

Государственное научное учреждение
«Оренбургский научно-исследовательский институт сельского хозяйства
Россельхозакадемии»

На правах рукописи

Абдрашитов Ринат Римович

**Влияние основного внесения минеральных удобрений
на продуктивность яровой твердой пшеницы
в Оренбургском Предуралье**

Специальность – 06.01.04 – агрохимия

**Диссертация на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук**

**Научный руководитель –
доктор сельскохозяйственных наук,
профессор, заслуженный агроном РСФСР
Крючков Анатолий Георгиевич**

Оренбург – 2014

Содержание

| | стр. |
|--|------|
| Введение | 5 |
| ГЛАВА 1. Состояние изученности вопроса..... | 10 |
| 1.1. Роль минеральных удобрений в сохранении плодородия почв, повыше- нии продуктивности и качества яровой твёрдой пшеницы..... | 10 |
| 1.2. Роль систематического внесения удобрений в изменении плодородия почвы, запасов элементов питания и продуктивности возделываемых куль- тур..... | 28 |
| 1.3. Оценка эффективности применения удобрений | 33 |
| ГЛАВА 2. Природно-климатические условия, методика и место проведения исследования..... | 37 |
| 2.1. Природно-климатические условия..... | 37 |
| 2.2. Схема опыта и условия, место и методика проведения исследова- ний..... | 38 |
| ГЛАВА 3. Результаты исследований. Влияние на продуктивность яровой твёрдой пшеницы и плодородие почвы различных видов, доз и соотношений минеральных удобрений в центре Оренбургского Предуралья | 43 |
| 3.1. Продолжительность основных периодов вегетации..... | 43 |
| 3.2. Количество всходов и полевая всхожесть семян..... | 44 |
| 3.3. Количество растений к уборке, их сохранность и выживаемость..... | 45 |
| 3.4. Водопотребление яровой твёрдой пшеницы..... | 46 |
| 3.5. Питательный режим яровой твёрдой пшеницы на различных фонах ми- нерального удобрения..... | 51 |
| 3.5.1. Динамика нитратного азота в почве..... | 52 |
| 3.5.2. Содержание фосфора в слоях почвы..... | 55 |
| 3.5.3. Содержание калия в почве..... | 59 |
| 3.6. Запасы основных элементов питания в почве..... | 61 |
| 3.6.1. Запасы азота..... | 61 |
| 3.6.2. Запасы фосфора..... | 64 |

| | |
|---|-----|
| 3.6.3. Запасы калия..... | 68 |
| 3.6.4. Динамика содержания подвижного фосфора в почве под посевом яровой твёрдой пшеницы в длительном стационарном опыте..... | 71 |
| 3.7. Запасы элементов питания в разных слоях почвы к севу и урожайность яровой твёрдой пшеницы..... | 75 |
| 3.8. Потребление элементов питания растениями яровой твёрдой пшеницы..... | 80 |
| 3.8.1. Содержание элементов питания в растениях..... | 80 |
| 3.8.2. Вынос элементов питания с урожаем..... | 86 |
| 3.8.3. Баланс питательных веществ при возделывании яровой твёрдой пшеницы..... | 89 |
| 3.8.4. Дозы, вынос, баланс элементов питания в связи с урожайностью яровой твёрдой пшеницы..... | 93 |
| ГЛАВА 4. Урожайность яровой твёрдой пшеницы и элементы продуктивности её растений на фоне различных видов, доз и соотношений минеральных удобрений..... | 102 |
| 4.1. Урожайность яровой твёрдой пшеницы и её вероятность по данным многолетнего стационара..... | 102 |
| 4.2. Урожайность яровой твёрдой пшеницы в эксперименте..... | 109 |
| 4.3. Структура урожая и продуктивность растений..... | 112 |
| ГЛАВА 5. Технологические качества зерна яровой твёрдой пшеницы..... | 117 |
| 5.1. Содержание и сбор белка..... | 117 |
| 5.2. Технологические качества зерна..... | 125 |
| 5.3. Качество макарон..... | 128 |
| 5.4. Экологическая оценка качества зерна яровой твёрдой пшеницы..... | 131 |
| ГЛАВА 6. Экономическая и энергетическая эффективность производства зерна яровой твёрдой пшеницы..... | 135 |
| 6.1. Экономическая эффективность..... | 135 |
| 6.2. Зависимость экономических показателей от величины прямых затрат на производство яровой твёрдой пшеницы..... | 140 |

| | |
|--|-----|
| 6.3. Энергетическая оценка эффективности применения минеральных удобрений при производстве яровой твёрдой пшеницы..... | 146 |
| Заключение..... | 157 |
| Предложения производству..... | 160 |
| Литература..... | 161 |
| Приложения..... | 180 |

Введение

Актуальность темы заключается в особой значимости проблемы перехода к точному земледелию на современном этапе развития сельского хозяйства России. Необходимость этого перехода стала более острой в связи с вступлением России в ВТО, в составе которого большая часть стран располагает лучшим климатом, обеспечивающим им получение высокой урожайности, а отсюда и лучше окупаемой продукции.

Степные засушливые регионы нашей страны лишены этого преимущества, но способны производить продукцию значительно более высокого качества и без экологических проблем.

Из этого следует важность и актуальность поиска технологий, позволяющих более рационально использовать особенности климатических условий и почв территории, материальные и энергетические ресурсы, выбирать экономически выгодные культуры и строить систему удобрений, обеспечивающую повышение урожайности, качество продукции, сохранение и поддержание плодородия почв.

Яровая твердая пшеница – основная среди зерновых культур, формирующих высококачественное зерно в Оренбургской области, по посевным площадям занимающая одно из первых мест в России.

Слабая изученность особенностей ее минерального питания в системе пятипольного севооборота при основном внесении видов, доз и соотношений минеральных удобрений с учетом изложенного определило актуальность выбранной нами темы исследования.

Тема является частью государственного задания фундаментальных исследований ГНУ Оренбургского НИИСХ.

Степень разработанности темы исследований заключается в том, что прямое действие минеральных удобрений на продуктивность и качество зерна проявляется неоднозначно при резких изменениях погоды по сезонам вегетации. В годы засух оно незначительно, но может быть значительным в последствии, в благоприятные по увлажнению годы. Ранее выполненные исследования А.Е. Солнце-

вой, В.А. Михарева, Н.М. Майдебуры, И.И. Гридасова, В.А. Андреевой, А.В. Ряховского на базе краткосрочных опытов позволили им рекомендовать в качестве оптимальной дозы от 40 до 60 кг/га по азоту и фосфору, главным образом, для яровой мягкой пшеницы и половинные дозы для припосевного внесения.

Исследований по основному внесению минеральных удобрений под яровую твердую пшеницу было незначительное количество (А.В. Курилова, А.Г. Крючков, В.М. Андреева, Р.Х. Абдрашитов, И.Н. Бесалиев) и выполнены они были на прежних сортах в краткосрочных опытах по разным предшественникам. В связи с этим, в 1972 году на базе бывшей Оренбургской государственной сельскохозяйственной опытной станции был заложен стационарный опыт с удобрениями в системе пятипольного севооборота по схеме ВИУА, который ведется и в настоящее время. Материалы этого опыта длительное время не обобщались по культуре яровой твердой пшеницы. Не были изучены корреляционные связи между действующими факторами и продуктивностью и ряд других. Поэтому потребовался анализ данных этого длительного стационара как в разрезе культур, так и всего севооборота с точки зрения сохранения плодородия, продуктивности, качества продукции и экономической эффективности.

Цель исследований заключалась в научном обосновании дифференцированного использования оптимальных доз основного удобрения под яровую твердую пшеницу для обеспечения более стабильных сборов ее зерна высокого качества при поддержании плодородия почвы.

В задачи исследований входило:

1. Изучить особенности потребления основных элементов питания в условиях различной влагообеспеченности яровой твердой пшеницы при внесении различных доз и соотношений их в минеральных удобрениях,
2. Дать анализ динамики содержания фосфора за четыре ротации пятипольного севооборота на агрохимическом стационаре,
3. Выявить вероятность формирования разного уровня урожайности яровой твердой пшеницы в связи с применением различных видов, доз и соотношений основного удобрения в длительном стационарном опыте,

4. Выявить зависимость урожайности и белковости зерна яровой твердой пшеницы от запасов элементов питания, их соотношений и влагообеспеченности,

5. Установить роль различных уровней питания в формировании показателей качества зерна, его классности, химического состава и макарон,

6. Дать экологическую, энергетическую и экономическую оценки различных вариантов технологии выращивания зерна яровой твердой пшеницы.

Научная новизна исследований в том, что впервые для степной зоны Оренбургского Предуралья на черноземе обыкновенном в системе пятипольного зернопарового севооборота 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 ними и урожайностью. Обоснованы оптимальные варианты основного удобрения для поддержания плодородия, повышения сборов белка, повышения классности зерна по белку и технологическим качествам с более высокой вероятностью.

Теоретическая и практическая значимость работы заключалась в установлении закономерностей распределения запасов азота, фосфора и калия в слоях почвы к севу яровой твердой пшеницы в зависимости от доз и соотношений вносимых удобрений, их связей с выносом, балансом питательных веществ и урожайностью, выявления закономерностей динамики запасов фосфора за четыре ротации севооборота с учетом внесения различных доз NPK; доказано последовательное накопление запасов фосфора от ротации к ротации. Установлено более вероятное повышение урожайности этой культуры при дозах удобрения, превышающих вынос элементов питания.

В системе удобрения яровой твердой пшеницы недооценивалась значимость калия. При изученных дозах (20-40 мг/кг) внесения его баланс складывался отрицательным.

Методология и методы исследований. В основу методологии была положена методика полевых опытов с удобрениями Географической сети ВИУА, дополненная методами анализов по принятым ГОСТам, методами дисперсионного и нели-

нейного корреляционно-регрессионного анализа данных. Подробнее они изложены в соответствующем разделе.

Положения диссертации, выносимые на защиту:

- закономерности действия вносимых доз минеральных удобрений на изменение запасов основных элементов питания в разных слоях почвы, выноса их и баланса при формировании урожайности яровой твердой пшеницы различного уровня,
- закономерности накопления запасов фосфора в почве при систематическом внесении удобрений под яровую твердую пшеницу в длительном стационарном опыте и повышения вероятности получения ее более высокой урожайности,
- целесообразность дифференцированного подхода к выбору доз и соотношений элементов минерального питания для повышения показателей качества зерна и макаронных изделий,
- экономическое и энергетическое обоснование эффективности различных вариантов (доз, видов и соотношений) минеральных удобрений в засушливой степи Оренбургского Предуралья.

Степень достоверности и апробация результатов исследований подтверждена 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.

Реализация результатов исследований. Работа апробирована и внедрена в СПК «колхоз» имени Ю.А. Гагарина Оренбургского района на 100 га. Экономический эффект составил 5715,00 руб. с 1 га. Урожайность на контроле составила 0,84 т с 1 га, а на варианте $N_{40}P_{40}$ – 1,04 т с 1 га.

Установлены диспропорции между ростом энергетической и экономической себестоимости производства зерна яровой твердой пшеницы.

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

Результаты исследований доложены и апробированы на ежегодных заседаниях Учёного Совета ГНУ «Оренбургский научно-исследовательский институт сельского хозяйства Россельхозакадемии» в период 2006 – 2013гг. (г. Оренбург), на Всероссийской научно-практической конференции «Перспективное направление инновационного развития сельского хозяйства (к 170-летию со дня рождения К.А. Тимирязева)» (г. Ульяновск, 2013).

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

Объём и структура диссертации. Диссертация написана на 219 стр. компьютерного текста, состоит из введения, 6 глав, заключения и предложений производству, содержит 48 таблиц, 14 рисунков и 31 приложение. Список использованной литературы содержит 181 источник, в том числе 7 иностранных авторов.

ГЛАВА 1 СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ ВОПРОСА

В степных засушливых регионах России с неустойчивым климатом на современном этапе состояния сельскохозяйственного производства особую актуальность приобрели проблемы повышения эффективности удобрений, которые должны максимально повысить урожайность и качество продукции сельскохозяйственных культур при сохранении плодородия почвы и исключить загрязнение окружающей среды на фоне непрерывного роста требований к ресурсо- и энергосбережению. При этом есть все основания предполагать, что эти проблемы будут актуальными не только в ближайшей, но и отдалённой перспективе.

1.1 Роль минеральных удобрений в сохранении плодородия почв, повышении продуктивности и качества яровой твёрдой пшеницы

Среди элементов минерального питания особая значимость в питании яровой твердой пшеницы на практике принадлежит азоту, фосфору и калию.

Азот является одним из основных элементов, необходимых растениям.

Весь сложный цикл синтеза азотистых веществ в растениях начинается с аммиака и распад их завершается его образованием. Это послужило основанием Д.Н. Прянишникову сказать, что «аммиак есть альфа и омега в обмене азотистых веществ у растений». Процесс обмена азотистых веществ происходит в течение всей жизни растения, но характер и темпы этого процесса неодинаковы в разные фазы роста и развития.

Условия азотного питания оказывают большое влияние на рост и развитие растений. При недостатке азота рост их резко ухудшается. Особенно сильно сказывается недостаток азота на развитие листьев: они бывают мелкие, имеют светло-зелёную окраску, преждевременно желтеют, стебли становятся тонкими и слабо ветвятся. Ухудшается также формирование и развитие репродуктивных органов и налив зерна.

При нормальном азотном питании растений повышается синтез белковых веществ, усиливается и дольше сохраняется жизнедеятельность организма, ускоряется рост и несколько замедляется старение листьев. Растения образуют мощные стебли и листья, имеющие интенсивно-зелёную окраску, хорошо растут и кустят-

ся, улучшается формирование и развитие репродуктивных органов. В результате резко повышается урожай и содержание белка в урожае. Однако одностороннее избыточное азотное питание в течение вегетации иногда задерживает созревание растений, они образуют большую вегетативную массу, но мало зерна. Повышение белковости улучшает качество урожая, но не всякое увеличение содержания азотистых веществ повышает хозяйственную ценность культуры (Агрохимия, изд-е Зе, перер. и доп., М; «Колос», 1975).

Фосфор входит в состав нуклеиновых кислот и считается энергоносителем клеток, входя в состав АТФ (аденозинтрифосфорная кислота), которую считают переносчиком и поставщиком энергии во многих процессах жизнедеятельности растений. Нормальное обеспечение растений фосфором – залог высоких урожаев и качества продукции.

Калий относится к числу основных элементов, необходимых растениям. Основная его часть содержится в клеточном соке и извлекается водой (4/5 общего содержания), остальная в коллоидах и протоплазме. Он увеличивает оводнённость коллоидов, протоплазмы, благодаря чему растение легче переносит кратковременные засухи. Его недостаток задерживает развитие культур и их созревание. Калий способствует улучшению усвоения азота. При его недостатке снижается урожайность и качество продукции.

По мнению В.И. Кирюшина (1991) стратегия формирования систем удобрения культур в севообороте изменяется в зависимости от уровня обеспеченности агрохимическими ресурсами. На первом этапе химизации решается задача регулирования питания растений в компенсирующем режиме в звеньях, где оно наименее сбалансировано: оптимизация фосфорного питания зерновых, размещаемых по пару, азотного – на фонах безотвальной и минимальной обработок, особенно при оставлении соломы.

Обогащая почву элементами минерального питания и стимулируя развитие растений, удобрения способствуют повышению биологической активности поч-

вы, увеличивают численность и активизируют деятельность почвенных микроорганизмов. Этим объясняется, в частности, усиление минерализации органического вещества.

И.В. Мосоловым (1979) установлено, что повышенное азотное питание, особенно до периода колошения, ведёт к усилению синтетических процессов и увеличению органической массы. Фосфорные удобрения сокращают фазы прохождения роста и растения под их влиянием быстрее созревают.

Исследованиями (А.И. Носатовский, 1965; Б.А. Чижов, 1939; П.Г. Найдин, 1963; Н.С. Петин, 1975; П.Н. Жуковский, 1957) выявлено, что яровая пшеница в период всходов – кущения характеризуется невысоким приростом сухой биомассы, значительным в период трубкования - колошения и замедлением нарастания её после колошения (при наливе зерна). В целом же накопление сухой биомассы в растении идёт по восходящей кривой (А.К. Шкурихина, В.К. Гирфанов, 1971).

Опытами сельскохозяйственной академии имени К.А. Тимирязева и института сельского хозяйства Нечерноземной полосы установлено, что прирост сухого вещества растений пшеницы увеличивается по мере увеличения потребления воды и питательных веществ и был равен в период от всходов до кущения 5-10%, от кущения до цветения – 50-60% и от цветения до созревания – 30-40% общего прироста при полном созревании.

В Оренбургской области в зависимости от предшественников и доз минерального удобрения в среднем за 1976-1979 годы сухая биомасса сорта Харьковская 46 за период всходы – кущение составила 0,7-1,19 т на 1 га, кущение – колошение 3,71-5,33, колошение – молочная спелость – 5,74-8,42 т на 1 га (Р.Х. Абдрашитов, А.Г. Крючков, И.Н. Бесалиев, 2003).

В.А. Кумаков (1978) отмечает, что накопление элементов питания в биомассе пшеницы происходит гораздо быстрее, чем прирост самой биомассы. Содержание же элементов в процентах к сухому веществу неуклонно снижается по мере старения растений. Это же писал Ф.М. Перекальский (1961).

А.И. Носатовский (1965) указывал, что листья пшеницы к моменту колошения достигают нормальной величины и большего веса, сохраняя его до конца цвете-

ния. Эти выводы автор сделал на основании исследований, проведённых в Поволжье, на Кубани и в Ставрополье.

Обычно яровая пшеница развивает до 40 тыс.м² листьев на гектар посева. На её развитие большое влияние оказывают экологические условия и уровень минерального питания (Н.С. Петин, 1959; А.И. Носатовский, 1965; А.К. Шкурихина, В.К. Гирфанов, 1971).

Удобрения, оказывая положительное влияние на раннее и более мощное развитие листовой поверхности, также способствуют снижению испарения влаги с поверхности почвы.

В Оренбургской области площадь листовой поверхности у сорта яровой твёрдой пшеницы Оренбургская 2 в среднем за 4 года (1982-1985 гг.) с нормой высева 3,5 мм всхожих семян составила без внесения удобрений – 11,8 тыс./м² на 1 га, а на фоне минерального удобрения N₈₀P₈₀K₄₀ – 15,4 тыс./м² (Р.Х. Абдрашитов, А.Г. Крючков, 2003).

Существуют географические особенности действия минеральных удобрений на яровую пшеницу.

На чернозёмах и каштановых почвах северной части степных районов Юга и Юго-Востока главными удобрениями являются фосфорные; калийные удобрения там редко проявляют положительное действие.

В опытах, проведённых в Северном Казахстане не наблюдалось существенного влияния азотных удобрений на величину урожая. Основная роль там принадлежит фосфорным удобрениям.

В степных засушливых районах эффективность удобрений снижается, а в районах достаточного увлажнения действие их заметно возрастает.

Большое влияние на эффективность удобрений оказывают агротехнические факторы, особенно предшественники. Наиболее ярко проявляется влияние пара. Яровая пшеница, размещаемая по пару, обычно хорошо обеспечена азотом, поэтому азотные удобрения не повышают урожай. В то же время в Восточной Сибири, по данным Иркутского сельскохозяйственного и Якутского научно-исследовательского института сельского хозяйства, азотные удобрения были до-

вольно эффективны и при посеве яровой пшеницы по пару. Это связано с бедностью почв гумусом и температурным режимом: позднее оттаивание и раннее промерзание пахотного слоя значительно сокращают период активной микробиологической деятельности и накопления нитратов в пару. Бобовые предшественники также значительно ослабляют действие азота.

Опыты показывают, что в большинстве районов возделывания яровой пшеницы лучшие результаты получаются при глубокой заделке удобрений под плуг по сравнению с мелким, поверхностным внесением их под культиватор или борону.

Хороший эффект достигается при сочетании осеннего (под основную обработку почвы) и рядкового внесения туков. Дозы, сроки и способы применения удобрений устанавливаются в зависимости от агрохимических показателей почвы, места в севообороте (В.Д. Панников, В.Г. Минеев, 1977).

До последних лет существовало мнение, что яровая пшеница слабо отзывается на удобрения. Между тем установлено, что потенциальная потребность яровой пшеницы в питательных веществах высокая. С урожаем зерна 2,5 т с 1 га и такого количества соломы яровая пшеница выносит 95 кг N, 30 кг P₂O₅ и 45 кг K₂O.

Яровая пшеница имеет более короткий вегетационный период по сравнению с озимой пшеницей. Поэтому в период интенсивного поступления азота и зольных элементов суточная потребность яровой пшеницы в этих элементах пищи в 2-2,5 раза больше, чем у озимой пшеницы. От начала выхода в трубку до колошения яровая пшеница потребляет примерно 2/3-3/4 всего количества азота и зольных элементов. В период от появления всходов до конца кущения потребляется меньше элементов минеральной пищи, чем в последующие фазы развития растений. Однако в этот период яровая пшеница весьма чувствительна к недостатку элементов пищи, особенно фосфора. Отрицательное влияние недостатка фосфора в первый период развития не устраняется последующим его внесением и вызывает снижение урожая зерна.

Обычно яровая пшеница прекращает усваивать азот из почвы перед фазой молочной спелости, а в отдельных случаях (в условиях достаточно хорошего увлажнения) перед наливом зерна. Накопление фосфора продолжается до полного созревания. Поглощение калия пшеницей заканчивается значительно раньше, чем

азота и фосфора. Уже в фазе цветения (или колошения) установлен максимум накопления калия на выщелоченном чернозёме и на обыкновенном чернозёме при поливе.

Яровая пшеница сильно реагирует на азот в период от начала кущения до трубкавания, когда формируются придаточные стебли, узловые корни, колоски и цветки в зачаточном колосе.

Недостаток в фосфорном питании пшеница испытывает раньше, чем в азотном. На дополнительное внесение фосфорных удобрений она отзывается ещё до фазы кущения. Если пшеница хорошо обеспечена фосфором до колошения, то урожай её не снижается даже в том случае, когда в более поздние фазы развития фосфорные удобрения не применяют.

Период повышенной потребности в калии у пшеницы длится от фазы стеблевания до начала налива зерна. Недостаток этого элемента слабо отражается на образовании придаточных стеблей и на озернённости колосьев. Способность калия участвовать в передвижении углеводов из ассимилирующих органов в зерно, по видимому, объясняется тем, что повышение уровня калийного питания ведёт к увеличению массы 1000 зёрен.

Внесение избыточного количества калия до посева (особенно хлористых удобрений) резко повышает концентрацию почвенного раствора, которая губительно действует на молодые проростки яровой пшеницы и снижает её продуктивность.

Эффективность действия удобрений на урожай яровой пшеницы существенно изменяется от климатических условий, типа почвы, механического их состава, доз и способов внесения удобрений и предшествующих культур.

По обобщённым П.Г. Найдиным (1963) многочисленным данным, вынос питательных веществ на 1 ц зерна яровой пшеницы, в зависимости от природных особенностей и метеорологических условий в годы проведения опытов, составил: азота – 2,1-5,9 кг, фосфора – 0,7-1,7 и калия – 1,1-4,7 кг.

По наблюдениям П.К. Иванова за 1966-1968 годы яровая пшеница на 1 ц урожая общей массы (на тёмно-каштановых почвах) расходовала приблизительно по 1 кг азота и калия и около 0,3 кг фосфора.

По мнению академика А.И. Бараева и др. (1978), для получения 1 ц зерна яровой пшеницы в засушливых условиях требуется в среднем 4,5-6,0 кг азота, 1,0-1,6 кг – P_2O_5 и 2,5-3,0 кг – K_2O . Валовая потребность на 1 ц для среднего урожая 15 ц с 1 га выразится таким образом: 72-92 кг азота, 23-24 кг P_2O_5 и 40-45 кг K_2O (А.И. Бараев, Н.М. Бакаев, М.Л. Веденеева и др., 1978).

По В.А. Кумакову (1978) для производства 1 ц зерна яровая пшеница требует в среднем 4,5-6,0 кг азота, 1,0-1,69 кг P_2O_5 и 4,0-4,5 кг K_2O .

В опытах по трём природным районам Башкирии расход питательных веществ на 1 ц зерна составил: азота – 2,9-8,1 кг, фосфора – 0,9-1,9 и калия – 1,7-5,8 кг (В.К. Гирфанов, 1976).

А.Е. Солнцева (1963) в условиях Оренбургской области пришла к выводу, что для создания 1 ц зерна и соответствующего количества соломы яровая пшеница выносит из почвы: 3 кг азота, 1 кг фосфора и 2 кг калия.

Яровая твёрдая пшеница для создания 1 ц урожая с соответствующим количеством соломы требует на южных чернозёмах азота – 3,41-4,16 кг, фосфора – 0,75-1,07 кг, калия – 1,28-1,94 кг (Н.М. Майдебура, 1967).

На обыкновенных чернозёмах центральной зоны области по данным Оренбургского НИИСХ расход азота несколько выше: 4,05-4,23 кг, фосфора примерно столько же (0,74-0,91 кг), а калия намного меньше – 1,5-1,3 кг на 1 т зерна с соответствующим количеством соломы.

Яровая пшеница Харьковская 46 за 1975-1979 годы в среднем с урожаем на 1 т зерна вынесла азота больше, чем фосфора и калия (Р.Х. Абдрашитов, А.Г. Крючков, 2004).

В целом, как на единицу урожая, так и на всю величину урожая с гектара, большая часть выносимых из почвы питательных элементов приходится на азот, затем на калий, и меньшая доля – на фосфор.

В зерне яровой пшеницы содержится N – 3,40%, P_2O_5 – 0,20 и K_2O – 0,75 % к абсолютно-сухой массе.

На долю корней и пожнивных остатков приходится 24-38% азота, 9-31% фосфора и 20-30% калия от общего количества элементов, поглощённых растениями

пшеницы. В среднем масса корней и пожнивных остатков составляет 25-30% всей биомассы растений (15-20% корневая система и 8-10% пожнивные остатки).

Д.М. Аникст (1981), обобщая многочисленные опыты с удобрениями, делает ряд заключений. Величина расхода питательных веществ зависит в основном от их концентрации в растениях и соотношения зерна и соломы. Поскольку почвенные и климатические условия влияют на химический состав растений, расход питательных веществ яровой пшеницей в разных природных зонах неодинаков. В первую очередь это касается азота, во вторую – калия. Внесение минеральных удобрений также оказывает заметное влияние на эти величины. Расход фосфора более стабилен.

При перемещении в пределах Европейской территории РСФСР от южнотаежно-лесной к лесостепной, степной и сухостепной зонам расход азота постепенно повышается. Без внесения удобрений на дерново-подзолистых почвах он составляет 2,2-2,9 кг/га, на выщелоченных и типичных чернозёмах – 2,7-3,4 кг, на обыкновенных чернозёмах и каштановых почвах – 3,2-3,9 кг/га. Та же закономерность наблюдается и при внесении NPK, с той разницей, что общий уровень потребления азота на единицу продукции более высокий: 2,7-3,4 кг/га – на дерново-подзолистых почвах, 3,0-4,6 – на выщелоченных и типичных чернозёмах, 3,8-4,5 кг/га – на обыкновенных чернозёмах и каштановых почвах.

Такое изменение величин расхода азота вполне естественно: по мере того, как уменьшается дефицит почвенного азота и ухудшаются условия увлажнения, увеличивается его содержание в зерне и соломе яровой пшеницы.

На тёмно-каштановых почвах Ершовского района Саратовской области предшественником яровой пшеницы были зерновые культуры. Применение азотного удобрения оказало существенное влияние на потребление растениями азота, и калия. Внесение калийного удобрения не повлекло за собой заметных изменений в расходе питательных веществ.

