского Предуралья при размещении яровой твердой пшеницы после озимых затраты совокупной энергии в среднем за четыре года опытов повышались от 10184,9 МДж/га на контроле до 11127,8-18761,9 МДж/га по вариантам применения удобрений.

Наименьшими затратами совокупной энергии характеризовались два варианта основного применения минеральных удобрений – $P_{40}K_{20}$ (11127,8 МДж/га) и $N_{20}P_{20}K_{10}$ (12520,3 МДж/га). Среднее положение занимали варианты $N_{40}K_{20}$, $N_{40}P_{40}$, $N_{40}P_{40}K_{20}$ и $N_{40}P_{80}K_{20}$ (14087-15117,8 МДж/га). Наиболее высокие затраты энергии складывались при дозах основного удобрения $N_{80}P_{40}K_{20}$, $N_{80}P_{260}K_{140}$ и $N_{80}P_{80}K_{210}$ (18079,2-18761,9 МДж/га).

Количество энергии, накопленной в урожае, изменялось от 13753,2 до 16135 МДж/га по удобренным вариантам при показателе на контроле – 11883,6 МДж/га. Наибольшим количеством накопленной в урожае энергии выделялись

дозы основного удобрения $P_{40}K_{20}$ (16101,5 МДж/га), $N_{40}P_{40}K_{20}$ (16135,0 МДж/га), $N_{40}P_{80}K_{20}$ (15582,4 МДж/га), $N_{40}P_{40}$ (15599,4 МДж/га), $N_{20}P_{20}K_{10}$ (15047,0 МДж/га). При дозах $N_{40}K_{20}$ (14796 МДж/га), $N_{80}P_{80}K_{40}$ (14829,4 МДж/га) и $N_{80}P_{40}K_{20}$ (14561,6 МДж/га) в урожае содержалось меньше энергии, а при дозе $N_{80}P_{260}K_{140}$ (13758,2 МДж/га) – меньше всего.

Наиболее высокий энергетический коэффициент имели варианты $P_{40}K_{20}$ (1,44), $N_{20}P_{20}K_{10}$ (1,20) и контроль (1,17). Дозы $N_{40}P_{40}K_{20}$ (1,10), $N_{40}P_{40}$ (1,08), $N_{40}K_{20}$ (1,06) и $N_{40}P_{80}K_{20}$ (1,03) энергетически окупаются ниже контроля. Применение вариантов основного удобрения $N_{80}P_{40}K_{20}$ (0,81), $N_{80}P_{80}K_{40}$ (0,79) и $N_{80}P_{260}K_{140}$ (0,74) энергетически не оправдывался.

Энергетическая себестоимость производства 1 т зерна яровой твердой пшеницы изменялась в зависимости от уровня получаемой урожайности (0,16-2,17 т/га) и составляла 6969,6-45081 МДж/т, при средней величине 18561,4 МДж/т, а по вариантам удобрений от 8070,8 до 72897,8 МДж/т, при среднем значении 26928,3 МДж/т. Она возрастала по мере увеличения доз, составляя при дозах: $N_{20}P_{20}K_{10}$ – 20076,6 МДж/т, $P_{40}K_{20}$ – 20875,3; $N_{40}K_{20}$ – 22546; $N_{40}P_{40}$ – 24934,8; $N_{80}P_{40}K_{20}$ – 26750,1; $N_{40}P_{40}K_{20}$ – 28084,6; $N_{80}P_{260}K_{140}$ – 29955,1; $N_{40}P_{80}K_{20}$ – 30740 МДж/т и $N_{80}P_{80}K_{40}$ – 38391,6 МДж/т.

Экономическая эффективность. Наиболее экономически выгодными вариантами применения основного удобрения являлись $P_{40}K_{20}$ – 136,4% рентабельности и 5725,9 руб./га с условно-чистого дохода, $N_{20}P_{20}K_{10}$ – соответственно 136,4% и 5516,3 руб./га, $N_{40}P_{40}K_{20}$ – соответственно 125,7% и 6028,4 руб./га и $N_{40}P_{40}$ – соответственно 124,2% и 5778 руб./га.

Вариант применения основного удобрения $N_{40}K_{20}$ с уровнем рентабельности 96,2%, превысил контроль по условно-чистому доходу – 3887,4 руб./га (на контроле – 3059,3 руб./га).