На аналогичных почвах в колхозе «Заветы Ленина» (Саратовская область) расход фосфора возрос от 0,7 кг без удобрения до 0,8; 0,9 и 1,0 кг соответственно на вариантах с внесением P_{20} , P_{40} и P_{60} . Одновременно увеличивался и расход азота:

3,4; 3,6 и 3,8 кг при 3,2 кг без удобрения. В этом случае наблюдалось стимулирующее влияние суперфосфата на потребление яровой пшеницей азота почвы. Расход калия составил на всех вариантах 1,7-1,8 кг.

Расчёты баланса питательных веществ в хозяйстве ведут обычно применительно к севообороту. Следует иметь чёткое представление о том, в какой мере вынос азота, фосфора и калия возмещается дозой соответствующего удобрения.

Коэффициент использования азота из основного удобрения по усреднённым данным изменяется твердой пшеницы от 7,0 до 42,5%, фосфора от 3,47 до 43,1%.

Вынос питательных веществ на 1 т основной и побочной продукции яровой пшеницы может изменяться в 1,5-2 раза. Твёрдая пшеница с урожаем в 1 т зерна и соломы отторгает из почвы 26,5-50,2 кг азота, 17,8-45 кг фосфора и 2,4-6,3 кг калия.

В рекомендациях агрохимслужбы под яровую пшеницу обычно предлагается вносить азот, фосфор и калий. Поэтому для решения конкретных практических задач, связанных с построением сбалансированных систем удобрения, полезно воспользоваться данными по влиянию на расход питательных веществ полного минерального удобрения.

В зонах черноземных почв азотные удобрения стимулируют развитие корневой системы, растения активнее поглощают питательные вещества почвы. Нередко размеры выноса азота значительно превышают дозу, от которой получена наиболее высокая прибавка урожая.

Фосфор, выносимый с урожаем, рекомендуется возмещать полностью, независимо от почвенно-климатических условий.

Вопрос о размерах возмещения калия зависит от ряда обстоятельств.

Положительное действие калия на величину урожая проявляется не всегда. В южной части степной и сухостепной зон калий можно вносить лишь периодически небольшими дозами, поскольку почвы обычно достаточно богаты этим питательным веществом. В более благополучных по увлажнению зонах его необходимо возвращать в количестве не менее 70% от выноса.

Вынос калия на единицу продукции возрастает под влиянием калийных и азотных удобрений. Азотные (или азотно-фосфорные) удобрения способствуют увеличению общей растительной массы и повышают содержание в ней калия, а это приводит к большему выносу этого элемента с урожаем. Поэтому, даже в тех случаях, когда прибавки урожая от калия невелики, необходимо помнить, что систематическое использование азотных и азотно-фосфорных удобрений способствует обострению калийного режима почвы.

По эффективности действия минеральных удобрений на растения существует огромная литература. При этом исследователи разных стран и зон нашей страны приводят различные дозы основных элементов питания и их сочетаний, пригодных для использования на своих территориях с учётом биологических (особенностей) требований культур и особенностей своего климата.

В штате Калифорния (США, Vagnot K, Puri Y, 1979) при внесении N-21% и безводного аммиака (82% N) при дозах N от 100 до 300 кг урожайность твёрдой пшеницы увеличивалась с 5,82 до 7,01 т с 1 га.

В институте растениеводства и селекции растений Австрии (Hannold E, 1979) внесение от 30 до 150 кг/га N под озимую пшеницу и яровой ячмень при благоприятных погодных условиях обеспечило получение урожайности 7,2-7,93 т с 1 га при урожайности контроля 7,38 т с 1 га. На фоне запасов N в почве под пшеницей в середине марта 155 кг его на 1 га под пшеницей и 118 кг/га под ячменём связи роста урожайности при благоприятных условиях не было обнаружено.

В Дании (Rasmussen A, 1980) в 10-летних (1968-1978) опытах внесение $N_{120}P_{38}K_{90}$ наиболее эффективным было в виде РК + безводный аммиак. При внесении 500 кг/га сложного удобрения рядковым способом прибавка урожая увеличивалась на 2,7 ц/га в сравнении с разбросным. Как правило, под яровые зерновые все удобрения вносили до или непосредственно после посева.

В Бельгии (Boon R, 1979) за период с 1958 по 1979 год в рамках международных общеевропейских опытов с азотными удобрениями было установлено, что на суглинистых почвах за счёт применения их оптимальных доз получают прибавки урожая озимой пшеницы 50%, 45% овса, 29% ярового ячменя. Оптимальные дозы

для озимой пшеницы на песчаных почвах 120 кг/га. Но эффективность азотных удобрений сильно изменяется по годам из-за изменения погодных условий. Учитывая это, рекомендуют ежегодно в начале весны определять запасы азота в почве на глубине не менее 90 см для уточнения доз удобрений.

Дозы удобрений должны уточняться с учётом конкретных условий выращивания яровой пшеницы, её вида и сорта, предшествующей удобренности и т.д.

В условиях лесостепи УССР под твёрдую яровую пшеницу при основном внесении рекомендуют вносить на 1 га: на чернозёмных почвах

$N_{45-60}P_{45-60}K_{45}$ на выщелоченных чернозёмах $N_{60}P_{45-60}K_{30}$, на типичных и слабо-выщелоченных $N_{40}P_{40}K_{40}$, на обыкновенных чернозёмах $N_{30}P_{60}$. Прибавки урожая зерна от применения таких доз туков под вспашку получают в пределах 3-7 ц с 1 га (В.Д. Панников, В.Г. Минеев, 1977).

В опытах Географической сети (ВИУА) за 15 лет в среднем двойной суперфосфат на обыкновенном чернозёме обеспечил получение урожайности яровой пшеницы в 21,1 ц с 1 га с прибавкой 3,2 ц с 1 га (В.Д. Панников, В.Г. Минеев, 1977).

В опытах, проведённых в Северном Казахстане, основная роль была отведена фосфорным удобрениям.

Внесение фосфорных удобрений в дозе P_{60} обеспечило прибавку урожайности яровой пшеницы в 0,21 т с 1 га, контроль без удобрений – 1,3 т с 1 га (Е.Д. Волков, П.Л. Сычѳв и др., 1975).

Ю.И. Назаровым (1969) в Кокчетавской области показано за 1964-1967 гг., что прибавка урожайности яровой пшеницы от внесения P_{60} составляет 0,15-0,16 т с 1 га, $P_{60}K_{60}$ дали прирост в 0,19 т с 1 га, а $N_{60}P_{60}K_{60}$ существенно не добавили урожайности.

В Оренбургской области до последних лет существовало мнение, что яровая пшеница слабо отзывается на удобрение. Между тем установлена высокая потребность яровой пшеницы в питательных веществах.

В начале развития яровая пшеница требует больше фосфора и меньше азота и калия. Поэтому внесение гранулированного суперфосфата при посеве обеспечивало нормальный рост и развитие растений в начальный период (И.И. Гридасов, В.М. Андреева, 1977).

Для повышения урожайности наибольшую ценность представляют фосфорные удобрения, так как почвы Оренбуржья бедны подвижным фосфором (О.Ф. Туева, С.А. Самойлова, 1948; А.А. Зуев, 1949; О.Ф. Туева, 1966).

Эффективное плодородие почв области по содержанию подвижного фосфора позволяет получать урожаи зерновых в среднем по области 0,6-0,8 т с 1 га с колебаниями от 0,5 до 1,0 т с 1 га (И.И. Гридасов и др., 1978).

Степень и направление соотношений элементов неоднозначны, они зависят от многих условий: почвенно-климатических; вида культурных и сорных растений; агротехники; плодородия почвы; норм, видов, сроков и способов внесения удобрений (Д.Н. Прянишников, 1963; И.И. Синягин, 1975; В.Д. Панников, В.Г. Минеев, 1977; В.Ф. Ладонин, А.М. Алиев, 1991, 1992).

В Центрально-черноземном и Поволжском районах, в благоприятных для яровой пшеницы условиях, внесение удобрений обеспечило прибавку урожая зерна 0,58-0,61 т на 1 га с оплатой 1 кг NPK 4,5-4,7 кг зерна (Л.М. Державин, 1976).

От внесения полного минерального удобрения в дозе $N_{60}P_{45}K_{60}$ наибольшая прибавка урожая зерна получена в районах южной лесостепи, Зауральской степи и горно-лесной зоны Башкирской АССР. Она составила 4,4-3,3 кг на 1 кг действующего вещества удобрений.

В условиях засухи удобрения оказывали последствие на другие культуры (Ф.М. Гайнуллин, А.Г. Марковский, 1967).

От последствия полного минерального удобрения ($N_{60}P_{60}K_{60}$) получено дополнительно 0,31 т зерна с 1 га. Величина последствия полного минерального удобрения составила 60% от его прямого действия.

Несмотря на резко выраженный дефицит подвижного фосфора в преобладающей части пахотных земель Саратовской области, определяющим элементом питания является азот (В.Ф. Зубенко и др., 1978; В.П. Шабаетова, 1980), так как в связи с высокой насыщенностью севооборотов зерновыми культурами и увеличением площадей плоскорезной, минимальной обработок почвы, азотный режим ослаблен.

Хороший эффект достигается при внесении комплексных минеральных удобрений. К.М. Жанибековым (1989) показано, что рядковое внесение по предше-

ственнику – озимая пшеница N_{60} позволяет повысить урожайность твёрдой пшеницы на 0,74-0,84 т с 1 га (36,8-49,4%). Доза $N_{60}P_{60}$ дала возможность получить от 0,76 до 0,82 ц с 1 га прибавки (37,8-48,9%) к контролю, но не имела преимуществ перед азотом (N_{60}).

По данным А.И. Лесогоровой (1974) в Курской области на слабо выщелоченном чернозёме наиболее высокий урожай зерна твёрдой яровой пшеницы Харьковская 46 был получен при внесении $N_{60}P_{60}K_{60}$. Прибавка составила 0,48 т с 1 га. Дальнейшее повышение доз удобрений не повышало урожайности. Эти данные совпадают с данными В.Г. Минеева и В.А. Гончарова (1970).

В увлажнённый год (1969г.) на фоне 276,4 мм осадков автор отмечает усиленное действие калийных удобрений. В 1970 и 1971 годах, которые автор относит к засушливым (154,5 мм и 222,2 мм), положительное действовали фосфорные удобрения, что совпадает с данными А.В. Соколова (1950).

Фактором, повышающим эффективность удобрений яровой твёрдой пшеницы, является применение в производстве сортов с высокой продуктивностью и экологической устойчивостью, способных максимально использовать естественное плодородие почв и одновременно отзывчивых на применение удобрений.

В 1999-2008 гг. в Самарском НИИСХ созданы и прошли производственное испытание адаптивные к ресурсосберегающим технологиям агрохимически эффективные сорта яровой твёрдой пшеницы. Они обеспечивают при внесении удобрений 2,5-3,0 т с 1 га зерна. Однако, если прибавка урожаев по сорту Безенчукская степная составила 5,6-7,0 ц с 1 га, то по сорту Безенчукская 182 – 0,42-0,53 т с 1 га.

Естественное плодородие почвенного покрова использовали наиболее полно сорта Безенчукская 200, Безенчукская степная, Безенчукская Нива.

По данным научно-исследовательских учреждений Среднего Поволжья, прибавки урожаев от полного минерального удобрения составляют от 0,17 до 0,78 т с 1 га, от азотно-фосфорного – 0,14-0,36 т с 1 га, от азотно-калийного – 0,15-0,33 т с 1 га (Производство высококачественного зерна, Самара, 2010).

В Болгарии (В. Велчев, 1979) в опытах с озимой пшеницей на фоне $P_{80}K_{40}$ и $P_{160}K_{80}$ при внесении аммиачной селитры в дозах 80,160 и 240 кг/га обнаружили снижение урожайности, вызванное избыточным азотным питанием.

По данным М. Byers, I. Bolton (1979), полученным на Ротамстедской опытной станции (Англия), при применении высоких доз азотных удобрений может возникать дефицит серы в растениях по отношению к азоту. И это одна из причин указанного явления.

Исследования в Мордовии (К.А. Костров, А.В. Малова, А.В. Ивойлов, М.И. Бессонова, 1981) показали, что на протяжении 15 лет внесения удобрений в севообороте наибольшую прибавку обеспечивало ежегодное внесение дозы $N_{45}P_{36}K_{39}$ в сочетании с навозом (5,7 т). Уровень урожайности яровой пшеницы составил 2,93 т с 1 га.

В северной части Центрально-черноземной зоны (Н.А. Арзыбов, 1981) на выщелоченном чернозёме оптимальными для яровой пшеницы были дозы $N_{100}P_{60}K_{60}$. Внесение более высоких доз фосфора и калия не повышало урожайности, а более высокие дозы азота даже её снижали.

В.П. Старостенко (1981) на выщелоченном чернозёме Алтайского НИИ земледелия и селекции установлено, что лучшим вариантом удобрения является внесение высоких доз азота на фоне $P_{60}K_{60}$. Прибавка урожая 0,64 т с 1 га пшеницы.

А. Хурчакова, М. Островленчих, Э. Бурбах (1979) на стационаре учебно-опытного хозяйства Алтайского СХИ «Пригородное» выявили эффективность внесения в пар под яровую пшеницу фосфорного удобрения в дозе 45 кг/га и азотного в дозе 60 кг/га. Одни калийные удобрения оказались не эффективны.

Д.М. Аникст (1981), обобщая данные по Сибири и Зауралью, указывает, что при внесении N_1PK ($N_{30-40}P_{40-45}K_{30-45}$) и N_2PK ($N_{60}P_{40-45}K_{30-45}$) в лесостепи Новосибирской области прибавки урожая яровой пшеницы составляют соответственно 0,55 и 0,68 т с 1 га, в Курганской – 0,52-0,67 т с 1 га.

В лесостепи и степи Омской области внесение N_1PK увеличило урожайность яровой пшеницы на 0,32-0,35 т с 1 га.

В Челябинской области прибавки урожая яровой пшеницы от N_1PK и N_2PK составили в южной лесостепи – 0,26 и 0,43 т с 1 га, в степной зоне – 0,23 т с 1 га (от N_1PK).

Приведённые примеры свидетельствуют о снижении величин эффективных доз минеральных удобрений по мере перехода из стран атлантического климата в глубину резко континентального климата лесных, лесостепных и степных зон России.

В.И. Овсянников, С.М. Овсянникова, Г.Н. Харин, К.И. Никифорова и Г.Л. Попов (1981) сообщают о том, что в Курганской области эффективность фосфорных удобрений выше на солонцеватом чернозёме, чем на выщелоченном.

На 1 кг фосфорных удобрений на солонцеватом чернозёме получено 10,7 кг зерна пшеницы, на выщелоченном чернозёме 2,7 кг, на тяжёлосуглинистом выщелоченном чернозёме 4,3 кг. Эффективность азотных удобрений на выщелоченном чернозёме значительно выше, чем на солонцеватом.

На тяжёлосуглинистом выщелоченном чернозёме продуктивность зернопарового севооборота при внесении P_{30} растёт с 1,82 до 1,95 т к.ед. С добавлением азота и увеличением его дозы с 40 до 120 кг продуктивность зернопарового севооборота составляет 2,62 т к.ед. (т.е. увеличивается на 44%).

В. Волынкин, А. Попов (1979), обобщая опыты, заложенные в Курганском НИИ зернового хозяйства в 1969 году сообщают, что дозы P – удобрений взяты с таким расчётом, что средняя из них (P_{120} за ротацию) приблизительно соответствует выносу P_2O_5 с урожаем зерна 2,5-3,0 т с 1 га. При самой низкой дозе P_{60} внесения фосфора она значительно ниже выноса его с урожаем. Самый высокий уровень P_{180} позволяет установить целесообразность внесения фосфора в количестве, значительно повышающем вынос его с урожаем.

При этом изучали два способа внесения удобрений: ежегодно в рядки при посеве под все культуры и в запас суммарную дозу за ротацию под первую культуру. Почва – среднemocный слабосолонцеватый чернозём. Ежегодное внесение фосфорных удобрений в рядки при посеве не имело преимущества перед запасным внесением. Внесение фосфорных удобрений приводило к накоплению в почве подвижных фосфатов, особенно в вариантах с повышенной дозой фосфора.

В Восточной Кулунде внесение $N_{60}P_{40}$ под основную обработку пара дало прибавку урожая яровой пшеницы от 0,26 до 0,52 т с 1 га. Применение дозы (P_{10}) при

посеве сопровождалось повышением урожайности от 0,1 до 0,45 т с 1 га, использование одних азотных и калийных удобрений не влияло на рост растений и урожайность яровой пшеницы.

По данным А.П. Чичкина и В.Т. Московских (1992) полное минеральное удобрение за 5 лет повысило урожайность яровой твёрдой пшеницы на 0,31 т с 1 га, или на 18% в сравнении с вариантом без удобрения.

Н.К. Спиридонова, М.И. Ходько (1981) пишут о том, что на выщелоченном чернозёме Ульяновской области при насыщении севооборота удобрениями 78 кг/га д.в. средняя прибавка урожая зерновых составляет 0,32 т с 1 га; при 130 кг/га д.в. – 0,47 т с 1 га, при 183 кг/га д.в. – 0,59 т с 1 га.

В южной лесостепи Башкортостана по данным Х.С. Ахметшина, Б.П. Шиленко, К.З. Халиуллина (1981) внесение за ротацию севооборота по 50 кг/га д.в. на 1 га дало суммарную прибавку урожая 2,71 т к.ед. за ротацию или 0,45 т ежегодно. На варианте $N_{220}P_{220}K_{60}$ урожайность яровой пшеницы увеличилась до 2,22-2,67 т с 1 га, а средняя ежегодная прибавка урожая составила 0,68 т с 1 га к.ед.

Опытами научно-исследовательских учреждений и практикой хозяйств Оренбургской области установлена оптимальная доза (40-60 кг д.в.) минеральных удобрений, положительно влияющих на продуктивность яровой пшеницы (И.И. Гридасов, В.М. Андреева, 1977; Н.М. Майдебура, 1967; В. А. Михарёв, 1965; Э.А. Скориков, 1982; А.Е. Солнцева, 1963).

А.В. Ряховским (1985) показано, что оптимальной нормой полного удобрения для яровой мягкой пшеницы, идущей первой культурой по пару в центре области, является $N_{60}P_{90}K_{30}$, для второй культуры после пара $N_{30}P_{90}K_{30}$. Увеличение нормы азота для второй культуры свыше 30 кг д.в. нецелесообразно из-за дефицита продуктивной влаги в почве после непаровых предшественников.

По данным В.Т. Московских, В.А. Прошкина (1981) в Куйбышевском НИИСХ в целом за ротацию наибольший эффект получен от полного минерального удобрения с преобладанием азота над фосфором и калием. Общий сбор зерна по сравнению с контролем возрос на 0,94 т зерновых единиц на 2,41 т с 1 га. Оптимальный вариант внесения за ротацию дозы $N_{180}P_{120}K_{120}$.

Результаты опытов Целиноградского СХИ (В. Калугин, 1979) свидетельствуют о высокой эффективности фосфорных удобрений, вносимых под яровую пшеницу в 6 северных областях Казахстана. В среднем от первой дозы минеральных удобрений (10 кг/га P_2O_5), вносимых в рядки при посеве, получено 0,16 т с 1 га прибавки урожая зерна яровой пшеницы, а от второй дозы (20,1 кг/га P_2O_5) – 0,21 т с 1 га. Различия в эффективности рядкового внесения суперфосфата по зонам региона незначительны. При основном внесении минеральных туков выход зерна на 1 ед. питательных веществ снижается по сравнению с рядковым. Считают целесообразным планировать поставки фосфорных удобрений в степную зону из расчёта 31,8 кг/га P_2O_5 , а в сухостепную – 20,1 кг/га. Более высокие дозы фосфорных туков, особенно в сочетании с азотными, не были оправданы.

И.И. Гридасов, А.И. Климентьев, В.П. Шуваев (1978) сообщают о том, что действие фосфора на урожайность зерновых культур находится в тесной зависимости от содержания азота в почве.

Во влажные годы, при высоком выносе азота из почвы и недостаточном накоплении нитратов осенью, фосфорные удобрения могут не дать ожидаемого эффекта. В опытах Оренбургского НИИСХ в 1970 и 1974 гг. внесение фосфора обеспечило прибавку урожая яровой пшеницы 4%. Азот же, повысил урожайность этой культуры на 0,27 и 0,76 т с 1 га соответственно.

По данным В.М. Андреевой (1972) наибольшее влияние на урожай пшеницы оказывало совместное внесение азота и фосфора в норме $N_{40}P_{40}$ и $N_{40}P_{60}$. Средняя урожайность за три года составила 2,78 и 2,81 т с 1 га соответственно. Наибольший экономический эффект получен на варианте $N_{40}P_{20}$. Удобрения заметно улучшали качество зерна, за исключением влажных лет.

Результаты четырёхлетнего (1976-1979гг. А.Г. Крючков и др.) эксперимента, проведённого на обыкновенных чернозёмах в центральной зоне Оренбургской области показали, что при внесении удобрений по чёрному пару наибольшая урожайность сорта твёрдой пшеницы Харьковская 46 была получена на фоне $N_{120}P_{120}K_{120}$ (2,57 т с 1 га).

На фоне предшественника – кукурузы на силос, наибольшая урожайность твёрдой пшеницы 1,89 и 1,88 т с 1 га получена на вариантах $N_{120}P_{120}K_{40}$ и $N_{120}P_{40}K_{40}$.

При размещении твёрдой пшеницы после мягкой наибольшую урожайность 1,62 т с 1 га обеспечил вариант $N_{80}P_{80}K_{40}$.

Данные отдела земледелия (Н.А. Максютов, В.М. Жданов, Л.Ф. Матвеев, 2007), полученные в стационарном опыте на южных чернозёмах (1990-2006гг.) показывают, что при размещении твёрдой пшеницы по предшественнику – озимые по чёрному пару её урожайность на варианте $N_{40}P_{40}$ составила 1,42 т с 1 га. Получена прибавка урожая от внесения удобрений 0,21 т с 1 га.

Использование в опытах градаций эффективности удобрения облегчает выбор оптимальных доз, а также помогает распределить имеющиеся удобрения таким образом, чтобы получить от них максимальную отдачу, распределение удобрений пропорционально их эффективности может быть проведено как в пределах области, района, так и внутри отдельных хозяйств в случае неоднородности почвенного покрова.

Для правильного выбора доз азотных, фосфорных и калийных удобрений очень важно правильное определение нижнего и верхнего пределов рекомендуемой дозы: занижение её приведёт к недобору урожая, а неоправданное завышение станет не только бесцельной тратой удобрений, ухудшением качества продукции и снижением урожаев, но и вызовет отрицательное влияние на окружающую среду.

При выборе дозы, близкой к агрономическому оптимуму, рекомендуется руководствоваться следующими соображениями (по Д.А. Аникст, 1981).

Если величина прибавки урожая от второй дозы по сравнению с первой (или от третьей по сравнению со второй и т.д.) составляет 0,1 т с 1 га и более, то такой переход целесообразен. Чаще всего используют дозы 30, 60, 90 или 40, 60, 80 кг/га д.в., т.е. интервал между предыдущей и последующей равен 20-30 кг/га д.в.

Окончательное решение относительно рекомендуемых доз азотных, фосфорных и калийных удобрений должно приниматься на основании совокупных данных,

включающих сведения о возможных величинах прибавок урожая, влиянии удобрений на качество продукции и о выносе питательных веществ.

При решении практических вопросов рационального использования удобрений, в первую очередь, определяется, какое из питательных веществ находится в первом минимуме.

В степной зоне Куйбышевской (Самарской) области широко распространены обыкновенные и южные чернозёмы. Здесь при посеве яровой пшеницы после зерновых и пропашных положительное действие азотных и фосфорных удобрений выражается почти одинаковыми прибавками урожая. Увеличение доз от 40 до 60 кг/га д.в. не сопровождается существенным ростом урожаев. Внесение калия в тех же дозах даёт дополнительно 0,03-0,05 т с 1 га зерна. Для получения 1,8-2,0 т зерна с 1 га считается возможным рекомендовать основное внесение полного минерального удобрения в дозах $N_{40}P_{40}K_{30-40}$. Этого достаточно для компенсации выноса фосфора и калия. Что касается азота, то для возмещения его выноса с урожаем 2,0 т с 1 га потребуется гораздо более высокая доза – около 80 кг/га д.в.

На широко распространённых в степной зоне Саратовской области южных чернозёмах при посеве яровой пшеницы после зерновых и пропашных культур наибольшие прибавки обеспечивают фосфорные удобрения. Эффективность азотных удобрений – низкая, увеличение их дозы сверх 30-40 кг/га д.в. не сопровождается дальнейшим ростом урожаев. Этой же дозой можно ограничиться при использовании фосфорных удобрений. Внесение 40 кг/га д.в. калия обеспечивает прибавку 0,08 т с 1 га. Таким образом, на южных чернозёмах степной зоны Саратовской области применение полного минерального удобрения в дозах 30-40 кг/га д.в. позволяет получать урожаи 2,0-2,4 т с 1 га.

1.2 Роль систематического внесения удобрений в изменении плодородия почвы, запасов элементов питания и продуктивности возделываемых культур

Во многих зонах и странах результаты многолетних стационарных опытов показывают, что длительное применение удобрений оказывает разностороннее дей-

ствие на почву, растение, урожай и его качество. Оно зависит от зоны возделывания, агротехники и многих других факторов.

Системное применение удобрений под различные культуры севооборота способствует изменению соотношений основных элементов питания в почве, преодолению естественно сложившихся недостатков её с точки зрения соответствия биологическим требованиям культур и, как следствие, способствует наращиванию их продуктивности.

В длительном стационарном опыте НИИСХ Юго-Востока на южном чернозёме М.П. Чуб и Н.В. Потатуриной (1981) установлено, что систематическое внесение фосфорных удобрений повышало содержание подвижного фосфора. Установлено оптимальное его содержание (30-40 мг/кг почвы) при внесении P_{110} .

Наибольшее увеличение продуктивности – (на 2,06 т с 1 га к.ед.) обеспечило совместное применение азотных и фосфорных удобрений.

Максимальную прибавку урожая 3,4 т с 1 га к.ед. обеспечило внесение за ротацию $N_{210}P_{210}K_{80}$. При этом 0,1 т удобрения оплачивался 0,146 т зерна.

Бездефицитный баланс азота и фосфора во второй ротации севооборота получен при внесении N_{340} и P_{160} .

На карбонатном чернозёме в опытах П.К. Загорча и др. (1980) в первой ротации севооборота высокий эффект давал фосфор. Во второй ротации (при достаточном количестве питательных веществ в почве) растения реагировали лучше на внесение азота на фоне РК.

На чернозёмах Курганской области (В.И. Волынкин, А.П. Попов, 1980) внесение фосфорных удобрений повысило урожайность зерновых культур за две ротации четырёхпольного севооборота на 0,65-0,67 т с 1 га.

Снижение действия фосфора по мере его накопления в почве при систематическом внесении наблюдали в своих опытах К.А. Костров, А.В. Малова, (1973); Б.Н. Собянин, О.Б. Рябенская и др., (1988).

Обобщая результаты длительных опытов, проведённых агрохимической службой РСФСР, А.В. Постников и др. (1981) пишут, что доля участия удобрений в формировании урожая колеблется от 11 до 48%. Для выщелоченных и обыкно-

венных чернозёмов эти цифры составляют 25-33%, при окупаемости 1 кг питательных веществ 4,7-8,9 кг зерновых единиц. При дозах, превышающих вынос NPK урожаем, происходит накопление соответствующих элементов в почве (В.Т. Московских, 1987; М.П. Чуб и др., 1985; А.В. Постников и др., 1981; Ю.К. Кудзин, 1960).

По данным НИИСХ Юго-Востока содержание легкогидролизуемого азота с увеличением дозы азотных удобрений с 320 до 580 кг д.в. возрастает на 1,20 мг на 100 г почвы. О накоплении всех форм азота в почве свидетельствует значительное количество работ (Ю.К. Кудзин, 1960; Г.А. Мусиенко и др., 1974; В.В. Буткевич и др., 1960; Л.М. Жукова, 1960; К.З. Халиуллин, 1981).

По результатам исследований О.В. Сдобниковой, Л.Л. Яговенко (1987) систематическое применение повышенных доз суперфосфата привело к увеличению фосфора в слое 0-20 см на 10-17%, 20-40 см – на 21-23%, а в слое 40-60 см – на 16-28%. Аналогичные данные получены на южных чернозёмах Саратовской и Куйбышевской областей (А.Г. Марковский, 1974; В.Т. Московских, 1987; М.П. Чуб и др., 1985; А.В. Постников и др., 1981).

Достоверное увеличение подвижного фосфора в пахотном слое отмечается при дозах удобрения свыше 40 кг/га д.в., а в подпахотном при 47-62 кг/га (О.В. Сдобникова, Л.Л. Яговенко, 1987).

Степень действия удобрений на содержание подвижного фосфора в почве зависит не только от доз, но и от длительности внесения. Л.А. Лебедева, Е.К. Прудников (1974) приводят данные, когда за 20 лет внесения суперфосфата количество P_2O_5 в почве увеличилось в 2 раза. Запасы эти сохраняются в почве довольно долго.

В Ротамстеде (Англия) в период с 1843 по 1952 год в одном из опытов вносили фосфорные удобрения, а в двух других не вносили. Содержание подвижного фосфора в первом случае составило 23 мг/кг, а во втором 8,5 мг. Разница между этими участками наблюдалась более чем 100 лет после прекращения внесения удобрений (В.Г. Минеев, А.И. Хабарова и др., 1980).

Применение калийных удобрений на чернозёмных почвах степной зоны не приводит к существенному изменению содержания обменного калия в почве, видимо, вследствие фиксации калия коллоидами почвы и небольших доз внесения. Однако определение фиксированного K_2O в вытяжке 10% HCL позволило установить заметное снижение запасов K_2O за 12 лет как на контроле, так и на удобренном варианте, где вынос калия возмещался на 30%. При незначительном дефиците (-65 кг/га) или превышении поступления над выносом (+45 кг/га) содержание калия в почве практически не изменялось (А.В. Постников и др., 1981).

Результаты длительных опытов показывают, что на чернозёмных почвах компенсация выноса азота в севооборотах должна быть 53-76%, фосфора 100-130%. Интенсивность баланса калия определяется почвенно-климатической зоной. Так, для южных чернозёмов она получена в 30%, для выщелоченных чернозёмов лесостепи – 44-76% (В.И. Михайлина, 1974).

Одним из основных показателей плодородия почвы является наличие гумуса. Сохранение его – главная задача земледелия. Единого мнения по влиянию длительного применения минеральных удобрений на воспроизводство гумуса в литературе нет. Одни авторы (Л.С. Любарская, 1960, 1968, 1974; Л.И. Петрова, 1973; М.С. Жуков, Н.П. Грабовский, 1968; А.Д. Хлистовский, З.М. Осипова, 1973; С.Т. Лигум, 1972; З.М. Шугля, 1982; И.М. Шапошникова, А.А. Новиков, 1986) признают их положительную роль в накоплении в почве гумуса.

Другие авторы пишут, что на чернозёмах степной зоны длительное применение удобрений сокращает потери гумуса, но не позволяет достигнуть уравновешенного баланса или его воспроизводства.

Третьи указывают на усиление темпов минерализации гумуса под влиянием удобрений. А.И. Жуков и П.Д. Попов (1988) пишут, что при одностороннем их внесении содержание гумуса заметно снижается уже через 5-10 лет. В длительных опытах (15-25 лет) это снижение превышает 30% исходного запаса. На чернозёмах центрально-чернозёмной зоны за 15 лет внесения минеральных удобрений

содержание гумуса снизилось на 0,17% (Н.А. Арзыбов, 1983). На суглинистых почвах Баварии (ФРГ) при использовании только минеральных удобрений содержание гумуса снизилось с 2,6 (1947) до 1,9% (1970). Такое снижение возможно при резком подкислении почвы и ухудшения её физических свойств.

Л. Русакова (1980) сообщила, что в Южно-Уральском НИИ земледелия на черноземе выщелоченном среднегумусном маломощным суглинистом по окончании первой ротации севооборота и четырёхлетнего бессменного возделывания пшеницы, кукурузы и ячменя обнаружено увеличение содержания подвижного фосфора в слое почвы 0-40 см в вариантах с внесением этого элемента по сравнению с контролем, а при повышенных уровнях удобрений это увеличение произошло более чем вдвое. В связи с тем, что чернозёмные почвы обладают высокой буферной способностью, реакция почвы, а также другие химические свойства в удобряемых вариантах, за четыре года не изменились по сравнению с контролем.

В Дании (1979) фосфор и калий используют главным образом в форме комплексных двухкомпонентных РК – удобрений.

На почвах средне обеспеченных фосфором и калием, в зернопропашных севооборотах рекомендуют удобрения с соотношением P : K около 0,4, при хорошем – P : K = 0,6.

В Ставропольском НИИСХ (В. Хомко, З. Орлова, 1980) на типичном мицелярно-карбонатном мощном малогумусном среднесуглинистом чернозёме. Применение удобрений в дозе N_{120} и $P_{200-220}$ способствовало более мощному развитию корневой системы растений. Количество пожнивных и корневых остатков на неудобренном фоне составило 34,1-35,1 т с 1 га, в контроле 29,6-30,7 т с 1 га. Внесение минеральных удобрений увеличило поступление в почву свежего органического вещества в виде пожнивных и корневых остатков в среднем на 4,0-5,0 т с 1 га.

Длительное систематическое применение минеральных удобрений положительно влияет на биологическую активность почвы, вызывает увеличение численности микроорганизмов, некоторое повышение ферментативной активности и общего продуцирования CO_2 в приземный слой (В. Петрова и др., 1977).

1.3 Оценка эффективности применения удобрений

В современных условиях система оценки применяемых агротехнологий, эффективности удобрений, средств защиты растений, сортов претерпела и претерпевает непрерывные изменения, поскольку на первом плане извлечение прибыли, независимо от всех других важнейших задач при неуправляемом росте цен на средства производства и материальные ресурсы.

Исследователи многих учреждений страны пытаются изыскивать резервы преодоления этого критического состояния в сельском хозяйстве. Особенно это актуально в степных и сухостепных зонах, где прессинг «ценовых пузырей» поставил на грань выживания живущее здесь население.

В концепции формирования современных ресурсосберегающих технологических комплексов возделывания зерновых культур в Среднем Поволжье В.А. Корчагин и др. (2008) считают, что «важнейшими направлениями стабилизации и воспроизводства почвенного плодородия в современных технологических комплексах является:

- максимальная мобилизация почвенно-климатических ресурсов за счёт направленного воздействия на биологические процессы в почве;
- эффективное использование минеральных удобрений;
- широкое применение биологических методов воспроизводства органической массы в почве.

Рациональное применение минеральных удобрений позволит в короткие сроки значительно повысить урожайность сельскохозяйственных культур, окупаемость питательных веществ туков, снизить потери гумуса. Основными направлениями достижения этих результатов является дифференцированное применение удобрений, учитывающих состояние конкретного поля, внесение их в периоды наибольшей потребности растений, переход на более эффективные способы внесения (локальные, локально-ленточные и др.).

В рыночных условиях важнейшим показателем является окупаемость применения удобрений. В одних случаях удобрения, обеспечивая равный экономический

эффект в сравнении с другими формами удобрений, экономически предпочтительны за счёт более низкой цены или меньших затрат на их применение; в других – при равных затратах обеспечивают более высокие прибавки урожая, в третьих – выбор формы и доз удобрений зависит от закупочной цены на получаемую продукцию.

Выбор удобрений в США (Калифорния) по данным К. Vagnott, Puri Y (1979) делается с учётом стоимости удобрений. Экономическая эффективность внесения безводного аммиака (стоимость 1 т – 265 долл.) была выше, чем сульфата аммония (стоимость 1 т – 105 долл.), под все сорта, за исключением Лидса. Он лучше отзывался на сульфат аммония.

В Самарском НИИСХ (2010) обращают внимание на экономическую эффективность использования новых селекционных сортов с учётом их отзывчивости на удобрение.

При возделывании районированных ранее сортов (Безенчукская 182, Безенчукская степная) оплата удобрений урожаем составляла 2,22-3,77 кг/кг д.в. Окупаемость затрат – 1,34-1,41 руб./руб., чистый доход – 1287-1567 руб. с 1 га. Применение новых сортов позволило повысить экономическую и энергетическую оценки использования удобрений. Оплата удобрений урожаем возросла до 5,22-6,30 кг/кг д.в., окупаемость затрат до 1,76-1,81 руб./руб., условно-чистый доход до 2927-3487 руб. с 1 га и КЭЭ до 1,36-1,47 ед. соответственно по сортам Безенчукская степная и Марина.

Применение минеральных удобрений должно предусматривать, прежде всего, экономическую целесообразность этого агроприёма, высокую окупаемость питательных веществ, быстрый возврат инвестиций в отрасль.

Наиболее сильное действие удобрения оказывают в лесостепных районах в связи с достаточным количеством осадков. В засушливых условиях удобрения необходимо сочетать с приёмами увеличения запасов влаги в почве (В.А. Корчагин и др., 2008).

По мере продвижения на восток от Самарской области в засушливую и сухую степи Оренбуржья вопрос об эффективном использовании удобрений приобрёл

ещё большую остроту в связи с худшим увлажнением поверхностных (ресурсосберегающих) обработок почвы в сравнении с глубокими. Возникло определённое противоречие между желаниями экономистов и природными возможностями зон, а также необходимостью сбережения плодородия земель для потомков.

Таким образом, изучение многих источников литературы не позволило нам автоматически перенести их детальные решения в местные природно-климатические условия, для этого нужен анализ прямых опытов в этих условиях.

Вместе с тем, на протяжении последних 25 лет (1986-2010 гг.) результаты длительного стационарного опыта в Оренбургском НИИСХ с удобрениями под яровую твёрдую пшеницу в пятипольном севообороте оставались необобщёнными. За этот период сменились используемые сорта, проявилось потепление климата, произошли изменения в экономических условиях ведения сельскохозяйственного производства. Курс на интенсификацию резко переключён на энерго-ресурсосбережение.

Всё это вместе взятое потребовало переоценки прежних взглядов в науке и, в частности, решить вопросы более рационального использования минеральных удобрений:

- 1) В каком направлении идёт изменение плодородия почвы в стационаре при систематическом внесении различных доз и соотношений минеральных удобрений в целом и, в частности, под яровую твёрдую пшеницу,
- 2) В какой степени удовлетворяются потребности яровой твёрдой пшеницы на разных фонах питания,
- 3) Каков баланс основных элементов питания на поле стационара при возделывании яровой твёрдой пшеницы,
- 4) Какие дозы и соотношения элементов питания достаточны для получения климатически обеспеченной наибольшей урожайности яровой твёрдой пшеницы при сохранении плодородия на этом поле и других,
- 5) В какой степени повысится качество продукции этой культуры при разных дозах и соотношениях основных элементов питания,

б) Какова экономическая и энергетическая эффективность производства зерна яровой твёрдой пшеницы в местном климате при существующих затратах на материальные и энергетические ресурсы.

Необходимость решения этих вопросов послужила основанием для проведения исследования результатов длительных стационарных опытов с удобрениями.

ГЛАВА 2 ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ, МЕТОДИКА И МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Природно-климатические условия

Оренбургская область расположена на стыке нескольких крупнейших физико-географических стран в предгорной зоне Южного Урала между $50^{\circ}30''$ и $54^{\circ}22''$ северной широты. Территория области простирается с запада на восток на 750 км, с севера на юг в западной части на 236 км, в центральной – на 60 и восточной на 220 км. На западе она граничит с Самарской областью, на востоке и юге – с Казахстаном, на севере – с Татарстаном, Башкортостаном и Челябинской областью (В. Е. Тихонов, В. М. Кононов, 1999).

Зима умеренно холодная ($-14,4$ - $-15,8^{\circ}\text{C}$), достаточно снежная и многоснежная (40 – 60 см); лето теплое ($20,2$ – $21,9^{\circ}\text{C}$).

Провинция относится к полосе среднеспелых культур ($\sum T=2400-2600^{\circ}\text{C}$) (Научные труды ВАСХНИЛ, 1975).

Продолжительность безморозного периода 130-145 дней. Средний из абсолютных минимумов равен -36 - 37°C .

Заморозки в воздухе заканчиваются в конце первой и в начале второй декады мая. Устойчивый снежный покров образуется 18-22 ноября. Продолжительность снежного покрова 140-155 дней (Агроклиматические ресурсы Оренбургской области. – Л., 1971).

Особенности климата Оренбургской области – холодная, умеренная зима и умеренно теплое лето, резкое потепление зимой и похолодание летом случаются редко. Их продолжительность может достигать несколько суток.

В степных условиях Южного Урала засуха – явление часто повторяющееся. Вероятность засухи в конце лета и начале осени достигает 54%.

Наибольшей изменчивостью из климатических показателей на территории области отличается среднегодовое количество осадков по сезонам, месяцам и декадам. Количество осадков в указанные временные периоды разных лет может отличаться по объему в несколько раз. Суховеи различной интенсивности наблюдаются в течении 30-40 дней.

Общая площадь сельхозугодий центральной зоны Оренбургской области составляет 2185,2 тыс. га, в т.ч. 1285,4 тыс. га пашни.

В центральной зоне Оренбургской области засуха бывает, как правило, 5-6 лет из девяти. Она может проявляться в конце апреля и в первой – второй декадах мая, в июне. Суховейных, по данным Оренбургского гидрометеоцентра, за вегетацию насчитывается до 30 – 40 дней.

Степная зона Южного Урала характеризуется большим разнообразием почвообразующих пород и почвенных типов.

Почвы области в основном представлены четырьмя подтипами: черноземы типичные и выщелочные (7,6%), черноземы обыкновенные (23,5%), черноземы южные (41,5%) и темно-каштановые (11%).

Для черноземов Оренбуржья характерно общее уменьшение гумусового профиля и содержание гумуса с севера на юг. Механический состав почв преимущественно глинистый и тяжелосуглинистый, но встречаются и легкие по составу разновидности.

Мощность гумусовых горизонтов изменяется от 45-70 см у типичных черноземов до 30-45 см у темно-каштановых почв. Содержание гумуса изменяется от 8,7-9,5% у типичных черноземов до 3,2-5,6% у южных и 3,2-4,0% у темно-каштановых почв (В.Д. Кучеренко, 1977).

Почвы центральной зоны Оренбургской области представлены черноземами обыкновенными и южными. Содержание гумуса в них колеблется от 4 до 6%. Почвы нейтральные, реже сбалансированные.

2.2 Схема опыта и условия, место и методика проведения исследований

Экспериментальная работа проведена в центральной части Оренбургской области на базе ОПХ «Урожайное» Оренбургского НИИСХ.

Почвы – обыкновенный среднемощный, тяжелосуглинистый чернозем с содержанием гумуса в слое 0-30 см 4,74 – 5,5%, общего азота от 0,17 – 0,21% до 0,21%, рН – 7,2-7,3, подвижного фосфора 2,3-2,8 мг (по Мачигину), обменного калия – 26,7-38,4 мг на 100 г почвы.

Реакция почвенного раствора слабощелочная, близкая к нейтральной.

Почвообразующая порода – делювий пермских отложений.

Климат центральной 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. По гидротермическому коэффициенту место исследований можно отнести к району засушливому, где ГТК равен 0,6-0,8.

Наши исследования проведены на многолетнем стационаре с удобрениями по схеме Географической сети ВИУА, заложенном в 1972 году на базе Оренбургской областной государственной сельскохозяйственной опытной станции (ныне Оренбургский НИИСХ Россельхозакадемии) в 5-польном севообороте: 1. пар, 2. озимая рожь, 3. яровая твердая пшеница, 4. просо, 5. яровая мягкая пшеница.

Объект исследования – яровая твердая пшеница Оренбургская 21.

Схема опыта: 1. Без удобрений (контроль), 2. N_1P_1 , 3. N_1K_1 , 4. P_1K_1 , 5. $N_1P_1K_1$, 6. $N_2P_2K_2$, 7. $N_{0,5}P_{0,5}K_{0,5}$, 8. $N_2P_1K_1$, 9. $N_1P_2K_1$, 10. P_2K_2 в запас + N_2 ежегодно.

Шаг доз для яровой твердой пшеницы: азота – 40, фосфора – 40, калия 20 кг на 1 га. Удобрения вносились осенью под вспашку.

Повторность вариантов 4-х кратная. Площадь посевной делянки 450 кв.м. (7,5 х 60), учетной 250 кв.м. (4 х 60).

В опыте вносились следующие удобрения: мочевины, двойной гранулированный суперфосфат, хлористый калий.

Для посева использовались семена высших репродукций яровой твердой пшеницы Оренбургская 21.

Применяется общепринятая для центральной зоны области агротехника возделывания культур в севообороте. При сильной засоренности посевов предусматривается применение гербицидов.

НАБЛЮДЕНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЯ

1. Фенологические наблюдения (с отметкой сроков посева, всходов, кущения, колошения, цветения, полной спелости) проводились по методике Госсортсети (1971).
2. Подсчет густоты состояния зерновых культур проводился в фазе полных всходов на закрепленных площадках размером 0,25 кв.м. (2 рядка по 83,3 см),

при посеве сеялкой СЗС-2,1 – 2 рядка по 57,8 см. Площадки закреплялись в четырех точках по диагонали каждой делянки.

3. Определение подвижных питательных веществ в почве. Пробы почвы отбирались с вариантов 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10 двух несмежных повторений по слоям 0-30 и 30-60 см, а по вариантам 1 и 6 с горизонтов: 0-30, 30-60 и 60-100 см. Образец с каждой делянки составлялся из 8 выемок. Пробы анализировались на нитратный азот ионоселективным методом, фосфор по Мачигину, калий в углеаммонийной вытяжке методом пламенной фотометрии. Сроки наблюдений: перед посевом, после уборки.

4. Влажность почвы определялась в 4-х точках делянки на вариантах 1 и 6 двух несмежных повторений на глубину 1 м, через каждые 10 см. Сроки наблюдений: перед посевом, после уборки.

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

Структура урожая и элементы продуктивности растений определялись в снопах, взятых перед уборкой урожая на четырёх закрепленных площадках по 0,25 кв. м с вариантов всех повторений. Определялся вес зерна и соломы (по методике Госсортсети, 1971).

6. Урожай культур в севообороте учитывался путем сплошной уборки учетной площади комбайном «Сампо».

7. Вынос питательных веществ с урожаем рассчитывался после определения химического состава зерна и соломы, с учетом урожайности зерна и соломы и влажности образцов.

8. При расчете баланса питательных веществ применялись рекомендации профессора Ряховского А. В. (1992).

9. При учете урожая с делянки отбиралась средняя проба зерна массой 3 кг, в которой определялась влажность зерна на день уборки, физическая чистота воздушно-сухого зерна, масса 1000 зерен.

10. Влажность зерна определялась по ГОСТу 12041-66, физическая чистота - по ГОСТу 12037-66 с выделением 2 групп: зерно основной культуры, включая щуп-

лое, колотое зерно и отходы (земля, солома и пр.), масса 1000 зерен – по ГОСТу 12042-66.

11. Технологические качества зерна твердой пшеницы (содержание сырой и сухой клейковины, её качество, стекловидность, натура, белок) определяли в средних пробах с вариантов 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 11, 15 – по ГОСТу Р 52554 – 2006.

12. Экологическая оценка продукции проведена в лаборатории токсикологии областной СтаЗР.

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

14. Экономическая оценка дана по нормативам и расценкам, принятым на основании расчета технологических карт. Цены – рекомендованные региональные.

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

Погодные условия периодов вегетации яровой твердой пшеницы сложились контрастными. Лучшими 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). 2009 год был засушливым (ГТК = 0,40, К влагооб. = 0,26), а 2010 год экстремально засушливым (ГТК = 0,008, К вл. = 0,12. (прил. 1).

В целом период вегетации 2008 года прошел при среднесуточной t воздуха $19,4^{\circ}\text{C}$, $\sum T = 1783,2^{\circ}\text{C}$, $t_{\max} = 31,9^{\circ}\text{C}$ ($23-36^{\circ}\text{C}$), d_w воздуха 12 ГПа, $\sum d_w$ воздуха = 1108 ГПа, \sum доступной общей влаги – 294 мм и 37 суховейных дней.

В 2006 году среднесуточная t воздуха составила $20,1^{\circ}\text{C}$, $\sum T = 1967,7^{\circ}\text{C}$, $t_{\max} = 32,4^{\circ}\text{C}$ ($24-38^{\circ}\text{C}$), d_w воздуха = 12,3 ГПа, $\sum d_w = 1203$ ГПа, \sum доступной влаги 271 мм, а число суховейных дней – 40.

Условия периода вегетации 2009 года отличались более высокой t воздуха ($20,4^{\circ}\text{C}$), $\sum T$ воздуха несколько ниже, чем в 2006 году ($1918,9^{\circ}\text{C}$), $t_{\max} = 31,4^{\circ}\text{C}$

(26-37⁰C), Σ влаги = 228,3 мм, но большим dw воздуха (14,6 ГПа) и Σdw воздуха (1377 ГПа), а также значительно большим числом суховейных дней (75).

Период вегетации 2010 года проходил при наибольших показателях среднесуточной температуры воздуха (23,6⁰C), ΣT (2243,7⁰C), t_{max} 35,9⁰C (29-38⁰C), dw воздуха (21,6 ГПа), Σdw воздуха (2057 ГПа), наименьшем количестве осадков (18-22 мм) к Σ общей влаги (161,82 мм) и наибольшем числе суховейных дней. В целом условия лет вегетации за эти годы исследований характерны для климата центра Оренбургского Предуралья.

ГЛАВА 3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.
ВЛИЯНИЕ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ЯРОВОЙ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ И
ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВЫ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ, ДОЗ И
СООТНОШЕНИЙ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ В ЦЕНТРЕ
ОРЕНБУРГСКОГО ПРЕДУРАЛЬЯ

3.1 Продолжительность основных периодов вегетации

Посев яровой твердой пшеницы в среднем за 4 года приходился на 4 (1 – 7) мая (табл.1). Колошение её наступало 24 (20-30) июня.

Таблица 1 – Даты наступления и продолжительность основных периодов вегетации яровой твердой пшеницы

| № п/п | Год опыта | Посев-колошение | | Колошение-полная спелость | | Посев-полная спелость | |
|-------------------|-----------|-----------------|------|---------------------------|------|-----------------------|------|
| | | даты | дней | даты | дней | даты | дней |
| 1 | 2006г | 4.05-30.06 | 57 | 1.07-10.08 | 41 | 4.05-10.08 | 98 |
| 2 | 2008г | 1.05-20.06 | 51 | 21.06-31.07 | 41 | 1.05-31.07 | 92 |
| 3 | 2009г | 5.05-26.06 | 52 | 27.06-7.08 | 42 | 5.05-7.08 | 94 |
| 4 | 2010г | 7.05-23.06 | 48 | 24.06-9.08 | 47 | 7.05-9.08 | 95 |
| Средние за 4 года | | 4.05-24.06 | 52 | 25.06-6.08 | 43 | 4.05-6.08 | 95 |

Длительность периода от посева до колошения в связи с условиями лет составляла 48-57 дней при средней величине 52 дня.

Вторая половина вегетации приходилась на 25 (21.06-1.07) июня, а её завершение на 6 (21.07-10.08) августа при продолжительности от 41 до 47 дней и средней величине 43 дня.

Вся вегетация яровой твердой пшеницы продолжалась за годы эксперимента в среднем 95 дней с 4 мая по 6 августа с колебаниями по годам от 92 до 98 дней или с 1-7 мая по 31 июля – 10 августа. Дозы удобрений не повлияли на продолжительность основных периодов вегетации.

3.2 Количество всходов и полевая всхожесть семян

Количество полученных в опыте всходов яровой твердой пшеницы изменялось от 260 до 398 шт/м² при средней величине 327 шт/м² (табл. 2, прил. 2).

Таблица 2 – Влияние вариантов основного удобрения на показатели состояния посевов яровой твердой пшеницы (средние за 2006, 2008-2010 гг.)

| № п/п | Доза удобрения, кг д.в. на 1 га | Количество всходов, шт. на 1 кв. м | Полевая всхожесть, % | Количество растений к уборке, шт на 1 кв. м | Сохранность, % | Выживаемость, % |
|------------------|--|------------------------------------|----------------------|---|----------------|-----------------|
| 1 | Контроль | 301 | 66,9 | 219 | 73,8 | 48,7 |
| 2 | N ₄₀ P ₄₀ | 332 | 73,8 | 256 | 78,0 | 56,9 |
| 3 | N ₄₀ K ₂₀ | 338 | 75,1 | 230 | 69,0 | 51,1 |
| 4 | P ₄₀ K ₂₀ | 323 | 71,8 | 246 | 77,3 | 54,8 |
| 5 | N ₄₀ P ₄₀ K ₂₀ | 332 | 73,8 | 249 | 75,5 | 55,4 |
| 6 | N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀ | 328 | 72,9 | 227 | 69,8 | 50,5 |
| 7 | N ₂₀ P ₂₀ K ₁₀ | 316 | 70,2 | 253 | 79,6 | 56,2 |
| 8 | N ₈₀ P ₄₀ K ₂₀ | 311 | 69,1 | 230 | 75,3 | 51,0 |
| 9 | N ₂₀ P ₄₀ K ₂₀ | 342 | 76,0 | 251 | 74,6 | 55,9 |
| 10 | N ₄₀ P ₈₀ K ₂₀ | 317 | 70,4 | 244 | 74,3 | 54,1 |
| 11 | N ₄₀ P ₂₀ K ₂₀ | 331 | 73,5 | 256 | 78,8 | 47,0 |
| 12 | N ₈₀ P ₁₂₀ K ₄₀ | 333 | 74,0 | 241 | 73,3 | 53,5 |
| 13 | N ₁₂₀ P ₈₀ K ₄₀ | 343 | 76,1 | 236 | 69,9 | 52,5 |
| 14 | N ₈₀ P ₂₆₀ K ₄₀ | 331 | 73,5 | 246 | 74,0 | 54,7 |
| Средние по опыту | | 327 | 72,7 | 242 | 72,8 | 53,7 |

По данным за 4 года все удобренные варианты обеспечили большее на 10-42 шт/м² число всходов (3,3 – 14%) по сравнению с контролем.

Наибольшее количество всходов было получено на фонах: N₁₂₀P₈₀K₄₀ (+42 шт/м² или 14% к контролю), N₂₀P₄₀K₂₀ (+41 шт/м² или 13,6%) и N₄₀ K₂₀ (+ 37 шт/м² или 12,3%). Затем следуют варианты: N₈₀P₁₂₀K₂₀ (+32 шт/м² или 10,6%), N₄₀P₄₀K₂₀ и N₄₀ P₄₀ (+31 шт/м² или 10,3%), N₈₀ P₂₆₀ K₁₄₀ (+30 шт/м² или 10%). В вариантах: N₈₀P₈₀K₄₀, P₄₀K₂₀, N₄₀P₈₀K₂₀, N₂₀P₂₀K₁₀ и N₈₀P₄₀K₂₀ прибавка числа всходов последовательно снизилась до 27-22-16-15 и 10 ш/м² или на 9 - 3,3%.

Вместе с тем, в экстремально засушливом 2010 году отмечен ряд вариантов, где число всходов было меньше, чем на контроле.

Полевая всхожесть семян твердой пшеницы изменялась в опыте от 57,8 до 88,4% при среднем показателе 72,7% (прил. 3). За 4 года опытов в среднем наиболее высокая полевая всхожесть семян характерна для вариантов: $N_{120}P_{80}K_{40}$ (76,1%), $N_{20}P_{40}K_{20}$ (76%) и $N_{40}K_{20}$ (75,1%). Здесь она выше, чем на контроле на 9,2–9,1 и 8,2%. Близкие к ним показатели получены в вариантах: $N_{80}P_{120}K_{40}$ (74%), $N_{40}P_{40}$ и $N_{40}P_{40}K_{20}$ (73,8%), $N_{40}P_{20}K_{20}$ и $N_{80}P_{260}K_{140}$ (73,5%). Прибавки к контролю 7,1–6,6%. Более низкая полевая всхожесть отмечена на фонах: $N_{80}P_{80}K_{40}$ (72,9%), $P_{40}K_{20}$ (71,8%), $N_{40}P_{80}K_{20}$ (70,4%), $N_{20}P_{20}K_{10}$ (70,2%) и $N_{80}P_{40}K_{20}$ (69,1%) и все же она превышала контроль (66,9%).