Варианты с повышенными дозами основного внесения удобрений, рассчитанными на поддержание почвенного плодородия, уступали контролю по уровню рентабельности, которая составила при $N_{40}P_{80}K_{20}$ – 85,2%, $N_{80}P_{40}K_{20}$ – 78,3%, $N_{80}P_{260}K_{140}$ – 58,7% и $N_{80}P_{80}K_{40}$ – 55,2%. Условно-чистый доход по этим вариантам был ниже, чем на контроле и был равен соответственно 4722 руб./га 4215,3 руб./га, 3492,1 руб./га и 3464,8 руб./га.

Применение минеральных удобрений в связи с различными дозами их внесения изменяло соотношение долей производственных затрат. На контроле большую долю занимали затраты на семена (54,6%), ГСМ (21,4%) и амортизацию (19,1%). Доли энергозатрат на удобрения составляли на фоне $P_{40}K_{20}$ – 6%, $N_{20}P_{20}K_{10}$ – 16,5%; $N_{40}K_{20}$, $N_{40}P_{40}$, $N_{40}P_{40}K_{20}$ и $N_{40}P_{80}K_{20}$ – 25,9-30,7%, а при дозах внесения $N_{80}P_{40}K_{20}$, $N_{80}P_{260}K_{140}$ и $N_{80}P_{80}K_{40}$ отмечены наиболее высокие величины в структуре энергозатрат – 42,1-44,1%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Минеральные удобрения, применяемые под основную обработку почвы на черноземах обыкновенных Оренбургского Предуралья в системе пятипольного севооборота, оказали разностороннее и неоднозначное воздействие на показатели плодородия почвы и эффективность выращивания яровой твердой пшеницы, размещаемой после озимых, возделываемых по пару.

Наибольшими запасами азота в почве к посеву яровой твердой пшеницы отличались варианты $N_{80}P_{40}K_{20}$, $N_{80}P_{80}K_{40}$ и $N_{80}P_{260}K_{140}$ в слое 0-60 см они составляли 336,1; 334,5 и 328,6 кг/га (+158,9; 157,3 и 151,4 кг/га или +89,7; 88,7 и 85,4%), в слое 0-30 см они составляли 137,3 кг/га (+39,9 кг или 41,0% к контролю), 180,2 кг (+82,8 кг или 85,0%) и 180,6 кг (+83,2 кг или 85,4%). Самые значительные запасы фосфора были характерны для вариантов: $N_{80}P_{260}K_{140}$, $N_{80}P_{80}K_{40}$ и $N_{40}P_{80}K_{20}$ – в слое 0-30 см – 216,7; 196,6 и 195,8 кг/га, что выше, чем в контроле на 136,9 кг/га (171,5%), 116,8 кг/га (146,4%) и 116 кг/га (145,3%), в слое 30-60 см – 150; 134,3 и 148,0 кг/га, что выше контроля на 81,5; 65,8 и 79,5 кг/га (22,8-29,8%) и в слое 0-60 см – 366,5; 330,9 и 338,7 кг/га или больше контроля на 233,2 кг/га (174,9%), 197,6 кг/га (148,2%) и 205,4 кг/га (154,1%). Заметных различий по запасам калия на вариантах его внесения не обнаружено, что объяснялось высоким содержанием данного элемента в почве.

Баланс питательных веществ в почве на контроле складывался отрицательно: по азоту (-11 кг/га), фосфору (-8,9 кг/га) и калию (-26,0 кг/га). При использовании двойных сочетаний NPK он был отрицателен по тому элементу, который не вносился и где доза была недостаточна: в варианте $N_{40}P_{40}$ – по калию (-44 кг/га), $N_{40}K_{20}$ – по фосфору (-11,5 кг/га) и калию (-12,8 кг/га), $P_{40}K_{20}$ – по азоту (-19,3 кг/га) и калию (-24,2 кг/га), в варианте с половиной доз $N_{20}P_{20}K_{10}$ по азоту (-6,5 кг/га) и калию (-31,2 кг/га). На фоне полных и двойных доз в тройных сочетаниях элементов наиболее заметно повышался положительный баланс по азоту или фосфору и снижался отрицательный баланс по калию.