Заметно снижение полевой всхожести по мере усиления засушливости года (2006 и 2008 гг. – 79,6 и 79,2%, а 2009 и 2010 гг. – 67,5 и 64,9%).

3.3 Количество растений к уборке, их сохранность и выживаемость

За период вегетации на разных фонах питания к уборке сохранилось от 314 до 170 растений яровой твердой пшеницы при средней величине по опыту 242 шт./м² (табл. 2, прил. 4).

По данным за 4 года опытов в среднем наибольшее количество сохранившихся к уборке растений выявлено на фонах: $N_{40}P_{40}$ (256 шт./м²), $N_{20}P_{20}K_{10}$ (253 шт./м²), $N_{20}P_{40}K_{20}$ (251 шт./м²), $N_{40}P_{40}K_{20}$ (249 шт./м²).

Прибавка по сравнению с контролем составила в этих вариантах 37–30 шт./м² или 16,9–13,7%.

На 22–27 растений на 1 кв. м больше, чем в контроле, сохранилось на фонах: $N_{40}P_{80}K_{20}$, $N_{80}P_{120}K_{40}$, $P_{40}K_{20}$ и $N_{80}P_{260}K_{140}$ (+10 – 12,3%). В остальных вариантах: $N_{80}P_{80}K_{40}$, $P_{40}K_{20}$, $N_{80}P_{40}K_{20}$ и $N_{120}P_{80}K_{40}$ прибавка была ниже (+8 – 17 шт./м² или 3,7–7,8%).

Сохранность растений к уборке в опыте изменилась от 46,7 до 96,3% при средней величине 71,8% (прил. 5). Среди вариантов опыта в среднем за 4 года повышенной сохранностью растений к уборке выделились фоны: $N_{20}P_{20}K_{10}$ (79,6%), $N_{40}P_{20}K_{20}$ (78,8%), $N_{40}P_{40}$ (78%), $P_{40}K_{20}$ (77,3%). В этих вариантах она превысила контроль на 5,8–3,5%.

Небольшое превышение контроля (+1,7- 0,2%) обнаружено в вариантах: $N_{40}P_{40}K_{20}$ (+1,7%), $N_{80}P_{40}K_{20}$ (+1,5%), $N_{40}P_{80}K_{20}$ (+0,5%). Сохранность растений ниже, чем на контроле проявилась в вариантах: $N_{40}K_{20}$ (-4,8%), $N_{80}P_{80}K_{40}$ (-4,0%), $N_{120}P_{80}K_{40}$ (-3,9%) и $N_{80}P_{120}K_{40}$ (-0,5%).

Выживаемость растений яровой твердой пшеницы изменялась в опыте от 72,4 до 37,8% при средней величине 53,7% (прил. 6).

Удобрение в среднем за годы опытов во всех вариантах способствовало повышению выживаемости растений на 2,3-8,3%.

Повышенная выживаемость растений яровой твердой пшеницы была характерна для вариантов: $N_{40}P_{20}K_{20}$ (57%), $N_{40}P_{40}$ (56,9%), $N_{20}P_{20}K_{10}$ (56,2%), $N_{20}P_{40}K_{20}$ (55,9%) и $N_{40}P_{40}K_{20}$ (55,4%). Затем следуют варианты: $P_{40}K_{20}$ (54,8%), $N_{40}P_{80}K_{20}$ (54,1%) и $N_{80}P_{260}K_{140}$ (54,7%). Прибавки к контролю составили 6-8,3%.

Среди вариантов с более низкой выживаемостью оказались $N_{80}P_{80}K_{40}$ (50,5%), $N_{80}P_{40}K_{20}$ (51%), $P_{40}K_{20}$ (51,1%), $N_{120}P_{80}K_{40}$ (52,5%) и $N_{80}P_{120}K_{40}$ (53,5%). Их превышение над контролем составило 1,8-4,8 %.

3.4 Водопотребление яровой твердой пшеницы

В центре Оренбургского Предуралья важнейшее значение для формирования урожайности яровой пшеницы имеет влага.

По данным исследований за 1965-1969 гг. на черноземных обыкновенных (ОПХ «Урожайное») для получения наибольшей урожайности яровой твердой пшеницы необходимо иметь запасы влаги в метровом слое почвы к весеннему севу не менее 101-120 мм и резерв суммарной влаги 151-250 мм за вегетацию (Крючков А. Г., Сандакова Г. Н., 2007).

В связи с этим, было важно выявить потребность в воде, влагообеспеченность растений яровой твердой пшеницы и коэффициенты её водопотребления при выращивании на различных фонах минерального питания.

Расчеты показали, что суммарное испарение за сезоны вегетации яровой твердой пшеницы по годам изменялось от 1037,2 до 1676,8 мм при среднем значении

1214,1 мм. Экстремально высокое суммарное испарение (1676,8 мм) наблюдалось в сезон 2010 года (табл. 3).

Таблица 3 – Потребность растений яровой твердой пшеницы в воде на различных фонах минерального питания по месяцам периода вегетации

| Год | Среднесуточный DW воздуха, ГПа | Σ DW воздуха, ГПа | Суммарное испарение, E=0,65 Σ DW | ± к среднему за годы опыта | |
|-------------------|--------------------------------|--------------------------|---|----------------------------|------|
| | | | | мм | % |
| МАЙ | | | | | |
| 2006 | | | | | |
| 2008 | 9,3 | 288,3 | 187,4 | -22,2 | 10,6 |
| 2009 | 9,0 | 279,0 | 181,6 | -28,0 | 13,4 |
| 2010 | 9,3 | 288,3 | 187,4 | -22,3 | 10,6 |
| | 14,0 | 434,0 | 282,1 | +72,5 | 34,6 |
| Средние | 10,4 | 322,4 | 209,6 | - | - |
| ИЮНЬ | | | | | |
| 2006 | | | | | |
| 2008 | 16,3 | 489,0 | 317,8 | -27,8 | 8,0 |
| 2009 | 12,3 | 369,0 | 329,8 | -105,8 | 30,6 |
| 2010 | 18,0 | 540,0 | 351,0 | +5,4 | 1,6 |
| | 24,3 | 729,9 | 473,8 | +128,2 | 37,1 |
| Средние | 17,7 | 531,8 | 345,6 | +136,0 | 64,9 |
| ИЮЛЬ | | | | | |
| 2006 | | | | | |
| 2008 | 11,7 | 362,7 | 235,8 | -10,2 | 30,2 |
| 2009 | 14,7 | 455,7 | 296,2 | -41,8 | 12,4 |
| 2010 | 16,7 | 517,7 | 207,5 | -1,5 | 0,4 |
| | 24,0 | 744,0 | 437,2 | +145,6 | 43,1 |
| Средние | 16,8 | 520,0 | 338,0 | -7,6 | 2,2 |
| АВГУСТ | | | | | |
| 2006 | | | | | |
| 2008 | 14,7 | 455,7 | 296,2 | -24,7 | 7,7 |
| 2009 | 17,0 | 527,0 | 342,6 | +21,7 | 6,8 |
| 2010 | 10,3 | 319,3 | 207,5 | -113,4 | 35,3 |
| | 21,7 | 670,7 | 437,2 | +116,3 | 36,2 |
| Средние | 15,9 | 493,7 | 320,9 | -17,1 | 5,0 |
| ЗА МАЙ - АВГУСТ | | | | | |
| 2006 | | | | | |
| 2008 | 13,0 | 1595,7 | 1037,2 | -176,9 | 14,6 |
| 2009 | 13,3 | 1630,7 | 1060,0 | -154,1 | 12,7 |
| 2010 | 13,5 | 1665,3 | 1082,4 | -131,7 | 10,8 |
| | 21,0 | 2579,7 | 1676,8 | +462,7 | 38,1 |
| Средние | 15,2 | 1867,8 | 1214,1 | | |
| Средние за 4 года | - | - | 1059,9 | 0,00 | 0,00 |
| | - | - | 1676,8 | +616,9 | 58,2 |

При этом оно в мае по сравнению со средним за годы опытов было выше на 72,5 мм (34,6%), в июне на 128,2 мм (37,1%), в июле на 145,6 мм (43,1%) и августе на 116,3 мм (36,2%). В целом за сезон оно превысило средний показатель за 4 года на 462,7 мм (38,1%), а в сравнении со средним за 3 предыдущих года на 616,9 мм (58,2%).

В связи с этим, определялась влагообеспеченность посевов яровой твердой пшеницы. Результаты представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Влагообеспеченность посевов яровой твердой пшеницы по основным периодам её вегетации

| Год опыта | Потребность растений в воде, мм | Запас влаги в почве к севу, мм | Осадки за период, мм | Сумма влаги, мм | Коэффициент влагообеспеченности, ед |
|-------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|----------------------|-----------------|-------------------------------------|
| Период: посев – колошение | | | | | |
| 2006 | 484,2 | 140,2 | 63,1 | 203,3 | 0,42 |
| 2008 | 338,6 | 157,4 | 68,4 | 225,8 | 0,67 |
| 2009 | 455,6 | 151,7 | 54,2 | 205,9 | 0,45 |
| 2010 | 564,8 | 143,6 | 1,52 | 145,12 | 0,26 |
| Среднее | 460,8 | 148,2 | 46,82 | 195,0 | 0,42 |
| Период: колошение – полная спелость | | | | | |
| 2009 | 297,7 | 9,7 | 67,7 | 77,4 | 0,26 |
| 2008 | 381,6 | 14,8 | 69,1 | 83,9 | 0,22 |
| 2009 | 439,4 | 39,1 | 22,4 | 61,5 | 0,14 |
| 2010 | 772,2 | 37,3 | 16,7 | 54,0 | 0,07 |
| Среднее | 472,7 | 25,2 | 44,0 | 69,2 | 0,17 |
| Период: посев – полная спелость | | | | | |
| 2009 | 781,9 | 140,2 | 130,8 | 271,0 | 0,35 |
| 2008 | 720,2 | 157,4 | 137,5 | 294,9 | 0,41 |
| 2009 | 895,0 | 151,7 | 76,6 | 228,3 | 0,26 |
| 2010 | 1337,0 | 143,6 | 18,22 | 161,82 | 0,12 |
| Среднее | 933,0 | 148,2 | 90,8 | 239,0 | 0,26 |

Результаты показали, что для условий лет эксперимента в среднем характерна низкая влагообеспеченность ($K = 0,26$) и самой неудовлетворительной она была в 2010 году ($K = 0,12$) (табл. 4). Среди основных периодов вегетации более высокой относительно она была в период: посев – колошение ($K = 0,42$) и резко падала в период: колошение – полная спелость ($K = 0,17$). Поэтому уровень урожайности в основном определялся влагообеспеченностью репродуктивного периода.

Рациональность использования влаги обычно оценивают по коэффициенту водопотребления на единицу продукции. Расчет этого коэффициента мы провели с учетом общей влаги (осадки + запас влаги в метровом слое почвы к севу минус остаток влаги в почве при спелости твердой пшеницы).

Анализ данных эксперимента показал, что удобренные варианты в среднем за 4 года (2006-2010 гг.) обеспечивают коэффициент водопотребления на 292,4 м³/т зерна (9%) ниже, чем в контроле, а за 3 года (2006-2009 гг.) на 18,4% или 377,2 м³/т (табл. 5). Поскольку в 2010 году в 3-х вариантах (N₂₀P₂₀K₁₀, N₈₀P₈₀K₄₀, N₄₀P₈₀K₂₀) получены нехарактерные результаты, рассмотрим средние данные за 3 года (2006-2009 гг.).

При коэффициенте водопотребления общей влаги в контроле на уровне 2055,2 м³/т ряд вариантов: P₄₀K₂₀ (-583 м³/т), N₄₀P₄₀K₂₀ (-559,6 м³/т), N₄₀P₈₀K₂₀ (-527,2 м³/т), N₄₀P₄₀ (-498,4 м³/т), N₄₀K₂₀ (-413,3 м³/т) снизили его на 28,4 – 20.1%.

Рациональнее, чем в контроле, на 11,0-19,7% расходовали общую влагу растения твердой пшеницы в вариантах: N₈₀P₁₂₀K₄₀ (-226,4 м³/т), N₁₂₀P₈₀K₄₀ (-340,9 м³/т), N₂₀P₄₀K₂₀ (-379,6 м³/т), N₂₀P₂₀K₁₀ (-389 м³/т), N₈₀P₈₀K₄₀ (-389,5 м³/т) и N₈₀P₄₀K₂₀ (-405,2 м³/т). Лишь в 2 вариантах: N₄₀P₂₀K₂₀ (-142,4 м³/т) и N₈₀P₂₆₀K₁₄₀ (-59,8 м³/т) разница была на уровне 6,9-2,9%.

Таблица 5 – Коэффициент водопотребления яровой твердой пшеницы
на различных фонах минерального питания

| № п/п | Доза удобрения, кг д.в. на 1 га | Коэффициент водопотребления, м ³ /т зерна по годам | | | | Средний за 4 года | ± к контролю | | Средний за 3 года | ± к контролю | | Вероятность за 4 года, в % | |
|--------------------------------|---|---|---------|---------|---------|----------------------|-------------------|--------|----------------------|-------------------|--------|----------------------------------|------|
| | | 2006 г. | 2008 г. | 2009 г. | 2010 г. | | м ³ /т | % | | м ³ /т | % | > к | < к |
| 1 | Контроль | 2007,5 | 1821,0 | 2337,2 | 6817,4 | 3245,8 | 0,00 | 0,00 | 2055,2 | 0,00 | 0,00 | К | К |
| 2 | N ₄₀ P ₄₀ | 1466,4 | 1379,6 | 1824,3 | 7195,4 | 2926,4 | -319,4 | 9,8 | 1556,8 | -498,4 | 24,2 | 25 | 75 |
| 3 | N ₄₀ K ₂₀ | 1585,9 | 1498,9 | 1840,9 | 6332,0 | 2814,4 | -431,4 | 13,3 | 1641,9 | -413,3 | 20,1 | - | 100 |
| 4 | P ₄₀ K ₂₀ | 1585,9 | 1352,7 | 1478,1 | 8331,6 | 3187,1 | -58,7 | 1,8 | 1472,2 | -583 | 28,4 | 25 | 75 |
| 5 | N ₄₀ P ₄₀ K ₂₀ | 1507,7 | 1366,0 | 1633,1 | 5653,6 | 2540,1 | -705,7 | 21,7 | 1495,6 | -559,6 | 27,2 | - | 100 |
| 6 | N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀ | 1466,4 | 1379,6 | 2201,1 | 8794,4 | 3460,4 | +214,6 | 6,6 | 1665,7 | -389,5 | 19,0 | 25 | 75 |
| 7 | N ₂₀ P ₂₀ K ₁₀ | 1216,5 | 1532,0 | 2250,0 | 9893,8 | 3723,1 | +477,3 | 14,7 | 1666,2 | -389,0 | 18,9 | 25 | 75 |
| 8 | N ₈₀ P ₄₀ K ₂₀ | 1597,8 | 1650,6 | 1701,7 | 6535,7 | 2841,5 | -404,3 | 12,4 | 1650,0 | -405,2 | 19,7 | - | 100 |
| 9 | N ₂₀ P ₄₀ K ₂₀ | 1861,7 | 1532,0 | 1633,0 | 5458,6 | 2621,3 | -624,5 | 19,2 | 1675,6 | -379,6 | 18,5 | - | 100 |
| 10 | N ₄₀ P ₈₀ K ₂₀ | 1699,2 | 1320,4 | 1594,5 | 9311,8 | 3481,5 | +235,7 | 7,3 | 1538,0 | -527,2 | 26,1 | 25 | 75 |
| 11 | N ₄₀ P ₂₀ K ₂₀ | 2141,0 | 1612,2 | 1985,3 | 5106,4 | 2711,2 | -534,6 | 16,5 | 1912,8 | -142,4 | 6,9 | 25 | 75 |
| 12 | N ₈₀ P ₁₂₀ K ₂₀ | 1585,9 | 1650,6 | 2250,0 | 5276,7 | 2690,8 | -555,0 | 17,1 | 1818,8 | -226,4 | 11,0 | - | 100 |
| 13 | N ₁₂₀ P ₈₀ K ₄₀ | 1585,9 | 1532,0 | 2025,0 | 4522,8 | 2416,4 | -823,9 | 25,6 | 1714,3 | -340,9 | 16,6 | - | 100 |
| 14 | N ₈₀ P ₂₆₀ K ₁₄₀ | 2433,0 | 1277,9 | 2275,3 | 5653,6 | 2910,0 | -335,8 | 10,3 | 1995,4 | -59,8 | 2,9 | 25 | 75 |
| Средний по опыту | | 1695,8 | 1493,2 | 1930,7 | 6777,4 | 2974,3 | - | - | 1704,9 | - | - | - | - |
| Средний по удобренным фонам | | 1671,8 | 1468,0 | 1899,4 | 6774,3 | 2953,4 | - | - | 1678,0 | - | - | 7 | 49 |
| ± к контролю | | м ³ /т | -335,7 | -353,0 | -437,8 | -43,1 | - | -292,4 | - | - | -377,2 | - | |
| | | % | 16,7 | 19,4 | 18,7 | 0,6 | | - | 9,0 | - | - | 18,4 | 12,5 |

3.5 Питательный режим почвы под яровой твердой пшеницей на различных фонах минерального удобрения

Минеральные удобрения оказывают всестороннее влияние на почву, подвижность и доступность питательных веществ, рост, развитие, продуктивность растений и качество продукции.

Динамика подвижных форм того или иного из основных элементов питания в почве имеет значение для понимания особенностей сельскохозяйственных культур (А.В. Петербургский, 1964) и своевременного их удовлетворения.

Но для этого нужно знать еще и роль видов, доз и соотношений элементов питания в обеспечении этих потребностей.

Важное значение при этом придается улучшению условий питания культуры путем применения минеральных удобрений.

История исследований этих вопросов насчитывает не один десяток лет. В Оренбургской области роль минеральных удобрений в повышении урожайности яровой твердой пшеницы в 1937 и 1939 гг. изучалась на бывшем областном опытном поле (п. Берды). В среднем за эти два года внесение фосфорного удобрения P_{45} обеспечило прибавку урожайности 0,13 т с 1 га, а полного в дозах $N_{45}P_{45}K_{45}$ – 0,19 т с 1 га. Повышение доз фосфорного удобрения с P_{30} до P_{60} и P_{90} обеспечило средние за 1940-1941 гг. прибавки урожайности соответственно 0,29; 0,38 и 0,46 ц с 1 га (В. М. Андреева, 1972, по Крючкову А. Г., Елисееву В. И., Абдрашитову Р. Р., 2011г).

Опыты В. М. Андреевой на базе б. Оренбургской областной государственной с.-х. опытной станции в течении 1968-1970 гг. по схеме Географической сети с сортом Харьковская 46 на обыкновенном черноземе показали, что среди отдельных видов удобрений ($N_{40}P_{40}K_{40}$) более эффективным было применение азота (прибавка + 0,12 ц с 1 га или 5,5%), затем калия (+0,07 т с 1 га или 3%), а внесение P_{40} дало самую низкую прибавку (+0,04 т с 1 га или 1,6%) при средней урожайности твердой пшеницы в контрольном варианте 2,55 т с 1 га.

Среди парных сочетаний элементов питания ($N_{40}P_{20}$, $N_{40}P_{40}$, $N_{40}P_{60}$, $N_{60}P_{40}$) лучшим оказалось сочетание $N_{40}P_{60}$ (+0,26 т с 1 га или 10,2%), отдача от остальных была равной, а $N_{40}P_{20}$ позволило повысить урожайность на 0,16 ц с 1 га или 6,3%.

Тройное сочетание ($N_{40}P_{40}K_{20}$) дало прибавку 0,23 т с 1 га или 9%.

Поскольку все эти данные были получены на базе краткосрочных опытов, сложно было понять, как будут влиять виды, дозы и сочетания различных элементов питания на урожайность яровой твердой пшеницы в многолетнем периоде их использования, а также разного плодородия почвы, и насколько оправданы и правильны прежние рекомендации производству в различные по условиям годы.

3.5.1 Динамика нитратного азота в почве

Азот является одним из основных элементов питания, необходимых для получения урожая сельскохозяйственных культур. Азот почвы на 65-80% представлен устойчивыми органическими соединениями, кроме того, имеется небольшое количество (6-9%) лабильных азотсодержащих органических веществ.

Подвижные минеральные соединения азота (нитраты и обменный аммоний) составляют 1-3% от общего азота. Встречается также значительное количество фиксированного аммония, входящего в межплоскостные решетки глинистых минералов (Ф. В. Турчин, 1972; А. В. Шмук, 1950; Э. И. Шконде, 1974).

Общий запас азота в черноземах колеблется в пределах 10-27 т на 1 га. В пахотном слое черноземных почв, в зависимости от содержания гумуса, запас равен 5-11 т на 1 га (Э. И. Шконде, 1974). Потенциально доступные его соединения составляют 3-10 % от общего количества азота в почве, а содержание минерального азота не превышает 1-2 % от общего (Э. И. Шконде, 1974; Н. Е. Королева, 1972).

Несмотря на малое содержание в почве минеральных форм азота, эти соединения имеют важное значение, так как являются непосредственным источником питания растений азотом (Д. Н. Прянишников, 1952). На черноземных почвах минеральный азот представлен в основном нитратами, содержание которых зависит от метеорологических условий, культурного состояния почвы и выращиваемой культуры (В. Г. Минеев, 1980; Э. Н. Шконде, 1974).

Результаты наших исследований в среднем за 4 года показывали, что внесение различных доз удобрений, содержащих азот, с осени, способствует повышению

содержания азота перед посевом яровой твердой пшеницы на 1,8 мг на 100 г абс. сух. почвы (62,1%) в слое 0-30 см, на 1,4 мг (63,6%) в слое 30-60 см и на 1,52 мг (58,5%) в слое 0-60 см (табл. 6, прил. 7).

Таблица 6 – Содержание азота (N – NO₃) в разных слоях почвы перед посевом яровой твердой пшеницы на разных фонах минерального удобрения, мг на 100 г абс. сух. почвы (среднее за 2006, 2008-2010 гг.)

| № п/п | Доза удобрения, кг д.в. на 1 га | К посеву | | | В фазу полной спелости | | |
|-----------------------------|--|-------------------|--------------|------|------------------------|--------------|------|
| | | мг на 100 г почвы | ± к контролю | | мг на 100 г почвы | ± к контролю | |
| | | | мг | % | | мг | % |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Слой почвы 0-30 см | | | | | | | |
| 1 | Контроль | 2,9 | 0,00 | К | 1,8 | 0,00 | К |
| 2 | N ₄₀ P ₄₀ | 4,2 | +1,3 | 44,8 | 2,4 | +0,6 | 33,3 |
| 3 | N ₄₀ K ₂₀ | 4,1 | +1,2 | 41,4 | 2,4 | +0,6 | 33,3 |
| 4 | P ₄₀ K ₂₀ | 3,0 | +0,1 | 3,4 | 1,8 | ±0,0 | 0,00 |
| 5 | N ₄₀ P ₄₀ K ₂₀ | 4,5 | +1,6 | 55,2 | 2,5 | +0,7 | 38,9 |
| 6 | N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀ | 5,4 | +2,5 | 86,2 | 2,6 | +0,8 | 44,4 |
| 7 | N ₂₀ P ₂₀ K ₁₀ | 4,1 | +1,2 | 41,4 | 2,4 | +0,6 | 33,3 |
| 8 | N ₈₀ P ₄₀ K ₂₀ | 5,6 | +2,7 | 93,0 | 2,8 | +1,0 | 55,5 |
| 9 | N ₄₀ P ₈₀ K ₂₀ | 4,3 | +1,4 | 48,3 | 2,4 | +0,6 | 33,3 |
| 10 | N ₈₀ P ₂₆₀ K ₁₄₀ (в запас) | 5,4 | +2,5 | 86,2 | 2,7 | +0,9 | 50,0 |
| Среднее по опыту | | 4,4 | - | - | 2,38 | - | - |
| Среднее по удобренным фонам | | 4,7 | - | - | 2,52 | - | - |
| ± к контролю | | мг | - | +1,8 | - | +0,72 | - |
| | | % | - | - | 62,1 | - | - |
| Слой почвы 30-60 см | | | | | | | |
| 1 | Контроль | 2,0 | 0,00 | К | 1,0 | 0,00 | К |
| 2 | N ₄₀ P ₄₀ | 3,2 | +1,0 | 45,4 | 1,4 | +0,4 | 40,0 |
| 3 | N ₄₀ K ₂₀ | 3,1 | +0,9 | 40,9 | 1,3 | +0,3 | 30,0 |
| 4 | P ₄₀ K ₂₀ | 2,5 | +0,3 | 13,6 | 1,0 | ±0,0 | 0,00 |
| 5 | N ₄₀ P ₄₀ K ₂₀ | 3,6 | +1,4 | 63,6 | 1,6 | +0,6 | 60,0 |
| 6 | N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀ | 4,2 | +2,0 | 90,9 | 1,8 | +0,8 | 80,0 |
| 7 | N ₂₀ P ₂₀ K ₁₀ | 3,2 | +1,0 | 45,4 | 1,5 | +0,5 | 50,0 |
| 8 | N ₈₀ P ₄₀ K ₂₀ | 4,1 | +1,9 | 86,4 | 1,7 | +0,7 | 70,0 |
| 9 | N ₄₀ P ₈₀ K ₂₀ | 3,3 | +1,1 | 50,0 | 1,4 | +0,4 | 40,0 |
| 10 | N ₈₀ P ₂₆₀ K ₁₄₀ (в запас) | 4,1 | +1,9 | 86,4 | 1,7 | +0,7 | 70,0 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|--------------------------------|--|------|------|-------|------|------|-------|
| Среднее по опыту | | 3,35 | - | - | 1,45 | - | - |
| Среднее по удобренным фонам | | 3,60 | - | - | 1,56 | - | - |
| ± к контролю | | МГ | - | +1,4 | - | - | +0,56 |
| | | % | - | - | 63,6 | - | - |
| Слой почвы 0-60 см | | | | | | | |
| 1 | Контроль | 2,6 | 0,00 | К | 1,4 | 0,00 | К |
| 2 | N ₄₀ P ₄₀ | 3,7 | +1,1 | 42,3 | 1,9 | +0,5 | 35,7 |
| 3 | N ₄₀ K ₂₀ | 3,6 | +1,0 | 38,5 | 1,8 | +0,4 | 28,6 |
| 4 | P ₄₀ K ₂₀ | 2,8 | +0,2 | 7,7 | 1,4 | ±0,0 | 0,00 |
| 5 | N ₄₀ P ₄₀ K ₂₀ | 4,0 | +1,4 | 53,8 | 2,1 | +0,7 | 50,0 |
| 6 | N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀ | 4,8 | +2,2 | 84,6 | 2,2 | +0,8 | 57,1 |
| 7 | N ₂₀ P ₂₀ K ₁₀ | 3,6 | +1,0 | 38,5 | 2,0 | +0,6 | 42,8 |
| 8 | N ₈₀ P ₄₀ K ₂₀ | 4,8 | +2,2 | 84,6 | 2,2 | +0,8 | 57,1 |
| 9 | N ₄₀ P ₈₀ K ₂₀ | 3,8 | +1,2 | 46,2 | 1,9 | +0,5 | 35,7 |
| 10 | N ₈₀ P ₂₆₀ K ₁₄₀ (в запас) | 4,7 | +2,1 | 80,8 | 2,2 | +0,8 | 57,1 |
| Среднее по опыту | | 3,88 | - | - | 1,91 | - | - |
| Среднее по удобренным фонам | | 4,12 | - | - | 2,04 | - | - |
| ± к контролю | | МГ | - | +1,52 | - | - | +0,64 |
| | | % | - | - | 58,8 | - | - |

При этом наибольшее увеличение содержания азота по сравнению с контролем достигалась во всех учитываемых слоях под влиянием следующих доз: N₈₀P₈₀K₄₀, N₈₀P₄₀K₂₀ и N₈₀P₂₆₀K₁₄₀ в слое 0-30 см на 2,5-2,7 мг (86,2-93%), 30-60 см на 1,9-2,0 мг (86,4-90,9%) и 0-60 см на 2,1-2,2 мг (76,9-80,8%) на 100 г абс сух. почвы.

Применение доз: N₄₀P₄₀, N₄₀K₂₀, N₄₀P₈₀K₂₀, N₄₀P₄₀K₂₀ и N₂₀P₂₀K₁₀ также способствовало повышению содержания азота в слое 0-30 см на 1,2-1,6 мг (41,4-55,2%), 30-60 см на 0,9-1,4 мг (40,9-50%) и в слое 0-60 см на 1,0-1,4 мг (38,5-53,8%) на 100 г абсолютно - сухой почвы.

Заметим, что подобное повышение содержания азота под действием вносимых удобрений проявлялось в 75-100% случаев за годы изучения. В то же время само содержание азота заметно возрастало в засушливые годы (2009-2010 гг.) по сравнению с благоприятными при одних и тех же дозах вносимых удобрений.

В фазе полной спелости яровой твердой пшеницы содержание азота снизилось в среднем по опыту до 2,38 мг на 100 г абсолютно-сухой почвы в слое 0 – 30 см и до 1,91 мг в слое 0 – 60 см (прил. 8).

На фоне вариантов с внесением азота показатели были выше и составляли соответственно 2,52; 1,56 и 2,04 мг на 100 г абсолютно-сухой почвы. При этом на всех удобренных вариантах содержание азота было выше, чем в контроле и варианте $P_{40}K_{40}$ на 0,72, 0,56 и 0,64 мг или по слоям соответственно на 40,3; 56,0 и 45,9%.

Наиболее высокое содержание азота к уборке сохранилось по вариантам: $N_{80}P_{40}K_{20}$, $N_{80}P_{260}K_{140}$, $N_{80}P_{80}K_{40}$, $N_{40}P_{40}K_{20}$ (2,5 – 2,8 мг) в слое 0 – 30 см; $N_{80}P_{80}K_{40}$, $N_{80}P_{40}K_{20}$, $N_{80}P_{260}K_{140}$ и $N_{40}P_{40}K_{20}$ (1,6 – 1,8 мг) в слое 30 – 60 см и соответственно в этих же вариантах (2,1 – 2,2 мг на 100 г абс. сухой почвы) в слое 0 – 60 см.

Приблизились к ним варианты: $N_{40}P_{40}$, $N_{40}K_{20}$, $N_{20}P_{20}K_{10}$, $N_{40}P_{80}K_{20}$ в которых слой 0 – 30 см содержал по 2,4 мг, слой 30 – 60 см 1,3 – 1,5 мг и слой 0 – 60 см 1,8 – 2,0 мг азота на 100 г абсолютно - сухой почвы.

Контрольный вариант и вариант без внесения азота содержали соответственно 1,8 – 1,8 мг (слой 0 – 30 см), 1,0 и 1,0 мг (слой 30 – 60 см) и 1,4 – 1,4 мг (слой 0 – 60 см).

Общие тенденции содержания азота в почве по годам и вариантам к уборке подобны тенденциям содержания перед посевом.

3.5.2 Содержание фосфора в слоях почвы

Содержание фосфора (P_2O_5) перед посевом яровой твердой пшеницы в слое почвы 0-30 см на контрольном варианте изменялось по годам от 1,9 до 2,8 мг на 100 г абсолютно-сухой почвы при средней величине 2,4 мг, в варианте $N_{40}K_{20}$, т.е. без внесения фосфора от 2,3 до 2,6 мг при среднем показателе 2,4 мг на 100 г абсолютно-сухой почвы (табл. 7, прил. 9).

Таблица 7 – Содержание фосфора (P_2O_5) в почве под яровой твердой пшеницей в различных слоях почвы на разных фонах минерального удобрения, мг на 100 г абс. сух. почвы (среднее за 2006, 2008-2010 гг.)

| № п/п | Доза удобрения, кг д.в. на 1 га | Содержание фосфора к севу, мг | | | В фазе полной спелости | | |
|-----------------------------|--|-------------------------------|--------------|-------|------------------------|--------------|-------|
| | | мг на 100 г почвы | ± к контролю | | мг на 100 г почвы | ± к контролю | |
| | | | мг | % | | мг | % |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Слой почвы 0-30 см | | | | | | | |
| 1 | Контроль | 2,4 | 0,00 | К | 1,8 | 0,00 | К |
| 2 | N ₄₀ P ₄₀ | 4,7 | +2,3 | 95,8 | 3,4 | +1,6 | 88,9 |
| 3 | N ₄₀ K ₂₀ | 2,4 | ±0,0 | 0,00 | 1,9 | +0,1 | 5,6 |
| 4 | P ₄₀ K ₂₀ | 5,0 | +2,6 | 108,3 | 3,4 | +1,6 | 88,9 |
| 5 | N ₄₀ P ₄₀ K ₂₀ | 4,7 | +2,3 | 95,8 | 3,4 | +1,6 | 88,9 |
| 6 | N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀ | 5,8 | +3,4 | 141,7 | 4,0 | +2,2 | 122,2 |
| 7 | N ₂₀ P ₂₀ K ₁₀ | 4,9 | +2,5 | 104,2 | 3,4 | +1,6 | 88,9 |
| 8 | N ₈₀ P ₄₀ K ₂₀ | 4,8 | +2,4 | 100,0 | 3,3 | +1,5 | 83,3 |
| 9 | N ₄₀ P ₈₀ K ₂₀ | 5,8 | +3,4 | 141,7 | 4,1 | +2,3 | 127,8 |
| 10 | N ₈₀ P ₂₆₀ K ₁₄₀ (в запас) | 6,4 | +4,0 | 166,7 | 4,4 | +2,6 | 144,4 |
| Среднее по опыту | | 4,71 | - | - | 3,22 | - | - |
| Среднее по удобренным фонам | | 5,28 | - | - | 3,37 | - | - |
| ± к контролю | | мг | - | +2,88 | - | +1,57 | - |
| | | % | - | - | 120,0 | - | 87,5 |
| Слой почвы 30-60 см | | | | | | | |
| 1 | Контроль | 1,5 | 0,00 | К | 1,1 | 0,00 | К |
| 2 | N ₄₀ P ₄₀ | 2,3 | +0,8 | 53,3 | 1,9 | +0,8 | 72,7 |
| 3 | N ₄₀ K ₂₀ | 1,6 | +0,1 | 6,7 | 1,2 | +0,1 | 9,1 |
| 4 | P ₄₀ K ₂₀ | 2,4 | +0,9 | 60,0 | 2,0 | +0,9 | 31,8 |
| 5 | N ₄₀ P ₄₀ K ₂₀ | 2,4 | +0,9 | 60,0 | 1,9 | +0,8 | 72,7 |
| 6 | N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀ | 3,7 | +2,2 | 146,7 | 2,7 | +1,6 | 145,4 |
| 7 | N ₂₀ P ₂₀ K ₁₀ | 2,3 | +0,8 | 53,3 | 1,8 | +0,7 | 63,6 |
| 8 | N ₈₀ P ₄₀ K ₂₀ | 2,3 | +0,8 | 53,3 | 1,8 | +0,7 | 63,6 |
| 9 | N ₄₀ P ₈₀ K ₂₀ | 3,9 | +2,4 | 160,0 | 2,7 | +1,6 | 145,4 |
| 10 | N ₈₀ P ₂₆₀ K ₁₄₀ (в запас) | 4,1 | +2,6 | 1,73 | 2,6 | +1,5 | 136,4 |
| Среднее по опыту | | 2,66 | - | - | 1,95 | - | - |
| Среднее по удобренным фонам | | 2,79 | - | - | 2,06 | - | - |
| ± к контролю | | мг | - | +1,31 | - | +1,0 | - |
| | | % | - | - | 87,5 | - | 91,4 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|--------------------------------|--|------|------|-------|-------|-------|-------|
| Слой почвы 0-60 см | | | | | | | |
| 1 | Контроль | 1,9 | 0,00 | К | 1,4 | 0,00 | К |
| 2 | N ₄₀ P ₄₀ | 3,5 | +1,6 | 84,2 | 2,7 | +1,3 | 92,8 |
| 3 | N ₄₀ K ₂₀ | 2,0 | +0,1 | 5,3 | 1,5 | +0,1 | 7,1 |
| 4 | P ₄₀ K ₂₀ | 3,7 | +1,8 | 94,7 | 2,7 | +1,3 | 92,8 |
| 5 | N ₄₀ P ₄₀ K ₂₀ | 3,6 | +1,7 | 89,4 | 2,6 | +1,2 | 85,7 |
| 6 | N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀ | 4,8 | +2,9 | 153,6 | 3,3 | +1,9 | 136,0 |
| 7 | N ₂₀ P ₂₀ K ₁₀ | 3,6 | +1,7 | 89,4 | 2,6 | +1,2 | 85,7 |
| 8 | N ₈₀ P ₄₀ K ₂₀ | 3,6 | +1,7 | 89,4 | 2,6 | +1,2 | 85,7 |
| 9 | N ₄₀ P ₈₀ K ₂₀ | 4,8 | +2,9 | 153,6 | 3,4 | +2,0 | 143,0 |
| 10 | N ₈₀ P ₂₆₀ K ₁₄₀ (в запас) | 5,2 | +3,3 | 173,7 | 3,5 | +2,1 | 150,0 |
| Среднее по опыту | | 3,91 | - | - | 2,64 | - | - |
| Среднее по удобренным фонам | | 4,13 | - | - | 2,78 | - | - |
| ± к контролю | | мг | - | +2,04 | - | +1,35 | - |
| | | % | - | - | 107,4 | - | 96,4 |

На вариантах с внесением фосфора содержание его перед посевом изменялось от 4,2 до 8,0 мг на 100 г абсолютно-сухой почвы при средней величине по ним 5,28 мг, что выше контроля на 2,88 мг или 120%.

Слой почвы 30-60 см, как на контроле (1,0-1,8 мг, среднее – 1,5 мг), так и в варианте N₄₀K₂₀ (1,3-1,8 мг, среднее – 1,6 мг), содержал значительно меньшее количество фосфора, чем слой 0-30 см. Внесение фосфора повысило содержание его от 1,6 до 4,5 мг (среднее – 2,79 мг на 100 г абсолютно-сухой почвы). Повышение в среднем составило 1,31 мг или 87,5%.

Наиболее заметное повышение содержания фосфора в слое 0-30 см обеспечило внесение доз N₈₀P₂₆₀K₁₄₀ (+4,0 мг или 166,7%), N₈₀P₈₀K₄₀ (+3,4 мг или 141,7%), N₄₀P₈₀K₂₀ (+3,4 мг или 141,7%), а дозы: N₂₀ P₂₀K₁₀, N₄₀P₄₀, P₄₀K₂₀, N₄₀P₄₀K₂₀, N₈₀P₄₀K₂₀ способствовали его увеличению на 2,3 – 2,6 мг на 100 абсолютно-сухой почвы или на 95,8 – 108,3%.

В слое 30-60 см сохранялась такая же закономерность, что и в слое 0-30 см при меньших величинах прироста. Дозы: N₈₀P₂₆₀K₁₄₀ (+2,6 мг или 173,3 %), N₄₀P₈₀K₂₀ (+2,4 мг или 100%) и N₈₀P₈₀K₄₀ (+2,2 мг или 146,7%) повысило содержание фосфора в наибольшей степени, а остальные на 0,8 – 0,9 мг или на 53,3 – 60%.

В итоге средние величины содержания фосфора в слое 0-60 см в контроле и варианте $N_{40}K_{20}$ составили 1,9 – 2,0 мг на 100 г абсолютно-сухой почвы при колебаниях по годам от 1,4 до 2,2 мг. В вариантах: $N_{80}P_{260}K_{140}$ (+3,3 мг или 173,7%), $N_{40}P_{80}K_{20}$ (+2,9 мг или 153,6%) и $N_{80}P_{80}K_{40}$ (+2,9 мг или 153,6%) приросты были наибольшими, а в остальных вариантах превышение над контролем составило 1,6 – 1,8 мг или 84,2-94,7%.

В фазе полной спелости яровой твердой пшеницы содержание фосфора по слоям почвы под её посевами понизилось, но закономерности по вариантам сохранились те же самые (прил. 10).

В слое почвы 0-30 см содержание фосфора на контроле и варианте $N_{40}K_{20}$ составило в среднем 1,8-1,9 мг на 100 г абсолютно-сухой почвы с колебаниями по годам от 1,4 до 2,1 мг.

Наибольшее содержание было характерно для доз: $N_{80}P_{280}K_{140}$ (+2,6 мг или 144,4%), $N_{40}P_{80}K_{20}$ (+2,3 мг или 127,8%), $N_{80}P_{80}K_{40}$ (+2,2 мг или 122,2%). При дозах: $N_{40}P_{40}$, $P_{40}K_{20}$, $N_{40}P_{40}K_{20}$, $N_{20}P_{20}K_{10}$ и $N_{80}P_{40}K_{20}$ превышение контроля составило 1,5-1,6 мг или 83,3-88,9%.

Слой почвы 30-60 см отличался ещё более низким содержанием фосфора. На контроле и варианте $N_{40}K_{20}$ средняя его величина составила 1,1 – 1,2 мг при предельных значениях в связи с условиями лет 0,7-1,2 мг.

При дозах: $N_{80}P_{260}K_{140}$ (+1,5 мг или 136,4%), $N_{40}P_{80}K_{20}$ (+1,6 мг или 145,4%) и $N_{80}P_{80}K_{40}$ (1,6 мг или 145,4%), оно было наибольшим по сравнению с контролем, а при дозах: $N_{40}P_{40}$, $P_{40}K_{20}$, $N_{40}P_{40}K_{20}$, $N_{20}P_{20}K_{10}$ и $N_{80}P_{40}K_{20}$ оно составило +0,7-0,9 мг или 63,6-81,8%.

Содержание фосфора в слое почвы 0-60 см на контроле и варианте $N_{40}K_{20}$ составило 1,4-1,5 мг на 100 г абсолютно-сухой почвы с колебаниями по годам от 1,1 до 1,2 мг.

Наибольшие его величины характерны для вариантов доз: $N_{80}P_{260}K_{140}$ (+2,1 мг или 150%), $N_{40}P_{80}K_{20}$ (2,0 мг или 143%) и $N_{80}P_{80}K_{40}$ (1,9 мг или 136%), а остальные варианты показали превышение в пределах 1,2-1,3 мг или 85,7-92,8%.

3.5.3 Содержание калия в почве

Содержание калия (K_2O) на контроле в слое 0-30 см составило в среднем за 4 года 27,4 мг на 100 г абсолютно-сухой почвы с колебанием по годам от 25,1 до 28,8 мг (табл. 8, прил. 11).

Таблица 8 – Содержание калия (K_2O) перед посевом яровой твердой пшеницы на разных фонах минерального удобрения, мг на 100 г абс. сух. почвы (среднее за 2006, 2008-2010 гг.)

| № п/п | Доза удобрения, кг д.в. на 1 га | Содержание калия, мг | | | В фазу полной спелости | | |
|--------------------------------|--|----------------------|-----------------|------|---------------------------|-----------------|------|
| | | мг на 100 г почвы | ± к контролю | | мг на 100 г почвы | ± к контролю | |
| | | | мг | % | | мг | % |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Слой почвы 0-30 см | | | | | | | |
| 1 | Контроль | 27,4 | 0,00 | К | 24,6 | 0,00 | К |
| 2 | N ₄₀ P ₄₀ | 29,8 | +2,4 | 8,8 | 26,1 | +1,5 | 6,1 |
| 3 | N ₄₀ K ₂₀ | 27,7 | +0,3 | 1,1 | 24,5 | -0,1 | 0,4 |
| 4 | P ₄₀ K ₂₀ | 28,5 | +1,1 | 4,0 | 25,0 | +0,4 | 1,6 |
| 5 | N ₄₀ P ₄₀ K ₂₀ | 29,7 | +2,3 | 8,4 | 25,5 | +0,9 | 3,6 |
| 6 | N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀ | 29,5 | +2,1 | 7,7 | 26,0 | +1,4 | 5,7 |
| 7 | N ₂₀ P ₂₀ K ₁₀ | 31,6 | +4,2 | 15,3 | 26,3 | +1,7 | 6,9 |
| 8 | N ₈₀ P ₄₀ K ₂₀ | 29,1 | +1,7 | 6,2 | 25,6 | +1,0 | 4,1 |
| 9 | N ₄₀ P ₈₀ K ₂₀ | 29,2 | +1,8 | 6,6 | 25,4 | +0,8 | 3,2 |
| 10 | N ₈₀ P ₂₆₀ K ₁₄₀ (в запас) | 30,4 | +3,0 | 10,9 | 26,1 | +1,5 | 6,1 |
| Среднее по опыту | | 29,3 | - | - | 25,5 | - | - |
| Среднее по удобренным фонам | | 29,5 | - | - | 25,6 | - | - |
| ± к контролю | | мг | - | +2,1 | - | +1,0 | - |
| | | % | - | - | 6,0 | - | - |
| Слой почвы 30-60 см | | | | | | | |
| 1 | Контроль | 18,4 | 0,00 | К | 16,2 | 0,00 | К |
| 2 | N ₄₀ P ₄₀ | 20,1 | +1,7 | 9,2 | 18,0 | +1,8 | 11,1 |
| 3 | N ₄₀ K ₂₀ | 18,9 | +0,5 | 2,7 | 17,2 | +1,0 | 6,2 |
| 4 | P ₄₀ K ₂₀ | 18,9 | +0,5 | 2,7 | 17,0 | +0,8 | 4,9 |
| 5 | N ₄₀ P ₄₀ K ₂₀ | 20,2 | +1,8 | 9,8 | 18,1 | +1,9 | 11,7 |
| 6 | N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀ | 20,5 | +2,1 | 11,4 | 19,1 | +2,9 | 17,9 |
| 7 | N ₂₀ P ₂₀ K ₁₀ | 19,8 | +1,4 | 7,6 | 17,9 | +1,7 | 10,5 |
| 8 | N ₈₀ P ₄₀ K ₂₀ | 18,5 | +0,1 | 0,5 | 17,0 | +0,8 | 4,9 |
| 9 | N ₄₀ P ₈₀ K ₂₀ | 19,6 | +1,2 | 6,5 | 18,0 | +1,8 | 11,1 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|--------------------------------|--|------|------|------|------|------|------|
| 10 | N ₈₀ P ₂₆₀ K ₁₄₀ (в запас) | 19,0 | +0,6 | 3,3 | 16,9 | +0,7 | 4,3 |
| Среднее по опыту | | 19,4 | - | - | 17,5 | - | - |
| Среднее по удобренным фонам | | 19,5 | - | - | 17,7 | - | - |
| ± к контролю | | мг | - | +1,1 | - | +1,5 | - |
| | | % | - | - | 6,0 | - | 9,2 |
| Слой почвы 0-60 см | | | | | | | |
| 1 | Контроль | 22,9 | 0,00 | К | 20,4 | 0,00 | К |
| 2 | N ₄₀ P ₄₀ | 25,0 | +2,1 | 9,2 | 22,1 | +1,7 | 8,3 |
| 3 | N ₄₀ K ₂₀ | 23,3 | +0,4 | 1,7 | 20,8 | +0,4 | 2,0 |
| 4 | P ₄₀ K ₂₀ | 23,7 | +0,8 | 3,5 | 21,0 | +0,6 | 2,9 |
| 5 | N ₄₀ P ₄₀ K ₂₀ | 25,0 | +2,1 | 9,2 | 21,8 | +1,4 | 6,9 |
| 6 | N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀ | 25,0 | +2,1 | 9,2 | 22,6 | +2,2 | 10,8 |
| 7 | N ₂₀ P ₂₀ K ₁₀ | 25,7 | +2,8 | 12,2 | 22,1 | +1,7 | 8,3 |
| 8 | N ₈₀ P ₄₀ K ₂₀ | 23,8 | +0,9 | 3,9 | 21,3 | +0,9 | 8,3 |
| 9 | N ₄₀ P ₈₀ K ₂₀ | 24,4 | +1,5 | 6,6 | 21,7 | +1,3 | 4,4 |
| 10 | N ₈₀ P ₂₆₀ K ₁₄₀ (в запас) | 24,7 | +1,8 | 7,9 | 21,5 | +1,1 | 6,4 |
| Среднее по опыту | | 23,8 | - | - | 21,5 | - | -5,4 |
| Среднее по удобренным фонам | | 24,0 | - | - | 21,6 | - | - |
| ± к контролю | | мг | - | +1,0 | - | +1,3 | - |
| | | % | - | - | 4,4 | - | 6,2 |

На фоне удобренных вариантов оно было выше на 2,1 мг или 7,7%. Колебания содержания его по годам составили от 26,5 до 33,8 мг.

В слое 30-60 см оно в целом по опыту снизилось до 19,4 мг или на 9,9 мг, в контроле на 9 мг по сравнению со слоем 0-30 см.

Среднее содержание калия в слое 0-60 см составило 23,8 мг при варьировании по вариантам и годам от 20,6 до 27 мг на 100 г почвы.

Прирост содержания калия в слоях 30-60 см и 0-60 см составил от внесения удобрений составил 1,1 – 1,0 мг или 6,0 – 4,4% по отношению к контролю.

В целом же, применение доз удобрений не дало четкой картины по вариантам, что видимо, можно объяснить его высокой подвижностью в почвенных слоях.

В фазе полной спелости яровой твердой пшеницы содержание калия на контроле в слое почвы 0-30 см составило 24,6 мг (пределы: 23,3÷26,5 мг), а по вариан-

там удобрений – 25,6 мг (пределы: 22,3 – 28,2 мг) или возросло на 1 мг (4,1 %) (прил. 12).

В слое 30-60 см содержание калия на контроле составило 16,2 мг (15,5 – 17,1 мг), на удобренных фонах 17,7 мг (15,4 – 22,4). Прирост был равен 1,5 мг или 9,2%.

Снижение его содержания в этих слоях к уборке по сравнению с содержанием перед посевом оказалось мало заметным (29,3–25,5 + 3,8 мг и 19,4 -17,5 + 1,9 мг).

В слое 0-60 см на контроле было 20,4 мг (20,1-21 мг) удобренные варианты имели его на уровне 21,6 мг или на 1,3 мг (16,2%) больше, чем в контроле.

По вариантам четкой картины не обнаружено.

3.6 Запасы основных элементов питания в почве

3.6.1 Запасы азота

Запасы азота в слое почвы 0-30 см к севу в среднем по удобренным фонам составили 152,9 кг/га с колебаниями по годам от 112,3 (2008 г) до 195,6 кг/га (2010 г.), что выше, чем на контроле на 55,4 кг/га (56,9%) (табл. 9, прил. 13).

Таблица 9 – Запасы азота (N – NO₃) под посевом яровой твердой пшеницы в почве на разных фонах минерального удобрения (2006, 2008-2010 гг.)

| № п/п | Доза удобрения, кг д.в. на 1 га | Запас к севу | | | Перед уборкой | | |
|--------------------|--|--------------|-----------------|------|---------------|-----------------|------|
| | | кг на 1 га | ± к контролю | | кг на 1 га | ± к контролю | |
| | | | кг/га | % | | кг/га | % |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Слой почвы 0-30 см | | | | | | | |
| 1 | Контроль | 97,4 | 0,00 | К | 60,5 | 0,00 | К |
| 2 | N ₄₀ P ₄₀ | 140,3 | +42,9 | 44,0 | 79,0 | +18,5 | 30,6 |
| 3 | N ₄₀ K ₂₀ | 138,6 | +41,2 | 42,3 | 79,0 | +18,5 | 30,6 |
| 4 | P ₄₀ K ₂₀ | 117,6 | +20,2 | 20,7 | 61,3 | +0,8 | 1,3 |
| 5 | N ₄₀ P ₄₀ K ₂₀ | 152,0 | +54,6 | 56,1 | 83,2 | +22,7 | 37,5 |
| 6 | N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀ | 180,2 | +82,8 | 85,0 | 89,1 | +28,6 | 47,3 |
| 7 | N ₂₀ P ₂₀ K ₁₀ | 136,1 | +38,7 | 39,7 | 80,6 | +20,1 | 33,2 |
| 8 | N ₈₀ P ₄₀ K ₂₀ | 137,3 | +89,9 | 92,3 | 94,1 | +33,6 | 55,5 |
| 9 | N ₄₀ P ₈₀ K ₂₀ | 143,5 | +46,1 | 47,3 | 80,6 | +20,1 | 33,2 |
| 10 | N ₈₀ P ₂₆₀ K ₁₄₀ (в запас) | 180,6 | +83,2 | 85,4 | 91,6 | +31,1 | 51,4 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|--------------------------------|--|-------|--------|--------|-------|-------|------|
| Среднее по опыту | | 147,3 | - | - | 79,9 | - | - |
| Среднее по удобренным фонам | | 152,9 | - | - | 82,0 | - | - |
| ± к контролю | | кг | - | +55,4 | - | +19,0 | - |
| | | % | - | - | 56,9 | - | 31,4 |
| Слой почвы 30-60 см | | | | | | | |
| 1 | Контроль | 79,8 | 0,00 | К | 36,3 | 0,00 | К |
| 2 | N ₄₀ P ₄₀ | 115,2 | +35,4 | 44,4 | 50,8 | +14,5 | 39,9 |
| 3 | N ₄₀ K ₂₀ | 111,6 | +31,8 | 39,8 | 48,1 | +11,8 | 32,5 |
| 4 | P ₄₀ K ₂₀ | 91,7 | +11,9 | 14,9 | 37,2 | +0,9 | 2,5 |
| 5 | N ₄₀ P ₄₀ K ₂₀ | 128,9 | +49,1 | 61,5 | 57,2 | +20,9 | 57,6 |
| 6 | N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀ | 154,3 | +74,5 | 93,3 | 65,3 | +29,0 | 79,9 |
| 7 | N ₂₀ P ₂₀ K ₁₀ | 118,0 | +38,2 | 47,9 | 55,4 | +19,1 | 52,6 |
| 8 | N ₈₀ P ₄₀ K ₂₀ | 148,8 | +69,0 | 86,5 | 62,6 | +26,3 | 72,4 |
| 9 | N ₄₀ P ₈₀ K ₂₀ | 143,5 | +68,7 | 86,1 | 51,7 | +15,4 | 42,4 |
| 10 | N ₈₀ P ₂₆₀ K ₁₄₀ (в запас) | 148,0 | +68,2 | 85,4 | 61,7 | +25,4 | 70,0 |
| Среднее по опыту | | 124,0 | - | - | 52,7 | - | - |
| Среднее по удобренным фонам | | 128,9 | - | - | 54,5 | - | - |
| ± к контролю | | кг | - | +50,9 | - | +18,2 | - |
| | | % | - | - | 63,8 | - | 50,1 |
| Слой почвы 0-60 см | | | | | | | |
| 1 | Контроль | 177,2 | 0,00 | К | 96,8 | 0,00 | К |
| 2 | N ₄₀ P ₄₀ | 255,5 | +78,3 | 44,2 | 129,8 | +33,0 | 34,1 |
| 3 | N ₄₀ K ₂₀ | 250,2 | +73,0 | 41,2 | 127,1 | +30,3 | 31,3 |
| 4 | P ₄₀ K ₂₀ | 190,8 | +13,6 | 17,7 | 98,5 | +1,7 | 1,7 |
| 5 | N ₄₀ P ₄₀ K ₂₀ | 280,9 | +103,8 | 58,5 | 140,4 | +43,6 | 45,0 |
| 6 | N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀ | 334,5 | +157,3 | 88,7 | 154,4 | +57,6 | 59,5 |
| 7 | N ₂₀ P ₂₀ K ₁₀ | 254,1 | +76,9 | 43,4 | 136,0 | +39,2 | 40,5 |
| 8 | N ₈₀ P ₄₀ K ₂₀ | 336,1 | +158,9 | 89,7 | 156,6 | +59,8 | 61,8 |
| 9 | N ₄₀ P ₈₀ K ₂₀ | 264,2 | +87,0 | 49,1 | 132,3 | +35,5 | 36,7 |
| 10 | N ₈₀ P ₂₆₀ K ₁₄₀ (в запас) | 328,6 | +151,4 | 85,4 | 153,3 | +56,5 | 58,4 |
| Среднее по опыту | | 267,2 | - | - | 132,5 | - | - |
| Среднее по удобренным фонам | | 279,2 | - | - | 136,4 | - | - |
| ± к контролю | | кг | - | +102,0 | - | +39,8 | - |
| | | % | - | - | 57,6 | - | 41,1 |

В слое 30-60 см они были ниже и составили 130,7 кг/га (94,7-156,9 кг/га), но преимущество над контролем сохранилось и составило 50,9 кг/га или 63,8%.