Лучшими показателями баланса элементов питания выделились варианты основного внесения: $N_{80}P_{80}K_{40}$ – по азоту (+49,8 кг/га), фосфору (+65,3 кг/га) и калию (-11,6 кг/га), $N_{80}P_{40}K_{20}$ – соответственно +59,1 кг/га, +27,4 кг/га и -15,6 кг/га, $N_{40}P_{80}K_{20}$ – +15,7 кг/га, +65,3 кг/га и -18,1 кг/га, а также $N_{80}P_{260}K_{140}$ (в запас на ротацию) – +55,6 кг/га, +246,4 и +103,5 кг/га.

Урожайность яровой твердой пшеницы за четыре года исследований (2006, 2008 - 2010 гг.) в среднем по опыту составила 1,12 т/га ($0,16 \div 2,17$ т/га). Наибольшую урожайность в опыте обеспечили следующие варианты: $N_{80}P_{40}K_{20}$ (1,24 т/га, +0,32 т/га или 34,8% к контролю), $P_{40}K_{20}$ (1,24 т/га, +0,32 т/га или 34,8%), $N_{40}P_{80}K_{20}$ и $N_{40}P_{40}$ (по 1,20 т/га, +0,28 т/га или 30,4%). В вариантах $N_{20}P_{20}K_{10}$ (1,16 т/га), $N_{40}K_{20}$ (1,14 т/га), $N_{80}P_{80}K_{40}$ (1,14 т/га), $N_{120}P_{80}K_{40}$ (1,13 т/га)

и $N_{20}P_{40}K_{20}$ (1,12 т/га) урожайность была несколько ниже, чем в лучших вариантах, но выше, чем в контроле (0,92 т/га).

Удобрения оказывали неоднозначное влияние на сбор белка, его содержание в зерне яровой твердой пшеницы и вероятность формирования высококлассного зерна. Повышенным содержанием белка (13,0-13,67%) отличились варианты: $N_{40}P_{40}K_{20}$, $N_{80}P_{80}K_{40}$, $N_{80}P_{40}K_{20}$ и $N_{80}P_{260}K_{140}$. При этом все варианты удобрений в среднем превышали контроль на 1,55% (контроль – 11,43%), по сбору белка на 460 кг/га (450-610 кг/га), но по вероятности формирования высокобелкового зерна на первое место вышли варианты $N_{80}P_{80}K_{40}$, $N_{80}P_{40}K_{20}$ и $N_{80}P_{260}K_{140}$, на фоне которых зерно с содержанием белка на уровне I класса формировалось в 75% лет (3 года из 4 лет) и II класса в 25% лет. Получение зерна с белковостью I класса на уровне 25% лет, II класса – 50% лет и III класса – 25% лет обеспечило использование вариантов $N_{40}P_{40}$, $N_{40}K_{20}$, $N_{40}P_{40}K_{20}$ и $N_{40}P_{80}K_{20}$. Варианты $N_{20}P_{20}K_{10}$ и $P_{40}K_{20}$ снизили вероятность получения классного зерна (75-50% лет – II класс и 25% лет – III и IV класс). Худшим вариантом стал контроль (50% лет – III класс и 50% лет – IV класс).

По комплексу технологических качеств наибольшей вероятностью формировать высококлассное зерно обладали варианты $N_{40}P_{40}$, $N_{40}P_{40}K_{20}$ (75% лет – I класс, 25% лет – II класс), $N_{80}P_{40}K_{20}$ (50% лет – I класс, 50% лет – II класс). Варианты $N_{80}P_{260}K_{140}$, $N_{80}P_{80}K_{40}$ и $N_{20}P_{20}K_{10}$ были способны формировать высококлассное зерно реже (25% лет – I класс, 75% лет – II класс). Удвоение дозы фосфора ($N_{40}P_{80}K_{20}$) сопровождалось получением зерна II класса в 100% лет, а при сочетаниях $P_{40}K_{20}$ (75% лет – II класс, 25% лет – III класс) и $N_{40}K_{20}$ (25% лет – II класс, 50% лет – III класс и 25% лет – IV класс) шло дальнейшее снижение возможности получения высококлассного зерна. Контрольный вариант оказался в этом плане наихудшим (75% лет – III класс, 25% лет – V класс).

По общей балльной оценке макарон выделились варианты $N_{40}P_{40}$ и $N_{80}P_{40}K_{20}$ (по 3,67 балла), $N_{40}P_{80}K_{20}$ (3,70 балла), $P_{40}K_{20}$ (3,64 балла) и $N_{40}K_{20}$ (3,60 балла). Остальные варианты с показателями 3,46-3,57 балла превышали контроль (3,41), но в меньшей степени.