В целом по слою почвы 0-60 см запасы азота к севу составили 279,2 кг/га (204,4-348 кг/га), что выше контроля на 102 кг/га или 57,6%.

Среди всех вариантов наиболее высокими запасами азота в почве выделились три фона: $N_{80}P_{80}K_{40}$, $N_{80}P_{40}K_{20}$ и $N_{80}P_{260}K_{140}$. Здесь они составили соответственно по слоям: 0-30 см – 187,3; 180,2; 180,6 кг/га (+к контролю 69,0; 74,5 и 68,2 кг/га) и 0-60 см – 336,1; 334,5 и 328,6 кг/га (+к контролю 158,9; 157,3 и 151,4 кг/га или 89,7; 88,7 и 85,4%).

Варианты с внесением 40 кг д.в. азота в составе парных и тройных сочетаний основных элементов питания имели запасы на 38,7-54,6 кг/га (39,7-56,1%) азота в слое 0-30 см, на 31,8-49,1 кг/га (39,8-61,5%) в слое 30-60 см и на 73,0-103,8 кг/га (41,2-58,5%) в слое 0-60 см азота больше, чем контрольный.

Самые низкие в опыте запасы азота были характерны для контроля: 97,4; 73,8 и 177,2 кг/га соответственно для изученных слоев почвы, а также вариантов без внесения азота ($P_{40}K_{20}$) - 99,1; 91,7 и 190,8 кг/га.

В фазе полной спелости запасы азота по слоям заметно снизились. В слое почвы 0-30 см на удобренных вариантах они составили 82 кг/га (на 19 кг/га или 31,4% выше контроля), слое 30-60 см – 54,5 кг/га (на 18,2 кг/га или 50,1% выше контроля) и слое 0-60 см – 136,4 кг/га (на 39,8 кг/га или 41,1% выше контроля).

При этом просматриваются те же закономерности. На вариантах, где были применены дозы азота, равные 80 кг д.в. на 1 га в составе NPK, обнаружены повышенные запасы его во всех учтенных слоях (табл. 10, прил. 14).

При дозах: $N_{80}P_{40}K_{20}$, $N_{80}P_{80}K_{40}$ и $N_{80}P_{260}K_{140}$ запасы азота в слое 0-30 см составили 94,1; 89,1 и 91,6 кг/га, (на 33,6; 28,6 и 31,1 кг/га или 55,5; 47,3 и 51,4% выше, чем в контроле), а при остальных парных и тройных сочетаниях макроэлементов составляли 79,0 – 83,2 кг/га, что на 18,5 – 22,7 кг/га или 30,6 – 37,5% были выше, чем на контроле (контроль – 60,5 кг/га).

Слой почвы 30-60 см оказался более обедненным по запасам азота, но закономерности влияния доз вносимого азота сохранились. Азот в высоких дозах в со-

ставе NPK (варианты: $N_{80}P_{40}K_{20}$, $N_{80}P_{80}K_{40}$ и $N_{80}P_{260}K_{140}$, способствовал сохранению его запасов в почве в фазе полной спелости твердой пшеницы на уровне 62,6; 65,3 и 61,7 кг/га, что на 26,3; 29 и 25,4 кг/га или 72,4; 79,9 и 70% больше, чем на контроле. На фоне остальных парных и тройных сочетаний элементов его запасы были выше, чем в контроле на 11,8-20,9 кг/га или на 32,5-57,6%. (Контроль-36,3 кг/га).

В слое почвы 0-60 см при полной спелости яровой твердой пшеницы запасы азота наибольшими оказались в вариантах, где использовалась наибольшая доза азота 80 кг/га в составе NPK ($N_{80}P_{40}K_{20}$, $N_{80}P_{80}K_{40}$ и $N_{80}P_{260}K_{140}$). Они составили 156,6; 154,4 и 153,3 кг/га или выше, чем в контроле на 59,8; 57,6 и 56,5 кг/га или 61,8; 59,5 и 58,4%.

Запасы азота в остальных парных и тройных сочетаниях отдельных элементов питания, внесенных в почву, составили 127,1-140,4 кг/га или были выше, чем в контроле на 30,3-43,6 кг/га или 38,3-45%. (Контроль – 96,8 кг/га). В варианте без внесения азота ($P_{40}K_{20}$) разница с контролем была несущественной.

3.6.2 Запасы фосфора

Запасы фосфора перед посевом яровой твердой пшеницы в слое почвы 0-30 см в среднем за 4 года по опыту составили 158,2 кг/га с колебаниями по годам и вариантам в пределах от 63,8 до 268,8 кг/га. На фоне удобренных вариантов, кроме $N_{40}K_{20}$, они составили 167 кг/га (134,4 – 268,8 кг/га), что выше, чем в контрольном на 87,2 кг/га или 109,2%.

Наиболее высокие запасы его были обнаружены в вариантах: $N_{80}P_{260}K_{140}$, $N_{80}P_{80}K_{40}$ и $N_{40}P_{80}K_{40}$. Они составили 216,7; 196,6 и 195,8 кг/га, что выше запасов в контроле на 136,9 кг/га (171,5%), 116,8 (146,4%) и 116 кг/га (145,3%) соответственно (табл. 10, прил. 15).

В остальных вариантах парных и тройных сочетаний с внесением доз фосфора запасы его в этом слое обнаруживались на уровне 158,7 – 168 кг/га или больше, чем в контроле на 78,9 – 88,2 кг/га или 98,8 – 110,5%. На контроле запас фосфора был равен 79,8 кг/га. Разница с контролем по варианту $N_{40}K_{20}$ была несущественной (3,2%).

Таблица 10 – Запасы фосфора (P_2O_5) под посевом яровой твердой пшеницы в почве на разных фонах минерального удобрения (2006, 2008-2010 гг.)

| № п/п | Доза удобрения, кг д.в. на 1 га | Перед севом | | | Перед уборкой | | |
|--------------------------------|--|-------------|-----------------|-------|---------------|-----------------|-------|
| | | кг на 1 га | ± к контролю | | кг на 1 га | ± к контролю | |
| | | | кг/га | % | | кг/га | % |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Слой почвы 0-30 см | | | | | | | |
| 1 | Контроль | 79,8 | 0,00 | К | 60,5 | 0,00 | К |
| 2 | N ₄₀ P ₄₀ | 158,7 | +78,9 | 98,8 | 115,8 | +55,3 | 91,4 |
| 3 | N ₄₀ K ₂₀ | 82,4 | +2,6 | 3,2 | 63,8 | +3,3 | 5,4 |
| 4 | P ₄₀ K ₂₀ | 168,0 | +88,2 | 110,5 | 115,9 | +55,4 | 91,6 |
| 5 | N ₄₀ P ₄₀ K ₂₀ | 157,1 | +77,3 | 96,9 | 114,2 | +53,7 | 88,7 |
| 6 | N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀ | 196,6 | +116,8 | 146,4 | 132,7 | +72,2 | 119,3 |
| 7 | N ₂₀ P ₂₀ K ₁₀ | 165,5 | +85,7 | 107,4 | 115,1 | +54,6 | 90,2 |
| 8 | N ₈₀ P ₄₀ K ₂₀ | 161,3 | +81,5 | 102,1 | 110,9 | +50,4 | 83,3 |
| 9 | N ₄₀ P ₈₀ K ₂₀ | 195,8 | +116,0 | 145,3 | 136,9 | +76,4 | 126,3 |
| 10 | N ₈₀ P ₂₆₀ K ₁₄₀ (в запас) | 216,7 | +136,9 | 171,5 | 147,8 | +87,3 | 144,3 |
| Среднее по опыту | | 158,2 | - | - | 111,4 | - | - |
| Среднее по удобренным фонам | | 167,0 | - | - | 117,0 | - | - |
| ± к контролю | | кг | - | +87,2 | - | +56,6 | - |
| | | % | - | - | 109,2 | - | 93,5 |
| Слой почвы 30-60 см | | | | | | | |
| 1 | Контроль | 68,5 | 0,00 | К | 38,1 | 0,00 | К |
| 2 | N ₄₀ P ₄₀ | 84,1 | +15,6 | 22,8 | 68,1 | +30,0 | 78,7 |
| 3 | N ₄₀ K ₂₀ | 58,1 | -10,4 | 15,2 | 41,8 | +3,7 | 9,7 |
| 4 | P ₄₀ K ₂₀ | 88,9 | +20,4 | 29,8 | 72,6 | +34,5 | 90,5 |
| 5 | N ₄₀ P ₄₀ K ₂₀ | 86,2 | +17,7 | 25,8 | 68,1 | +30,0 | 78,7 |
| 6 | N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀ | 134,3 | +65,8 | 96,0 | 98,0 | +59,9 | 157,2 |
| 7 | N ₂₀ P ₂₀ K ₁₀ | 84,4 | +15,9 | 23,2 | 63,5 | +25,4 | 66,7 |
| 8 | N ₈₀ P ₄₀ K ₂₀ | 84,4 | +15,9 | 23,2 | 66,2 | +28,1 | 73,7 |
| 9 | N ₄₀ P ₈₀ K ₂₀ | 148,0 | +79,5 | 116,0 | 97,1 | +59,0 | 154,8 |
| 10 | N ₈₀ P ₂₆₀ K ₁₄₀ (в запас) | 150,0 | +81,5 | 119,0 | 95,3 | +57,2 | 150,1 |
| Среднее по опыту | | 98,7 | - | - | 70,9 | - | - |
| Среднее по удобренным фонам | | 103,7 | - | - | 72,4 | - | - |
| ± к контролю | | кг | - | +50,2 | - | +36,4 | - |
| | | % | - | - | 73,2 | - | 95,6 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|--------------------------------|--|-------|--------|--------|-------|--------|-------|
| Слой почвы 0-60 см | | | | | | | |
| 1 | Контроль | 133,3 | 0,00 | К | 98,6 | 0,00 | К |
| 2 | N ₄₀ P ₄₀ | 241,3 | +108,0 | 81,0 | 183,8 | +85,2 | 86,4 |
| 3 | N ₄₀ K ₂₀ | 140,6 | +7,3 | 5,5 | 105,6 | +7,0 | 7,1 |
| 4 | P ₄₀ K ₂₀ | 256,9 | +123,6 | 92,7 | 176,0 | +77,4 | 78,5 |
| 5 | N ₄₀ P ₄₀ K ₂₀ | 243,2 | +109,9 | 82,4 | 182,3 | +83,7 | 89,9 |
| 6 | N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀ | 330,9 | +197,6 | 148,2 | 225,7 | +127,1 | 128,9 |
| 7 | N ₂₀ P ₂₀ K ₁₀ | 249,9 | +116,6 | 87,5 | 178,6 | +80,0 | 81,1 |
| 8 | N ₈₀ P ₄₀ K ₂₀ | 245,7 | +112,4 | 84,3 | 177,1 | +78,5 | 79,6 |
| 9 | N ₄₀ P ₈₀ K ₂₀ | 338,7 | +205,4 | 154,1 | 234,0 | +135,4 | 137,3 |
| 10 | N ₈₀ P ₂₆₀ K ₁₄₀ (в запас) | 366,5 | +233,2 | 174,9 | 243,1 | +144,5 | 146,5 |
| Средние по опыту | | 254,7 | - | - | 180,5 | - | - |
| Средние по удобренным фонам | | 268,2 | - | - | 189,6 | - | - |
| ± к контролю | | кг | - | +134,8 | - | +91,0 | - |
| | | % | - | - | 101,1 | - | 92,3 |

Запасы фосфора в слое 30-60 см оказались значительно ниже, чем в слое 0-30 см и составили по опыту 98,7 кг/га (47,2÷152,5 кг/га). Варианты с внесением P₂O₅, имели их больше по сравнению с контролем на 50,2 кг/га или 73,2%. Наибольшие запасы фосфора были характерны для вариантов: N₈₀P₂₆₀K₁₄₀, N₄₀P₈₀K₂₀ и N₈₀P₈₀K₄₀, соответственно 150; 148 и 134,3 кг/га или на 81,5; 79,5 и 65,8 кг/га (22,8 – 29,8%) были выше контроля. Запас на контроле был равен 68,5 кг/га.

В слое 0-60 см запасы фосфора к севу в среднем за 4 года были равны 254,7 кг/га с колебаниями по годам и вариантам от 100,1 до 421,3 кг/га. Запасы фосфора на удобренных вариантах в среднем составили 268,2 кг/га, что выше контроля на 134,8 кг/га или 101,1%.

Наибольшими были запасы фосфора на вариантах: N₈₀P₂₆₀K₁₄₀, N₄₀P₈₀K₂₀ и N₈₀P₈₀K₄₀ – 366,5; 338,7 и 330,9 кг/га. Они оказались выше, чем в контроле на 233,2; 205,4 и 197,6 кг/га или на 174,9; 154,1 и 148,2%.

На фоне остальных удобренных вариантов запасы фосфора изменялись от 241,3 до 256,9 кг/га и превосходили контроль на 108-123,6 кг/га или 81-92,7%.

Запасы фосфора на контроле были на уровне 133,3 кг/га (100,1-152,7 кг/га), а в варианте N₄₀K₂₀ превысили на 5,5% контроль.

При наступлении полной спелости яровой твердой пшеницы запасы фосфора во всех слоях почвы значительно снизились (прил. 16).

В слое почвы 0-30 см они в среднем составили 111,4 кг/га с колебаниями по вариантам и годам от 47 до 168 кг/га. Превышение его запасов в среднем по удобренным вариантам над контролем составило 56,6 кг/га или 93,5%, а запасы фосфора в них - 117 кг/га.

Варианты с наибольшими дозами внесенного фосфора имели и наибольшие запасы: $N_{80}P_{260}K_{140}$ – 147,8 кг/га (+87,3 кг/га или 144,3% к контролю), $N_{40}P_{80}K_{20}$ – 136,9 кг/га (+76,4 кг/га или 126,3%) и $N_{80}P_{80}K_{40}$ – 132,7 кг/га (+72,2 кг/га или 119,3%).

На остальных вариантах парных и тройных сочетаний доз запасы фосфора составили 110,9-115,8 кг/га, что выше контроля на 50,4-55,4 кг/га или 83,3-91,6%.

Самые низкие запасы фосфора были характерны для контроля 60,5 кг/га и фона $N_{40}K_{20}$ – 63,8 кг/га.

Слой почвы 30-60 см содержал в среднем 70,9 кг/га фосфора с колебаниями по вариантам и годам от 25,4 до 116,2 кг/га. Удобренные варианты в среднем превышали контроль на 36,4 кг/га или 95,6%.

В вариантах с наибольшими дозами фосфорного удобрения ($N_{80}P_{260}K_{140}$, $N_{40}P_{80}K_{20}$ и $N_{80}P_{80}K_{40}$) запасы его были соответственно равны 95,3; 97,1 и 98 кг/га, что превысило контроль на 57,2; 59,0 и 59,9 кг/га или 150,1; 154,8 и 157,2%.

Запасы фосфора на вариантах с внесением фосфора в других парных и тройных сочетаниях составили 63,5 – 72,6 кг/га, что превосходит контроль на 25,4 – 34,5 кг/га или 66,7-90,5%. Запасы фосфора на контроле были равны 38,1 кг/га, а на фоне $N_{40}K_{20}$ -41,8 кг/га.

В слое 0-60 см запасы фосфора в конце вегетации яровой твердой пшеницы колебались по вариантам в различные годы от 72,4 до 258,8 кг/га при средней величине 180,5 кг/га.

Средние запасы по удобренным вариантам составили 189,6 кг/га, что выше контроля на 91 кг/га или 91,3%.

Наибольшие остаточные запасы фосфора проявились в вариантах: $N_{80}P_{260}K_{140}$, $N_{40}P_{80}K_{20}$ и $N_{80}P_{80}K_{40}$, соответственно 243,1; 234,0 и 225,7 кг/га, что больше, чем на контроле на 144,5; 135,4 и 127,1 кг/га или 146,5; 137,3 и 128,9%.

Что касается остальных вариантов с внесенным фосфором, то запасы его здесь превосходили контроль на 77,4-85,2 кг/га или 78,5-86,4%.

Запасы фосфора в контрольном варианте были на уровне 98,6 кг/га, а на фоне $N_{40}K_{20}$ – 105,6 кг/га.

3.6.3 Запасы калия

Запасы калия перед посевом яровой твердой пшеницы достигли значительных размеров. В слое почвы 0-30 см в среднем по опыту за 4 года учета они составляли 984 кг/га с колебаниями по вариантам в разные годы от 800 до 1136 кг/га (табл. 11, прил. 17). На фоне удобренных вариантов его запасы составили 990 кг/га или были выше, чем в контроле на 69 кг/га или 7,5%. При этом более заметно выделились два варианта: $N_{80}P_{260}K_{140}$ (+102 кг/га или 11,1%) и $N_{20}P_{20}K_{10}$ (+143 кг/га или 15,5%).

Таблица 11 – Запасы калия (K_2O) перед посевом яровой твердой пшеницы в различных слоях почвы на разных фонах минерального удобрения (2006, 2008-2010 гг.)

| № п/п | Доза удобрения, кг д.в. на 1 га | Перед севом | | | Перед уборкой | | |
|--------------------|-------------------------------------|-------------|-----------------|------|---------------|-----------------|-----|
| | | кг на 1 га | ± к контролю | | кг на 1 га | ± к контролю | |
| | | | кг/га | % | | кг/га | % |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Слой почвы 0-30 см | | | | | | | |
| 1 | Контроль | 921 | 0,00 | К | 825 | 0,00 | К |
| 2 | $N_{40}P_{40}$ | 1000 | +79,0 | 8,6 | 875 | +50,0 | 6,1 |
| 3 | $N_{40}K_{20}$ | 930 | +9,0 | 1,0 | 822 | -3,0 | 0,4 |
| 4 | $P_{40}K_{20}$ | 957 | +36,0 | 3,9 | 841 | +16,0 | 1,9 |
| 5 | $N_{40}P_{40}K_{20}$ | 997 | +76,0 | 8,2 | 856 | +31,0 | 3,7 |
| 6 | $N_{80}P_{80}K_{40}$ | 991 | +70,0 | 7,6 | 974 | +49,0 | 5,9 |
| 7 | $N_{20}P_{20}K_{10}$ | 1064 | +143,0 | 15,5 | 885 | +60,0 | 7,3 |
| 8 | $N_{80}P_{40}K_{20}$ | 979 | +58,0 | 6,3 | 862 | +37,0 | 4,5 |
| 9 | $N_{40}P_{80}K_{20}$ | 980 | +59,0 | 6,4 | 852 | +27,0 | 3,3 |
| 10 | $N_{80}P_{260}K_{140}$ (в запас) | 1023 | +102,0 | 11,1 | 876 | +51,0 | 6,2 |
| Среднее по опыту | | 984 | - | - | 857 | - | - |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|--------------------------------|--|------|--------|--------|------|--------|-------|
| Среднее по удобренным фонам | | 990 | - | - | 860 | - | - |
| ± к контролю | | кг | - | +69,0 | - | - | +35,0 |
| | | % | - | - | 7,5 | - | - |
| Слой почвы 30-60 см | | | | | | | |
| 1 | Контроль | 668 | 0,00 | К | 587 | 0,00 | К |
| 2 | N ₄₀ P ₄₀ | 729 | +61,0 | 9,1 | 654 | +67,0 | 11,4 |
| 3 | N ₄₀ K ₂₀ | 687 | +19,0 | 2,8 | 625 | +38,0 | 6,5 |
| 4 | P ₄₀ K ₂₀ | 685 | +17,0 | 2,5 | 617 | +30,0 | 5,1 |
| 5 | N ₄₀ P ₄₀ K ₂₀ | 732 | +64,0 | 9,6 | 657 | +70,0 | 11,9 |
| 6 | N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀ | 745 | +77,0 | 11,5 | 692 | +105,0 | 11,9 |
| 7 | N ₂₀ P ₂₀ K ₁₀ | 718 | +50,0 | 7,5 | 649 | +62,0 | 10,5 |
| 8 | N ₈₀ P ₄₀ K ₂₀ | 670 | +2,0 | 0,3 | 616 | +29,0 | 4,9 |
| 9 | N ₄₀ P ₈₀ K ₂₀ | 720 | +52,0 | 7,8 | 654 | +67,0 | 11,4 |
| 10 | N ₈₀ P ₂₆₀ K ₁₄₀ (в запас) | 688 | +20,0 | 3,0 | 614 | +27,0 | 4,6 |
| Среднее по опыту | | 704 | - | - | 636 | - | - |
| Среднее по удобренным фонам | | 708 | - | - | 641 | - | - |
| ± к контролю | | кг | - | +40,0 | - | - | +54,0 |
| | | % | - | - | 6,0 | - | - |
| Слой почвы 0-60 см | | | | | | | |
| 1 | Контроль | 1589 | 0,00 | К | 1412 | 0,00 | К |
| 2 | N ₄₀ P ₄₀ | 1429 | +140,0 | 8,8 | 1529 | +117,0 | 8,3 |
| 3 | N ₄₀ K ₂₀ | 1617 | +28,0 | 1,8 | 1447 | +35,0 | 2,5 |
| 4 | P ₄₀ K ₂₀ | 1642 | +53,0 | 3,3 | 1458 | +46,0 | 3,2 |
| 5 | N ₄₀ P ₄₀ K ₂₀ | 1729 | +140,0 | 8,8 | 1513 | +101,0 | 7,1 |
| 6 | N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀ | 1736 | +147,0 | 9,2 | 1566 | +156,0 | 10,9 |
| 7 | N ₂₀ P ₂₀ K ₁₀ | 1782 | +193,0 | 12,1 | 1534 | +122,0 | 8,6 |
| 8 | N ₈₀ P ₄₀ K ₂₀ | 1649 | +60,0 | 3,8 | 1478 | +66,0 | 4,7 |
| 9 | N ₄₀ P ₈₀ K ₂₀ | 1700 | +111,0 | 7,0 | 1506 | +94,0 | 6,6 |
| 10 | N ₈₀ P ₂₆₀ K ₁₄₀ (в запас) | 1711 | +122,0 | 7,7 | 1490 | +78,0 | 5,5 |
| Средние по опыту | | 1688 | - | - | 1493 | - | - |
| Средние по удобренным фонам | | 1699 | - | - | 1502 | - | - |
| ± к контролю | | кг | - | +110,0 | - | - | +90,0 |
| | | % | - | - | 6,9 | - | - |

Тем не менее, в виду высокой подвижности калия различия между вариантами оказались не ярко выраженными и не столько закономерными как по азоту и фосфору

В слое 30-60 см запасы калия снижались до 704 кг/га (581÷878 кг/га). Прирост запасов калия от внесенных доз калия в составе удобрений здесь был равен 40 кг/га или 6 %. По отношению к контролю относительно других вариантов заметнее выделились фоны: $N_{80}P_{80}K_{40}$ (+11,5%), $N_{40}P_{40}K_{20}$ (+9,6%), $N_{40}P_{40}$ (+9,1%), $N_{40}P_{80}K_{20}$ (+7,8%) и $N_{20}P_{20}K_{10}$ (+7,5%). Но объяснить эти различия влиянием внесенных доз нельзя. Скорее всего, они связаны с неоднородностью увлажнения почвенного покрова на участке под опытом.

Запасы калия в слое 0-60 см достигли в среднем за 4 года опытов 1688 кг/га с изменением по вариантам и годам от 1424 до 1866 кг/га. На удобренных вариантах в среднем запас калия был выше, чем на контроле на 110 кг/га или 6,9%.

Различия по вариантам в пределах 28÷199 кг/га или \pm к контролю от 1,8 до 12,1% не могут быть соответственно объяснены внесением примененных доз калия от 10 до 40 и 140 кг/га, поскольку изменения не адекватны дозам.

Запасы калия под посевом яровой твердой пшеницы в фазе полной спелости заметно снизились по сравнению с запасами к севу. В слое 0-30 см в среднем по опыту они составили 857 кг/га (пределы - 749÷948 кг/га), в слое 30-60 см – 636 кг/га (563÷843 кг/га) и в слое 0-60 см – 1493 кг/га (1337÷1805 кг/га) (прил. 18).

Варианты с внесением калия в почву в среднем способствовали увеличению его запасов на 35 кг/га (4,2%) в слое 0-30 см, на 54 кг/га (9,2%) в слое 30-60 см и на 90 кг/га (6,4%) в слое 0-60 см в сравнении со своими контролями, равными соответственно 825; 587 и 1412 кг/га.

Тем не менее, по отдельным вариантам внесения удобрений с разными дозами калия закономерного роста его запасов не обнаружено.

Таким образом, в целом по запасам калия в разных слоях почвы сложилась общая картина, заключающаяся в том, что запасы калия перед посевом оказались выше, чем в конце вегетации твердой пшеницы. В верхнем слое почвы (0-30 см) они более высоки, чем в нижнем. Изменения их в разные по условиям годы были

относительно не велики и под действием вносимых доз не подчинялись четкой закономерности.

3.6.4 Динамика содержания подвижного фосфора в почве под посевом яровой твердой пшеницы в длительном стационарном опыте

В последние годы много говорилось об идущем процессе глобального изменения климата, таянии ледников, изменении температурного режима, количества выпадающих осадков и т.п.

Вместе с тем, эти изменения не могут не сказываться на протекающих в почвах процессах, связанных с динамикой элементов питания в почве, а отсюда и на стратегии, тактике и технологии применения удобрений.

Сохранение и поддержание плодородия почв – одна из важнейших проблем в земледелии.

В «Системах ведения сельского хозяйства», «Системах земледелия», рекомендациях по применению удобрений в прошедшие годы особое внимание уделялось преимущественному использованию фосфорных удобрений (И.И. Гридасов, В.М. Андреева, 1977).

Нам было важно выявить направление в динамике содержания и запасов фосфора в почве к севу с.-х. культур, чтобы выработать стратегию в использовании фосфорных и других форм удобрений, их соотношений на современном этапе.

Поскольку наш четырехлетний опыт не давал возможности получить ответы на поставленные вопросы, мы сделали анализ данных многолетнего стационара.

Наш анализ многолетних наблюдений за динамикой фосфора в почве за период вегетации яровой твердой пшеницы показал, что внесение различных доз фосфорных удобрений оказало положительное влияние на содержание подвижных форм фосфора в почве перед посевом яровой твердой пшеницы.

Содержание подвижного фосфора в среднем за 4 ротации севооборота на контроле (без удобрений) в слоях почвы 0-30 см и 30-60 см соответственно составляло 2,8 и 1,6 мг на 100 г почвы.

При внесении дозы удобрений $N_{40}P_{40}K_{20}$ оно составило по слоям почвы 0-30 см и 30-60 см соответственно 4,9 и 3,0 мг на 100 г почвы или превысило показатели контроля на 75% и 87,5% (табл. 12).