Применяемые варианты основного удобрения даже при повышении доз, несмотря на увеличение под их действием содержания нитратов со 100 мг/кг в контроле до 122 мг/кг, не привели к превышению предельно допустимых концентраций этих веществ в зерне яровой твердой пшеницы (ПДК= 500 мг/кг). Зерно осталось экологически безопасным для использования в пищу.

Наиболее высокий энергетический коэффициент имел вариант $P_{40}K_{20}$ (1,44), за ним следовали $N_{20}P_{20}K_{10}$ (1,20) и контроль (1,17). Дозы $N_{40}P_{40}K_{20}$ (1,10), $N_{40}P_{40}$ (1,08), $N_{40}K_{20}$ (1,06) и $N_{40}P_{80}K_{20}$ (1,03) энергетически окупались, но хуже, чем контроль. Применение вариантов основного удобрения $N_{80}P_{40}K_{20}$ (0,81), $N_{80}P_{80}K_{40}$ (0,79) и $N_{80}P_{260}K_{140}$ (0,74) энергетически не оправдалось.

Энергетическая себестоимость производства 1 т зерна яровой твердой пшеницы изменялась в зависимости от уровня получаемой урожайности (0,16-2,17 т/га) и составляла 6969,6-45081 МДж/т, при средней величине 18561,4 МДж/т, а по вариантам удобрений от 8070,8 до 72897,8 МДж/т, при среднем значении 26928,3 МДж/т. Она возрастала по мере увеличения доз, составляя при дозах: $N_{20}P_{20}K_{10}$ – 20076,6 МДж/т, $P_{40}K_{20}$ – 20875,3; $N_{40}K_{20}$ – 22546; $N_{40}P_{40}$ – 24934,8; $N_{80}P_{40}K_{20}$ – 26750,1; $N_{40}P_{40}K_{20}$ – 28084,6; $N_{80}P_{260}K_{140}$ – 29955,1; $N_{40}P_{80}K_{20}$ – 30740 МДж/т и $N_{80}P_{80}K_{40}$ – 38391,6 МДж/т.

Наиболее экономически выгодными вариантами применения основного удобрения являлись $P_{40}K_{20}$ – 136,4% рентабельности и 5725,9 руб./га с условно-чистого дохода, $N_{20}P_{20}K_{10}$ – соответственно 136,4% и 5516,3 руб./га, $N_{40}P_{40}K_{20}$ – соответственно 125,7% и 6028,4 руб./га и $N_{40}P_{40}$ – соответственно 124,2% и 5778 руб./га. Вариант $N_{40}K_{20}$ с уровнем рентабельности 96,2%, превысил его по условно-чистому доходу – 3887,4 руб./га, на контроле – 3059,3 руб./га.

Варианты с повышенными дозами основного внесения удобрений, рассчитанными на поддержание почвенного плодородия, уступали контролю по уровню рентабельности, которая составила при $N_{40}P_{80}K_{20}$ – 85,2%, $N_{80}P_{40}K_{20}$ – 78,3%, $N_{80}P_{260}K_{140}$ – 58,7% и $N_{80}P_{80}K_{40}$ – 55,2%. Условно-чистый доход по этим вариантам был ниже, чем на контроле и равен соответственно 4722 руб./га 4215,3 руб./га, 3492,1 руб./га и 3464,8 руб./га.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

1. На черноземах обыкновенных засушливой степной зоны Оренбургского Предуралья при выращивании яровой твердой пшеницы после озимых культур при основном внесении минеральных удобрений рекомендуется дифференцированно применять:

- для поддержания плодородия почвы – полную дозу тройного сочетания элементов питания $N_{40}P_{40}K_{20}$;

- для получения наивысшей урожайности зерна и достижения наиболее частого формирования зерна первого класса по содержанию белка и технологическим качествам – повышенные дозы $N_{80}P_{40}K_{20}$ или $N_{80}P_{80}K_{40}$;

- для получения лучшего качества макарон – дозы $N_{40}P_{40}$, $N_{40}P_{40}K_{20}$, $N_{80}P_{40}K_{20}$ или $N_{40}P_{80}K_{20}$.

2. В связи с тем, что указанные дозы основного внесения минеральных удобрений, обеспечивающие поддержание почвенного плодородия и получение высококлассного зерна яровой твердой пшеницы, при расчетах по существующей методике энергетической эффективности (не включающей энергию, необходимую для поддержания плодородия почвы) энергетически не окупилась, необходима ее дальнейшая доработка.

3. Проведенные исследования и их экономическая оценка показали, что для повышения заинтересованности производителей высококачественного зерна яровой твердой пшеницы необходимо внедрить в регионах ее возделывания государственное регулирование закупочных цен (путем дотаций, субсидий и других мер), учитывая при их формировании уровень урожайности зерна в каждом сезоне и его качество таким образом, чтобы производство зерна имело даже в засушливые годы рентабельность не менее 40%.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

В изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ

1. Абдрашитов, Р.Р. Удобрение яровой твердой пшеницы и ее урожайность в Оренбургском Предуралье / А.Г. Крючков, В.И. Елисеев, Р.Р. Абдрашитов // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2012. – № 1. – С.53-57.

2. Абдрашитов, Р.Р. Урожайность яровой твердой пшеницы на фоне различных доз и соотношений минеральных удобрений в центре Оренбургского Предуралья / А.Г. Крючков, В.И. Елисеев, Р.Р. Абдрашитов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2012. – № 2. – С.10-13.

3. Абдрашитов, Р.Р. Запасы элементов питания в разных слоях почвы к севу и урожайность яровой твердой пшеницы в степи Оренбургского Предуралья / А.Г. Крючков, В.И. Елисеев, Р.Р. Абдрашитов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2012. – № 5. – С.52-55.

4. Абдрашитов, Р.Р. Влияние минеральных удобрений на потребление азота, фосфора и калия растениями яровой твердой пшеницы и их баланс в длительном опыте / А.Г. Крючков, В.И. Елисеев, Р.Р. Абдрашитов // Агрохимия. – 2012. – № 10. – С.27-31.

5. Абдрашитов, Р.Р. Технологические качества зерна яровой твердой пшеницы и вероятность получения высококлассного зерна / А.Г. Крючков, В.И. Елисеев, Р.Р. Абдрашитов // Аграрная Россия. – 2012. – № 11. – С.37-40.

6. Абдрашитов, Р.Р. Влияние минеральных удобрений на содержание белка в зерне яровой твердой пшеницы и его сбор в центре Оренбургского Предуралья / А.Г. Крючков, В.И. Елисеев, Р.Р. Абдрашитов // Зерновое хозяйство России. – 2012. – № 6. – С.47-49.

7. Абдрашитов, Р.Р. Дозы, вынос, баланс элементов питания в связи с урожайностью яровой твердой пшеницы / А.Г. Крючков, В.И. Елисеев, Р.Р. Абдрашитов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2012. – № 6. – С.42-46.

8. Абдрашитов, Р.Р. Зависимость экономических показателей от величины прямых затрат на производство яровой твердой пшеницы в степном Оренбуржье / А.Г. Крючков, В.И. Елисеев, Р.Р. Абдрашитов // Народное хозяйство. – 2012. – № 6. – С.50-56.

9. Абдрашитов, Р.Р. Некоторые аспекты эффективности производства зерна яровой твердой пшеницы в степном Оренбуржье / А.Г. Крючков, В.И. Елисеев, Р.Р. Абдрашитов // Аграрная наука. – 2013. – № 1. – С.14-16.

10. Абдрашитов, Р.Р. Динамика содержания подвижного фосфора в черноземе обыкновенном под посевом яровой твердой пшеницы в длительном стационарном опыте / А.Г. Крючков, В.И. Елисеев, Р.Р. Абдрашитов // Агрохимия. – 2013. – № 3. – С.32-35.

11. Абдрашитов, Р.Р. Энергетическая оценка эффективности применения минеральных удобрений при выращивании яровой твердой пшеницы в степной зоне Оренбургского Предуралья / А.Г. Крючков, В.И. Елисеев, Р.Р. Абдрашитов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2013. – № 3. – С.53-58.

12. Абдрашитов, Р.Р. Влияние минеральных удобрений, используемых при выращивании твердой пшеницы, на качество макаронных изделий / А.Г. Крючков, В.И. Елисеев, Р.Р. Абдрашитов // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2014. – № 1. – С.36-38.