Таблица 12 – Содержание подвижного фосфора в почве перед посевом яровой твердой пшеницы по ротациям севооборота, мг на 100 г. абсолютно - сухой почвы

| Вариант | Слой почвы, см | Ротации* | | | | Среднее |
|------------------------|----------------|----------|-----|-----|-----|---------|
| | | 4 | 5 | 6 | 7 | |
| Контроль | 0-30 | 1,9 | 2,5 | 3,4 | 3,2 | 2,8 |
| | 30-60 | 1,0 | 1,6 | 2,0 | 1,6 | 1,6 |
| $N_{40}P_{40}$ | 0-30 | 3,9 | 4,6 | 5,2 | 4,5 | 4,6 |
| | 30-60 | 1,8 | 3,1 | 3,7 | 2,8 | 2,8 |
| $N_{40}K_{20}$ | 0-30 | 2,0 | 2,6 | 3,7 | 3,7 | 3,0 |
| | 30-60 | 1,1 | 1,9 | 2,8 | 2,1 | 2,0 |
| $P_{40}K_{20}$ | 0-30 | 4,7 | 4,9 | 4,9 | 5,4 | 5,0 |
| | 30-60 | 2,2 | 3,7 | 4,5 | 3,4 | 3,4 |
| $N_{40}P_{40}K_{20}$ | 0-30 | 4,3 | 5,0 | 5,4 | 5,0 | 4,9 |
| | 30-60 | 1,7 | 3,5 | 3,8 | 3,1 | 3,0 |
| $N_{80}P_{80}K_{40}$ | 0-30 | 6,2 | 6,7 | 6,8 | 5,5 | 6,3 |
| | 30-60 | 1,9 | 4,0 | 4,4 | 3,9 | 3,6 |
| $N_{80}P_{40}K_{20}$ | 0-30 | 4,1 | 4,0 | 4,9 | 5,6 | 4,6 |
| | 30-60 | 1,9 | 2,9 | 4,0 | 4,5 | 3,3 |
| $N_{40}P_{80}K_{20}$ | 0-30 | 5,6 | 6,0 | 6,9 | 6,3 | 6,2 |
| | 30-60 | 2,3 | 4,3 | 4,9 | 4,3 | 4,0 |
| $N_{80}P_{260}K_{140}$ | 0-30 | 5,4 | 6,0 | 6,3 | 6,4 | 6,0 |
| | 30-60 | 2,4 | 4,2 | 4,2 | 4,0 | 3,7 |

*Ротации: 4 – 1989-1993 гг., 5 – 1994-1998 гг., 6 – 1999-2003 гг., 7 – 2004-2008 гг.

Самой высокой обеспеченность почвы подвижным фосфором была на вариантах с двойной дозой фосфора: $N_{80}P_{80}K_{40}$ и $N_{40}P_{80}K_{20}$ - 6,3 и 6,2 мг на 100 г в слое почвы 0-30 см и 3,6 и 4,0 мг на 100 г в слое почвы 30-60 см.

Запасы фосфора также изменились в значительной степени. Перед посевом яровой твердой пшеницы запасы подвижного фосфора в среднем за 4 ротации се-

вооборота в пахотном слое почвы (0-30 см) составляли на контроле 92,5 кг на 1 га, на варианте $N_{40}P_{40}$ – 153,0 кг на 1 га, на варианте $N_{40}P_{40}K_{20}$ – 168,2 кг на 1 га. Наибольшие запасы подвижного фосфора в слое почвы 0-30 см установлены на вариантах с двойной дозой фосфора: $N_{80}P_{80}K_{40}$ и $N_{40}P_{80}K_{20}$ и составляли соответственно 211,5 и 208,5 кг на 1 га, или на 128,6% и 125,4% больше, чем на контроле (без удобрений) (табл. 13).

Таблица 13 – Запасы подвижного фосфора в почве перед посевом яровой твердой пшеницы по ротациям севооборота, кг/га

| Вариант | Слой почвы, см | Ротации | | | | Среднее |
|------------------------|----------------|---------|-----|-----|-----|---------|
| | | 4 | 5 | 6 | 7 | |
| Контроль | 0-30 | 64 | 84 | 114 | 108 | 92,5 |
| | 30-60 | 36 | 58 | 73 | 58 | 56,2 |
| | 0-60 | 100 | 142 | 187 | 166 | 148,7 |
| $N_{40}P_{40}$ | 0-30 | 131 | 155 | 175 | 151 | 153,0 |
| | 30-60 | 65 | 113 | 134 | 102 | 103,5 |
| | 0-60 | 196 | 268 | 309 | 253 | 256,5 |
| $N_{40}K_{20}$ | 0-30 | 67 | 87 | 124 | 124 | 100,5 |
| | 30-60 | 40 | 69 | 102 | 76 | 71,8 |
| | 0-60 | 107 | 156 | 226 | 200 | 172,3 |
| $P_{40}K_{20}$ | 0-30 | 158 | 165 | 165 | 181 | 167,2 |
| | 30-60 | 80 | 134 | 163 | 123 | 125,0 |
| | 0-60 | 238 | 299 | 328 | 304 | 292,2 |
| $N_{40}P_{40}K_{20}$ | 0-30 | 145 | 168 | 192 | 168 | 168,2 |
| | 30-60 | 62 | 127 | 138 | 113 | 110,0 |
| | 0-60 | 207 | 295 | 330 | 281 | 278,2 |
| $N_{80}P_{80}K_{40}$ | 0-30 | 208 | 225 | 228 | 185 | 211,5 |
| | 30-60 | 69 | 145 | 160 | 142 | 129,0 |
| | 0-60 | 277 | 370 | 388 | 327 | 340,5 |
| $N_{80}P_{40}K_{20}$ | 0-30 | 138 | 134 | 165 | 188 | 156,2 |
| | 30-60 | 69 | 105 | 145 | 163 | 120,5 |
| | 0-60 | 207 | 239 | 310 | 351 | 276,7 |
| $N_{40}P_{80}K_{20}$ | 0-30 | 188 | 202 | 232 | 212 | 208,5 |
| | 30-60 | 83 | 156 | 178 | 156 | 143,2 |
| | 0-60 | 271 | 358 | 410 | 368 | 351,7 |
| $N_{80}P_{260}K_{140}$ | 0-30 | 181 | 202 | 212 | 215 | 202,5 |
| | 30-60 | 87 | 152 | 152 | 145 | 134,0 |
| | 0-60 | 268 | 354 | 364 | 360 | 336,5 |

Корреляционно - регрессионный анализ показал на наличие слабой степени связи запасов фосфора в слое почвы 0-30 см с порядковым номером ротации и тесной ($\eta_{yx}=0,915$) по слою 30-60 см (рис.1.). В соответствии с уравнением вида: $y_1=-531,09+226,425x_1-19,115x_1^2\pm 12,07$ кг/га в 83,69% случаев удалось адекватно описать эту связь. Согласно ему запасы фосфора в слое 30-60 см возрастали от четвертой ротации до конца шестой с 68,8 до 139,4 кг/га, а затем стало проявляться их снижение до 115 кг/га в седьмой ротации.

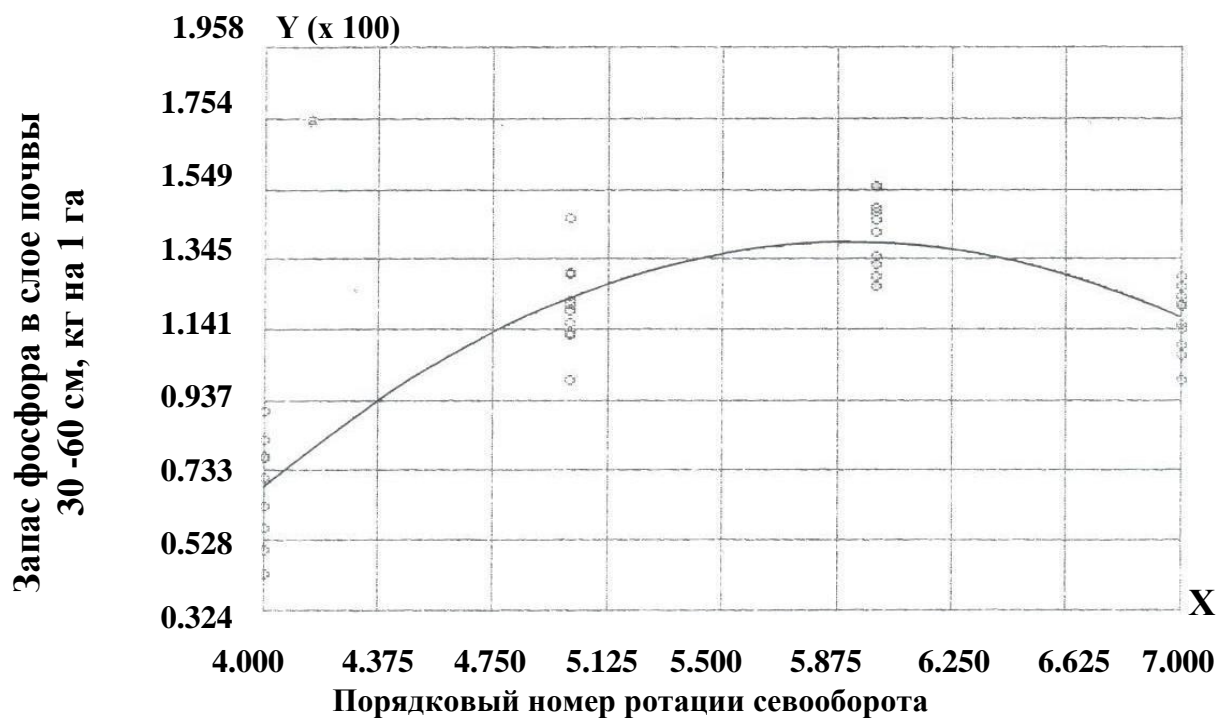


Рис. 1. Зависимость запасов подвижного фосфора в слое почвы 30-60 см от порядкового номера ротации.

Подводя итоги выполненного исследования, есть основание полагать, что внесение удобрений, содержащих фосфор, способствовало его накоплению в почве подпахотного (30-60 см) слоя от четвертой до шестой ротации, затем оно стало понижаться (в седьмой ротации). Естественно полагать, что основную роль здесь сыграло внесение удобрений, содержащих фосфор. Но аналогичная картина складывается от ротации к ротации и по контрольному варианту, где их не применяли. Из этого следует, что существуют и другие причины, влияющие на динамику содержания и запасов фосфора в почве. Среди них можно предполагать действие изменений климата. Но этот вопрос нуждается в дополнительном исследовании.

3.7 Запасы элементов питания в разных слоях почвы к севу и урожайность яровой твердой пшеницы

В засушливых степных регионах при недостатке атмосферных осадков в начале вегетации в сочетании с повышенным температурным режимом верхние слои почвы быстро иссушаются, часть питательных веществ при этом становится мало доступной и репродуктивный период растений проходит при использовании резервов влаги и элементов питания из более глубоких слоёв почвы.

Но в этот период есть еще возможность улучшить режим питания растений за счет внесения удобрений. Чтобы это осуществить, нужно знать, как влияют весенние запасы питательных веществ на урожайность культуры.

В ранее проведенных исследованиях эти связи не рассматривались (В.М. Андреева, 1972; А.В. Ряховский, И.А. Батурин, А.П. Березнёв, 2004). Обычно ориентируются на шкалу обеспеченности.

Поэтому в нашу задачу входило выяснить в какой степени связаны запасы азота, фосфора и калия в разных слоях почвы с урожайностью яровой твердой пшеницы.

Результаты корреляционно-регрессионного анализа показали, что урожайность яровой твердой пшеницы находится в сильной связи с запасами азота в почве к севу. Корреляционное отношение с его запасом в слое 0-30 см составило 0,906, в слое 30-60 см – 0,839 и в слое 0-60 см – 0,882 (табл. 14). Полученные уравнения адекватны для 82,13 – 70,39 – 77,76% случаев.

Таблица 14 – Запасы азота в почве к севу и урожайность яровой твердой пшеницы (2006-2010 гг.) , N = 40

| № п/п | Коррелируемые величины | Параметры величин (M ±G) | v % | η _{yx} | F | |
|--|--|-------------------------------------|-------|-----------------|-------|---------------------|
| | | | | | факт. | теор. ₀₁ |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1. | Запас азота в слое почвы 0-30 см, кг/га (x) | $\frac{60,5-215}{147,4 \pm 45,3}$ | 30,77 | - | - | - |
| 2. | Урожайность, т с 1 га (y) | $\frac{0,08-18,5}{11,3 \pm 5,11}$ | 45,2 | 0,906 | 5,31 | 1,76 |
| У = 5,0297 + 0,2236x - 1,1244E-03x ² ± 0,222 т с 1 га, для 82,13% случаев | | | | | | |
| 3. | Запас азота в слое почвы 30-60 см, кг/га (x ₁) | $\frac{50,8-174,2}{121,7 \pm 36,2}$ | 29,77 | - | - | - |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|--|--------------------------------------|-------|-------|------|------|
| 4. | Урожайность, т с 1 га (y_1) | $\frac{4,92-18,92}{11,37 \pm 4,69}$ | 41,23 | 0,839 | 3,20 | 1,76 |
| $Y_1 = 13,2554 + 0,1056x_1 - 9,159E-04x_1^2 \pm 0,262$ т с 1 га, для 70,39% случаев | | | | | | |
| 5. | Запас азота в слое почвы 0-60 см, кг/га (x_2) | $\frac{118,5-382,5}{270,6 \pm 79,9}$ | 29,53 | - | - | - |
| 6. | Урожайность, т с 1 га (y_2) | $\frac{1,12-19,64}{11,31 \pm 4,93}$ | 43,63 | 0,882 | 4,26 | 1,76 |
| $Y_2 = 6,706 + 0,1095x_2 - 3,15E-04x_2^2 \pm 0,239$ т с 1 га, для 77,76% случаев | | | | | | |

Согласно полученным уравнениям наиболее высокая урожайность яровой твёрдой пшеницы формировалась при 99,7 кг/га запасов азота в слое 0-30 см (0,162 т с 1 га), 50,8 кг/га азота в слое 30-60 см (0,162 т с 1 га) и 174 кг/га в слое 0-60 см (0,162 т с 1 га), а наименьшая - (0,114; 0,385 и 0,25 т с 1 га) при 215; 174,2 и 382,5 кг на 1 га (рис. 2).

Связь урожайности яровой твёрдой пшеницы с запасами фосфора в различных слоях почвы была относительно невысока ($\eta_{yx} = 0,633 - 0,704$) (табл. 15). Несколько сильнее она была с запасами фосфора в слое 30-60 см ($\eta_{yx} = 0,704$).

Таблица 15 – Зависимость урожайности яровой твердой пшеницы от запасов фосфора в различных слоях почвы к севу (2006-2010 гг.)

| № п/п | Коррелируемые величины | Параметры величин ($M \pm G$) | v % | η_{yx} | F | |
|---|--|------------------------------------|-------|-------------|-------|---------------------|
| | | | | | факт. | теор. ₀₁ |
| 1. | Запас фосфора в слое почвы 0-30 см, кг/га (x) | $\frac{21-154,6}{106,4 \pm 31,11}$ | 29,23 | - | - | - |
| 2. | Урожайность, т с 1 га (y) | $\frac{9,2-17,74}{11,42 \pm 3,45}$ | 30,20 | 0,682 | 1,77 | 1,46 |
| $Y = -1,378 + 0,2697x - 1,2487E-03x^2 \pm 0,209$ т с 1 га, для 46,58% случаев | | | | | | |
| 3. | Запас фосфора в слое почвы 30-60 см, кг/га (x_1) | $\frac{25,4-116,2}{68,5 \pm 23,4}$ | 34,22 | - | - | - |
| 4. | Урожайность, т с 1 га (y_1) | $\frac{2,2-15,22}{11,61 \pm 2,86}$ | 24,59 | 0,704 | 1,88 | 1,76 |
| $Y_1 = 0,24625 + 0,3742x_1 - 2,6738E-03x_1^2 \pm 0,19$ т с 1 га, для 49,62% случаев | | | | | | |
| 5. | Запас фосфора в слое почвы 0-60 см, кг/га (x_2) | $\frac{72,4-243,9}{178 \pm 46,6}$ | 26,18 | - | - | - |
| 6. | Урожайность, т с 1 га (y_2) | $\frac{1,9-17,36}{11,56 \pm 3,96}$ | 34,31 | 0,633 | 1,58 | 1,46 |
| $Y_2 = -9,539 + 0,2823x_2 - 8,408E-04x_2^2 \pm 0,266$ т с 1 га, для 40,12% случаев | | | | | | |

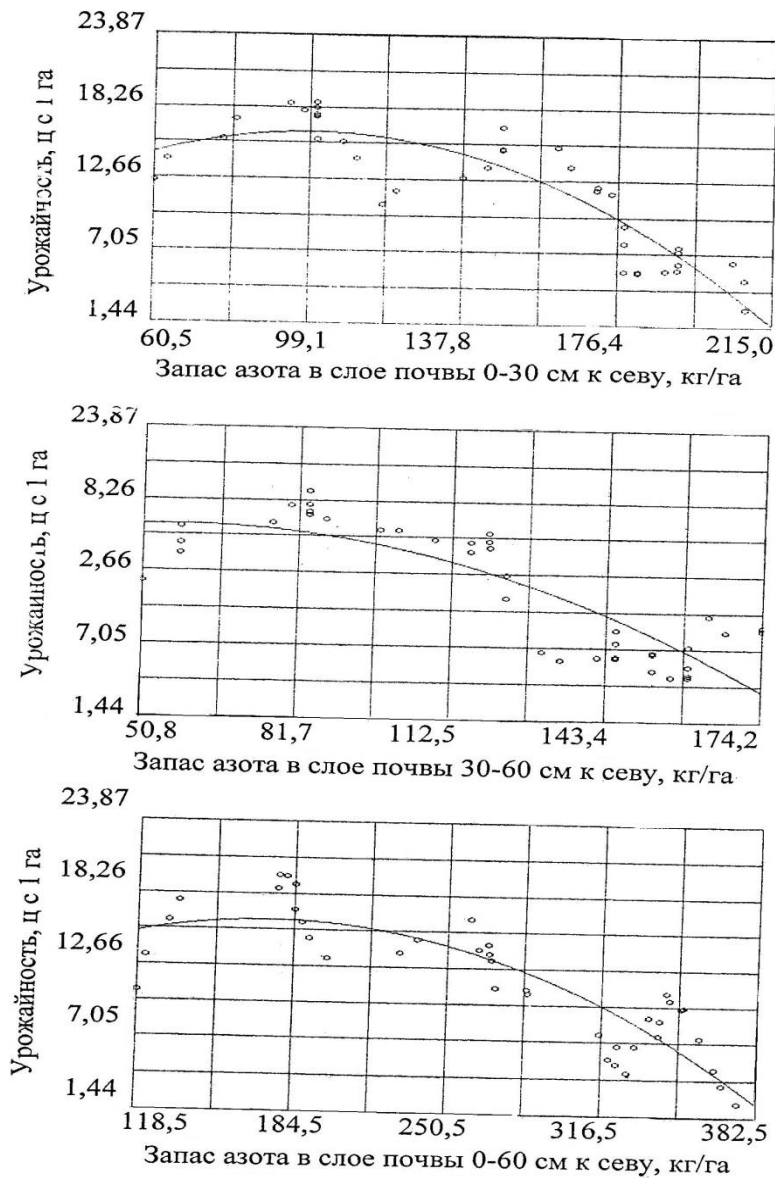


Рис. 2. Запасы азота в почве к севу и урожайность яровой твердой пшеницы

Тем не менее, полученные уравнения связи детерминированы в 40,12-49,62% случаев.

Графический анализ полученных уравнений показывал, что урожайность яровой твёрдой пшеницы возросла с 0,37 т с 1 га до 0,132 т с 1 га при запасах фосфора в слое 0-30 см от 21 до 108,3 кг/га, а затем она упала до 0,845 т с 1 га при увеличении запасов фосфора до 168 кг/га (рис. 3).

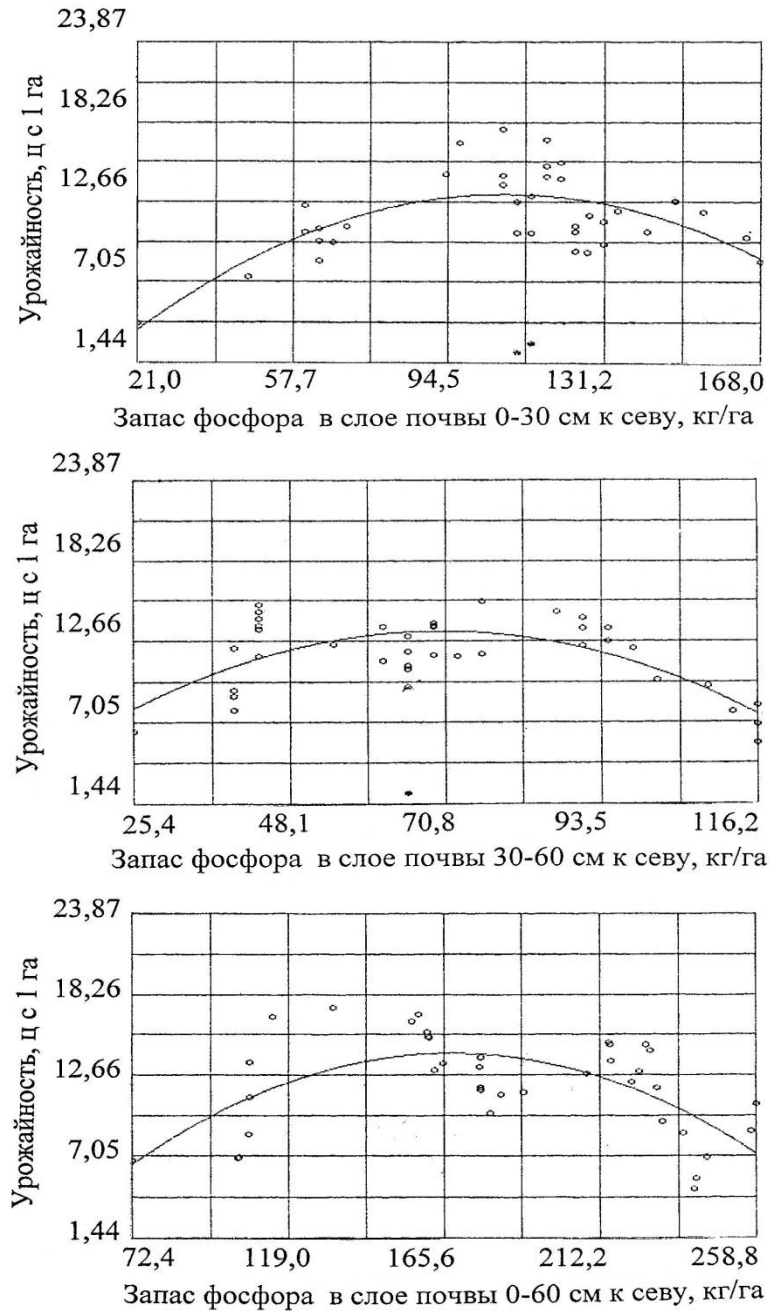


Рис. 3. Запасы фосфора в почве к севу и урожайность яровой твердой пшеницы

В слое 30-60 см при запасах фосфора 25,4 кг/га урожайность составила 0,792 т с 1 га. При их увеличении до 70,1 кг/га урожайность достигла 1,334 т с 1 га, а затем снизилась до 0,763 т с 1 га при 116,2 кг/га.

При запасе фосфора в слое 0-60 см 72,4 кг/га урожайность была на уровне 0,649 т с 1 га, с увеличением их до 167,9 кг / га она достигла 1,416 т с 1 га, а затем снова снизилась до 0,705 т с 1 га при запасе в 258,8 кг/га.

Запасы калия в почве к севу в слое 0-30 см были довольно высокими (800-1122 кг на 1 га). Следствием этого оказалась слабой их связь с урожайностью ($\eta_{yx} = 0,306$). В слое 30-60 см калия содержалось меньше (581-878 кг/га), растения активно использовали их по мере роста корневой системы, поэтому обнаружилась сильная связь ($\eta_{yx} = 0,816$) с запасами калия в этом слое. В категории сильной ($\eta_{yx} = 0,767$) она оказалась и с запасами в слое 0-60 см (табл. 16).

Таблица 16 – Зависимость урожайности яровой твердой пшеницы от запасов калия в различных слоях почвы к севу (2006-2010 гг.)

| № п/п | Коррелируемые величины | Параметры величин (M ± G) | v % | η_{yx} | F | |
|---|--|-----------------------------------|-------|-------------|-------|---------------------|
| | | | | | факт. | теор. ₀₁ |
| 1. | Запас калия в слое почвы 0-30 см, кг/га (x) | $\frac{800-1122}{980 \pm 72,9}$ | 7,44 | - | - | - |
| 2. | Урожайность, т с 1 га (y) | $\frac{7,68-17,1}{11,6 \pm 2,6}$ | 22,5 | 0,306 | 1,04 | 1,46 |
| Функция не удовлетворяет критерию Фишера | | | | | | |
| 3. | Запас калия в слое почвы 30-60 см, кг/га (x ₁) | $\frac{581-878}{704 \pm 58,8}$ | 8,35 | - | - | - |
| 4. | Урожайность, т с 1 га (y ₁) | $\frac{3,44-18,25}{11,4 \pm 4,5}$ | 39,49 | 0,816 | 2,92 | 1,76 |
| $Y_1 = 99,505 - 3,3224x_1^{(0,5)} \pm 0,264$ т с 1 га, для 66,62% случаев | | | | | | |
| 5. | Запас калия в слое почвы 0-60 см, кг/га (x ₂) | $\frac{1424-1794}{1665 \pm 85,3}$ | 5,12 | - | - | - |
| 6. | Урожайность, т с 1 га (y ₂) | $\frac{2,30-20,3}{12,0 \pm 4,16}$ | 34,76 | 0,767 | 2,28 | 1,76 |
| $Y_2 = 129,906 - 0,122x_2 - 3,055E-05x_2^2 \pm 0,19$ т с 1 га, для 58,82% случаев | | | | | | |

Графический анализ полученных уравнений позволил считать, что избыток калия может привести к последовательному снижению урожайности. Так, для слоя 30-60 см при запасах калия 581 кг/га была характерна наибольшая урожайность (1,94 т с 1 га), а по мере их повышения до 874,3 кг/га она упала до 0,126 т с 1 га, что чётко проявилось при нарастании засушливости сезона.

Подобная картина наблюдалась и для слоя 0-60 см. По мере роста запасов калия с 1424 до 1866 кг/га урожайность твёрдой пшеницы понизилась с 1,8 до 0,85 т с 1 га в 58,8% случаев (рис. 4).

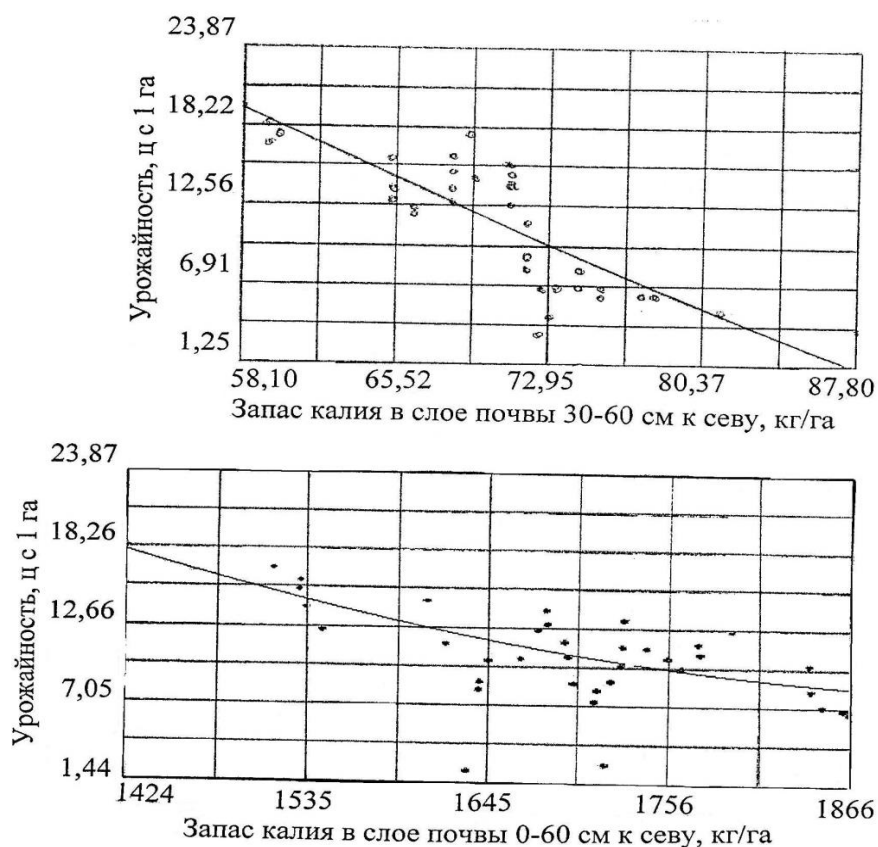


Рис. 4. Запасы калия в почве к севу и урожайность яровой твердой пшеницы

Обобщая изложенные данные, мы приходили к заключению о том, что наибольшую степень связи с урожайностью из изученных элементов питания имели запасы азота в верхнем слое (0-30 см) почвы ($\eta_{yx} = 0,906$), складывающиеся весной перед посевом яровой твердой пшеницы. Связь с его запасами в слое 30-60 см была сильна ($\eta_{yx} = 0,839$), но менее значима. Связи с запасами фосфора вошли в категорию сильных ($\eta_{yx} = 0,704$) лишь по слою 30-60 см, в верхнем слое и по слою 0-60 см они средние ($\eta_{yx} = 0,682$ и $0,633$). Связи с запасами калия были наиболее значимы для слоя 30-60 см ($\eta_{yx} = 0,816$), а затем слоя 0-60 см ($\eta_{yx} = 0,767$).

3.8 Потребление элементов питания растениями яровой твердой пшеницы

3.8.1 Содержание элементов питания в растениях

Представление о потреблении питательных веществ растениями дал анализ их содержания в зерне и соломе яровой твердой пшеницы. Результаты анализа показали, что за период вегетации в её зерне накапливалось в среднем по опыту 2,25% азота с колебаниями по годам и вариантам от 1,80 до 2,48%, а в соломе 0,52% (пределы: 0,31-0,68%) (табл. 17).

На фонах удобрений с азотом среднее его содержание в зерне составило 2,28% и в соломе 0,55%, что соответственно больше, чем на контрольных вариантах на 0,27 и 0,21%.

Среди изученных вариантов наиболее высокое содержание азота в зерне было характерно для $N_{80}P_{260}K_{140}$ (2,4% или + к контролю 0,39%), $N_{80}P_{40}K_{20}$ (2,39% или +0,38%) и $N_{80}P_{80}K_{40}$ (2,39% или +0,38%). В вариантах с дозой 40кг/га азота содержание его в зерне было меньше, а варианты расположились в следующем порядке: $N_{40}P_{40}K_{20}$ —2,28%, $N_{40}P_{40}$ — 2,26%, $N_{40}K_{20}$ — 2,25%, $N_{40}P_{80}K_{20}$ —2,20%. При дозах $N_{20}P_{20}K_{10}$ содержание составило 2,23%, $P_{40}K_{20}$ —2,12% и в контроле — 2,01%.

По содержанию азота в соломе на первых местах оказались также варианты с дозой 80 кг/га: $N_{80}P_{260}K_{140}$, $N_{80}P_{40}K_{20}$ и $N_{80}P_{80}K_{40}$ (по 0,62%). Далее следовали варианты с дозой 40 кг/га: $N_{40}P_{40}K_{20}$ (0,53%), $N_{40}P_{40}$ (0,52%), $N_{40}P_{80}K_{20}$ (0,51%), $N_{40}K_{20}$ (0,49%), $P_{40}K_{20}$ (0,38%) к контролю (0,34%).

При дозе $N_{20}P_{20}K_{10}$ содержание азота в соломе приблизилось к содержанию его в лучших вариантах (0,61%), что свидетельствует о неполной передаче азота из соломы в зерно.

Содержание фосфора в зерне яровой твердой пшеницы изменялось по вариантам за годы опытов от 0,10 до 0,22% при среднем значении по опыту 0,17%. На удобренных вариантах в среднем оно составило 0,18% или было выше, чем в контроле, на 0,06 % (табл. 18).

Наибольшим содержанием фосфора выделились варианты с внесением его дозы в запас и 80 кг/га (0,21-0,20 и 0,20%), затем следовали варианты с 40 кг/га фосфора: $N_{40}P_{40}$; $P_{40}K_{20}$, $N_{40}P_{40}K_{20}$ (по 0,17%) и $N_{80}P_{40}K_{20}$ (0,16%). В варианте $N_{20}P_{20}K_{10}$ оно составило 0,18%, на фоне $N_{40}K_{20}$ — 0,13% и в контроле — 0,12%.

Солома оказалась более насыщенной фосфором, чем зерно. Содержание его здесь достигло 1% (0,83 – 1,2%). Удобренные фосфором варианты в парных и

тройных сочетаниях превысили контроль по содержанию фосфора в соломе на 0,07%.

Таблица 17 – Содержание общего азота в зерне и соломе яровой твердой пшеницы при вегетации её на разных фонах минерального удобрения, %

| № п/п | Доза удобрения, кг д.в. на 1 га | Содержание в зерне, % по годам | | | | Содержание за 4 года | Содержание в соломе, % по годам | | | | Содержание за 4 года |
|--------------------------------|--|-----------------------------------|---------|---------|---------|-------------------------|------------------------------------|---------|---------|---------|-------------------------|
| | | 2006 г. | 2008 г. | 2009 г. | 2010 г. | | 2006 г. | 2008 г. | 2009 г. | 2010 г. | |
| 1 | Контроль | 2,14 | 2,08 | 1,80 | 2,00 | 2,01 | 0,33 | 0,31 | 0,34 | 0,36 | 0,34 |
| 2 | N ₄₀ P ₄₀ | 2,40 | 2,28 | 2,04 | 2,30 | 2,26 | 0,59 | 0,42 | 0,44 | 0,65 | 0,52 |
| 3 | N ₄₀ K ₂₀ | 2,38 | 2,34 | 2,02 | 2,25 | 2,25 | 0,44 | 0,42 | 0,45 | 0,64 | 0,49 |
| 4 | P ₄₀ K ₂₀ | 2,12 | 2,29 | 1,84 | 2,22 | 2,12 | 0,36 | 0,34 | 0,39 | 0,49 | 0,38 |
| 5 | N ₄₀ P ₄₀ K ₂₀ | 2,42 | 2,30 | 2,05 | 2,35 | 2,28 | 0,58 | 0,44 | 0,45 | 0,65 | 0,53 |
| 6 | N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀ | 2,46 | 2,43 | 2,22 | 2,44 | 2,39 | 0,60 | 0,58 | 0,62 | 0,68 | 0,62 |
| 7 | N ₂₀ P ₂₀ K ₁₀ | 2,33 | 2,30 | 2,00 | 2,28 | 2,23 | 0,57 | 0,60 | 0,63 | 0,64 | 0,61 |
| 8 | N ₈₀ P ₄₀ K ₂₀ | 2,48 | 2,40 | 2,20 | 2,48 | 2,39 | 0,60 | 0,58 | 0,62 | 0,67 | 0,62 |
| 9 | N ₄₀ P ₈₀ K ₂₀ | 2,28 | 2,25 | 2,02 | 2,24 | 2,20 | 0,47 | 0,49 | 0,40 | 0,63 | 0,51 |
| 10 | N ₈₀ P ₂₆₀ K ₁₄₀ (в запас) | 2,46 | 2,44 | 2,22 | 2,48 | 2,40 | 0,58 | 0,60 | 0,64 | 0,68 | 0,62 |
| Среднее по опыту | | 2,35 | 2,31 | 2,04 | 2,30 | 2,25 | 0,51 | 0,48 | 0,50 | 0,61 | 0,52 |
| Среднее по удобренным фонам | | 2,37 | 2,34 | 2,07 | 2,33 | 2,28 | 0,53 | 0,50 | 0,52 | 0,64 | 0,55 |
| ± к контролю | % | +0,23 | +0,26 | +0,27 | +0,33 | +0,27 | +0,20 | +0,19 | +0,18 | +0,28 | +0,21 |

Таблица 18 – Содержание фосфора в зерне и соломе яровой твердой пшеницы при вегетации её на разных фонах минерального удобрения, %.

| № п/п | Доза удобрения, кг д.в. на 1 га | Содержание в зерне, % по годам | | | | Содержание за 4 года | Содержание в соломе, % по годам | | | | Содержание за 4 года |
|-----------------------------|--|--------------------------------|---------|---------|---------|----------------------|---------------------------------|---------|---------|---------|----------------------|
| | | 2006 г. | 2008 г. | 2009 г. | 2010 г. | | 2006 г. | 2008 г. | 2009 г. | 2010 г. | |
| 1 | Контроль | 0,10 | 0,12 | 0,11 | 0,14 | 0,12 | 0,83 | 0,94 | 0,95 | 1,00 | 0,93 |
| 2 | N ₄₀ P ₄₀ | 0,16 | 0,18 | 0,15 | 0,18 | 0,17 | 0,90 | 1,01 | 1,03 | 1,11 | 1,01 |
| 3 | N ₄₀ K ₂₀ | 0,12 | 0,14 | 0,12 | 0,15 | 0,13 | 0,85 | 0,53 | 0,95 | 1,00 | 0,93 |
| 4 | P ₄₀ K ₂₀ | 0,16 | 0,17 | 0,16 | 0,19 | 0,17 | 0,89 | 1,02 | 0,96 | 1,10 | 0,99 |
| 5 | N ₄₀ P ₄₀ K ₂₀ | 0,16 | 0,18 | 0,15 | 0,18 | 0,17 | 0,91 | 1,03 | 1,03 | 1,12 | 1,02 |
| 6 | N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀ | 0,18 | 0,22 | 0,16 | 0,22 | 0,20 | 0,91 | 1,00 | 0,96 | 1,20 | 1,02 |
| 7 | N ₂₀ P ₂₀ K ₁₀ | 0,17 | 0,18 | 0,16 | 0,19 | 0,18 | 0,93 | 1,02 | 1,04 | 1,20 | 1,05 |
| 8 | N ₈₀ P ₄₀ K ₂₀ | 0,16 | 0,17 | 0,15 | 0,18 | 0,16 | 0,88 | 1,01 | 1,00 | 1,12 | 1,00 |
| 9 | N ₄₀ P ₈₀ K ₂₀ | 0,18 | 0,21 | 0,21 | 0,21 | 0,20 | 0,89 | 1,02 | 0,97 | 1,12 | 1,00 |
| 10 | N ₈₀ P ₂₆₀ K ₁₄₀ (в запас) | 0,19 | 0,22 | 0,20 | 0,22 | 0,21 | 0,94 | 1,08 | 1,01 | 1,22 | 1,06 |
| Среднее по опыту | | 0,16 | 0,18 | 0,16 | 0,19 | 0,17 | 0,89 | 0,97 | 0,99 | 1,12 | 1,00 |
| Среднее по удобренным фонам | | 0,17 | 0,19 | 0,16 | 0,20 | 0,18 | 0,90 | 0,97 | 0,99 | 1,13 | 1,00 |
| ± к контролю | % | +0,07 | +0,07 | +0,05 | +0,06 | +0,06 | +0,07 | +0,03 | +0,04 | +0,13 | +0,07 |

Больше других его содержала солома с вариантов: $N_{80}P_{260}K_{140}$, (1,06%) и $N_{20}P_{20}K_{10}$ (1,05%). После них следовали $N_{80}P_{80}K_{40}$, $N_{40}P_{40}K_{20}$ (по 1,02%), $N_{40}P_{40}$ (1,01%), $N_{80}P_{40}K_{20}$ и $N_{40}P_{80}K_{20}$ (по 1,0%), $P_{40}K_{20}$ (0,99%), $N_{40}K_{20}$ и контроль (по 0,93%), что свидетельствовало об отсутствии четкой закономерности влияния внесенных доз фосфора на этот показатель.

Содержание калия в зерне яровой твердой яровой пшеницы составило 0,41%, в среднем по опыту при колебаниях по вариантам в разные годы от 0,26 до 0,57%. (табл. 19).

Удобрённые варианты в среднем превышали контроль на 0,03%. Несколько больше других содержало калия зерно с вариантов: $N_{80}P_{80}K_{40}$ (0,43%), $N_{80}P_{260}K_{140}$, $N_{40}P_{40}K_{20}$, $P_{40}K_{20}$ (по 0,42%). Превышение контроля здесь составило 0,05-0,04%.

Варианты: $N_{40}P_{80}K_{20}$, $N_{80}P_{40}K_{20}$, $N_{40}K_{20}$, $N_{20}P_{20}K_{10}$ и $N_{40}P_{40}$ содержали его на 0,02-0,03% больше, чем контроль (0,38%) и мало различались между собой.

Солома содержала калия в себе, в среднем по опыту, 1,37% (0,86-2,04%), а по удобрённым вариантам 1,40% или выше, чем в контроле на 0,34%.

Заметнее всех выделилась по содержанию калия солома с вариантов: $N_{80}P_{80}K_{40}$ (1,54%) и $N_{80}P_{260}K_{140}$ (1,49%). В остальных вариантах превышение над контролем было также существенным. Содержание в них составляло от 1,42 до 1,28%, тогда как солома контрольного варианта имела его на уровне 1,06%. Заметим, что и здесь не было четкого закономерности влияния доз калия 10-20 кг/га.

Таким образом, яровая твердая пшеница по-разному потребляла различные элементы питания. В зерне накапливалось больше всего азота (2,25%) и меньше всего фосфора (0,17%). Калий занял промежуточное положение (0,41%).

В соломе же азота содержалось меньше всего (0,52%), фосфора – почти вдвое больше (1%), а калия – наибольшее количество (1,37%).

Удобрения способствовали накоплению всех элементов питания в зерне и соломе. Но более четкая реакция на дозы питания проявилась по накоплению азота и фосфора в зерне.

Таблица 19 – Содержание калия в зерне и соломе яровой твердой пшеницы при вегетации её на разных фонах минерального удобрения, %

| № п/п | Доза удобрения, кг д.в. на 1 га | Содержание в зерне, % по годам | | | | Содержание за 4 года | Содержание в соломе, % по годам | | | | Содер- жание за 4 года |
|--------------------------------|--|-----------------------------------|---------|---------|---------|-------------------------|------------------------------------|---------|---------|---------|------------------------------|
| | | 2006 г. | 2008 г. | 2009 г. | 2010 г. | | 2006 г. | 2008 г. | 2009 г. | 2010 г. | |
| 1 | Контроль | 0,26 | 0,43 | 0,33 | 0,48 | 0,38 | 1,32 | 0,86 | 0,97 | 1,10 | 1,06 |
| 2 | N ₄₀ P ₄₀ | 0,30 | 0,46 | 0,34 | 0,52 | 0,41 | 1,84 | 0,98 | 1,10 | 1,75 | 1,42 |
| 3 | N ₄₀ K ₂₀ | 0,29 | 0,46 | 0,33 | 0,54 | 0,41 | 1,73 | 0,96 | 0,98 | 1,65 | 1,33 |
| 4 | P ₄₀ K ₂₀ | 0,31 | 0,48 | 0,35 | 0,54 | 0,42 | 1,82 | 1,06 | 1,12 | 1,65 | 1,41 |
| 5 | N ₄₀ P ₄₀ K ₂₀ | 0,30 | 0,47 | 0,35 | 0,55 | 0,42 | 1,85 | 0,97 | 1,10 | 1,70 | 1,41 |
| 6 | N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀ | 0,31 | 0,48 | 0,36 | 0,57 | 0,43 | 2,04 | 1,12 | 1,22 | 1,80 | 1,54 |
| 7 | N ₂₀ P ₂₀ K ₁₀ | 0,30 | 0,44 | 0,36 | 0,55 | 0,41 | 1,72 | 1,08 | 1,11 | 1,64 | 1,39 |
| 8 | N ₈₀ P ₄₀ K ₂₀ | 0,29 | 0,43 | 0,36 | 0,52 | 0,40 | 1,65 | 1,07 | 1,12 | 1,63 | 1,37 |
| 9 | N ₄₀ P ₈₀ K ₂₀ | 0,28 | 0,44 | 0,36 | 0,52 | 0,40 | 1,45 | 1,06 | 1,12 | 1,50 | 1,28 |
| 10 | N ₈₀ P ₂₆₀ K ₁₄₀ (в запас) | 0,31 | 0,45 | 0,37 | 0,56 | 0,42 | 1,88 | 1,08 | 1,23 | 1,78 | 1,49 |
| Среднее по опыту | | 0,29 | 0,45 | 0,35 | 0,53 | 0,41 | 1,73 | 1,02 | 1,11 | 1,62 | 1,37 |
| Среднее по удобренным фонам | | 0,29 | 0,45 | 0,35 | 0,54 | 0,41 | 1,78 | 1,04 | 1,12 | 1,68 | 1,40 |
| ± к контролю | % | +0,03 | +0,02 | +0,02 | +0,06 | +0,03 | +0,46 | +0,18 | +0,15 | +0,58 | +0,34 |

3.8.2 Вынос элементов питания с урожаем

Вынос элементов питания с урожаем зерна и соломы складывался неоднозначно в связи с условиями лет и дозами примененных удобрений.

Вынос азота с урожаем зерна с 1 га в среднем по опыту за 4 года составил 23,8 кг при варьировании по годам и вариантам от 3,4 до 47,6 кг (табл. 20, прил. 19). Наибольшим он был в благоприятном 2008 году (40,1 кг/га), а самым незначительным в экстремально засушливом 2010 году (4,8 кг/га).

Удобренные варианты с внесением азота в составе удобрений в среднем по опыту превысили по выносу контроль на 7,3 кг/га или 43%.

Наиболее высокий вынос азота с урожаем зерна был обнаружен на фоне вариантов: $N_{40}P_{40}$ (27,8 кг/га), $N_{40}P_{40}K_{20}$ (25,8 кг/га) и $N_{80}P_{80}K_{40}$ (24,7 кг/га). Здесь он превзошел вынос контроля на 10,8-8,8-7,7 кг/га. В остальных вариантах превышение составило 6,1-7,4 кг/га.

Вынос азота с урожаем соломы в среднем по опыту был равен 13,6 кг/га (5,8-26,6 кг/га). Удобренные варианты имели его на уровне 14,4 кг/га, что выше контроля на 7 кг/га.

Все удобренные варианты обеспечили более высокий вынос азота, чем в контроле. Наиболее же заметное превышение выявлено по вариантам:

$N_{80}P_{80}K_{40}$ (+11,4 кг/га), $N_{20}P_{20}K_{10}$ (+8,6 кг/га), $N_{40}P_{40}K_{20}$ (+7,2 кг/га) и $N_{80}P_{260}K_{140}$ (+7,2 кг/га).

Вынос азота с урожаем соломы по остальным вариантам превысил контроль на 3,2-6,9 кг/га.

Суммарный (общий) вынос азота с урожаем зерна и соломы в среднем по опыту составил 36,5 кг/га (9,0-68,5 кг/га).

На удобренных вариантах он был в среднем выше, чем в контроле, на 13,5 кг/га или 55,6%. Среди удобренных вариантов наибольший вынос обнаружен на фонах: $N_{80}P_{80}K_{40}$ (43,5 кг/га), $N_{40}P_{40}K_{20}$ (40,4 кг/га), $N_{40}P_{40}$ (39 кг/га) и $N_{20}P_{20}K_{10}$ (39,8 кг/га). По остальным вариантам вынос азота составил 34,6-38,7 кг/га, а на контроле -24,3 кг/га.

Таблица 20 – Вынос элементов питания с урожаем зерна и соломы яровой твердой пшеницы на разных фонах минерального удобрения, кг с 1 га (средний за 2006, 2008-2010 гг.)

| № п/п | Доза удобрения, кг д.в. на 1 га | Вынос азота | | | Вынос фосфора | | | Вынос калия | | | |
|--------------------------------|--|-------------|---------|-------|---------------|---------|-------|-------------|---------|-------|-------|
| | | зерном | соломой | Всего | зерном | соломой | Всего | зерном | соломой | Всего | |
| 1 | Контроль | 17,0 | 7,4 | 24,3 | 7,7 | 2,6 | 9,3 | 3,0 | 23,6 | 26,5 | |
| 2 | N ₄₀ P ₄₀ | 27,8 | 14,2 | 39,0 | 10,8 | 4,5 | 15,3 | 4,7 | 39,9 | 44,6 | |
| 3 | N ₄₀ K ₂₀ | 23,6 | 12,2 | 35,8 | 9,5 | 3,4 | 12,9 | 3,4 | 35,0 | 38,4 | |
| 4 | P ₄₀ K ₂₀ | 27,0 | 10,6 | 32,6 | 11,0 | 4,8 | 15,8 | 4,5 | 40,2 | 44,7 | |
| 5 | N ₄₀ P ₄₀ K ₂₀ | 25,8 | 14,6 | 40,4 | 11,4 | 4,6 | 16,0 | 4,5 | 39,6 | 44,1 | |
| 6 | N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀ | 24,7 | 18,8 | 43,5 | 10,1 | 6,0 | 16,1 | 4,2 | 48,0 | 52,2 | |
| 7 | N ₂₀ P ₂₀ K ₁₀ | 23,8 | 16,0 | 39,8 | 10,5 | 4,6 | 15,1 | 4,0 | 37,8 | 42,0 | |
| 8 | N ₈₀ P ₄₀ K ₂₀ | 24,4 | 14,3 | 38,7 | 10,1 | 3,9 | 13,9 | 3,8 | 32,4 | 36,2 | |
| 9 | N ₄₀ P ₈₀ K ₂₀ | 24,1 | 13,6 | 37,6 | 10,7 | 5,4 | 16,1 | 4,2 | 34,5 | 38,6 | |
| 10 | N ₈₀ P ₂₆₀ K ₁₄₀ (в запас) | 23,1 | 14,6 | 37,7 | 10,1 | 4,9 | 15,4 | 4,0 | 33,6 | 37,6 | |
| Среднее по опыту | | 23,8 | 13,6 | 36,5 | 10,2 | 4,4 | 14,6 | 4,0 | 36,5 | 40,5 | |
| Среднее по удобренным фонам | | 24,3 | 14,4 | 37,8 | 10,5 | 4,6 | 15,1 | 4,1 | 37,9 | 42,0 | |
| ± к контролю | | кг | +7,3 | +7,0 | +13,5 | +2,8 | +2,0 | +5,3 | +1,1 | +14,3 | +15,5 |
| | | % | 43,0 | 94,6 | 55,6 | 36,4 | 76,9 | 54,4 | 36,7 | 60,6 | 58,7 |

Вынос фосфора с урожаем зерна изменялся по опыту в связи с условиями года и дозой удобрения от 1,7 до 21,1 кг/га при средней величине 10,2 кг/га.

На фоне удобренных вариантов вынос фосфора с зерном был в среднем выше на 2,8 кг/га или 36,4%. Среди вариантов повышенным выносом фосфора отличались следующие: $N_{40}P_{40}K_{20}$ (11,4 кг/га), $N_{40}K_{20}$ (11 кг/га), $N_{40}P_{40}$ (10,8 кг/га) и $N_{40}P_{80}K_{20}$ (10,7 кг/га), в которых он был выше по сравнению с контролем на 3,7-3,0 кг/га. Далее следуют варианты: $N_{20}P_{20}K_{10}$ (10,5 кг/га), $N_{80}P_{260}K_{140}$ (10,1 кг/га), $N_{80}P_{40}K_{20}$ (10,1 кг/га), $N_{80}P_{80}K_{40}$ (10,1 кг/га) и $N_{40}K_{20}$ (9,5 кг/га) при контроле – 7,7 кг/га (прил. 20).

Вынос фосфора с урожаем соломы оказался ниже, чем с урожаем зерна более чем в два раза и составил в среднем по опыту 4,4 кг/га ($1,9 \div 8,7$ кг/га). При этом удобренные варианты превысили контроль по выносу фосфора на 2 кг/га или 76,9%.

Из изученных вариантов повышенным выносом фосфора выделились $N_{80}P_{80}K_{40}$ (6,0 кг/га), $N_{40}P_{80}K_{20}$ (5,4 кг/га), $N_{80}P_{260}K_{140}$ (4,9 кг/га) и $P_{40}K_{20}$ (4,8 кг/га). Они превысили контроль на 4,0 – 2,8 кг/га. В вариантах: $N_{40}P_{40}$, $N_{40}P_{40}K_{20}$, $N_{20}P_{20}K_{10}$ вынос был ниже (4,5-4,6 кг/га), а на фонах: $N_{80}P_{40}K_{20}$ и $N_{40}K_{20}$ самым низким (3,9 и 3,4 кг/га), но выше чем в контроле.

В контроле он был равен 2,6 кг/га.

Общий вынос фосфора с зерном и соломой в среднем по опыту был равен 14,6 кг/га ($4,0 \div 23,7$ кг/га). Удобренные варианты в среднем имели общий вынос фосфора на 4,8 кг/га или 46,6% выше, чем контрольный.

Повышенным общим выносом фосфора отличились фоны: $N_{40}P_{80}K_{40}$, $N_{80}P_{80}K_{40}$, $N_{40}P_{40}K_{20}$ и $P_{40}K_{20}$ (16,1 – 15,8 кг/га).

Варианты: $N_{80}P_{260}K_{140}$ (15,4 кг/га), $N_{40}P_{40}$ (15,3 кг/га), и $N_{20}P_{20}K_{10}$ (15,1 кг/га) заняли среднее положение, а $N_{80}P_{40}K_{20}$ (13,9 кг/га), $N_{40}K_{20}$ (12,9 кг/га) имели наименьший вынос, но в контроле, он был самым низким (10,3 кг/га).

Вынос калия с урожаем зерна яровой твердой пшеницы в среднем по опыту был на уровне 4 кг/га ($0,7 \div 8,8$ кг/га). В благоприятный год (2008) он составил

7,7 кг/га, в экстремально засушливом (2010) году лишь 1,1 кг/га. Удобренные варианты имели более высокий (на 1,1 кг/га или 36,7%) вынос калия (прил. 21).

Среди же всего набора изученных вариантов более высоким выносом калия отличались фоны: $N_{40}P_{40}$ (4,7 кг/га), $P_{40}K_{20}$ (4,5 кг/га), $N_{40}P_{40}K_{20}$ (4,5 кг/га). Вынос калия с урожаем зерна на вариантах: $N_{80}P_{80}K_{40}$, $N_{40}P_{80}K_{20}$, $N_{80}P_{260}K_{140}$ и $N_{20}P_{20}K_{10}$ был несколько ниже (4,2-4,0 кг/га), в варианте $N_{80}P_{40}K_{20}$ он понизился до 3,8 кг/га, на фоне $N_{40}K_{20}$ до 3,4 кг/га, а в контроле до 3 кг/га. При этом не просматривалось закономерности влияния доз внесенного калия на величину его выноса.

Вынос калия с урожаем соломы яровой твердой пшеницы был в 9,1 раз выше, чем с урожаем зерна и достигает в среднем по опыту 36,5 кг/га ($14,6 \div 90,4$ кг/га). На фоне удобрённых вариантов в среднем вынос калия был выше на 14,3 кг/га или 60,6% выше, чем на контроле.

Наиболее высокий вынос был характерен для вариантов: $N_{80}P_{80}K_{40}$ (48 кг/га), $P_{40}K_{20}$ (40,2 кг/га), $N_{40}P_{40}K_{20}$ (39,6 кг/га) и $N_{40}P_{40}$ (39,9 кг/га). За ними следовал $N_{20}P_{20}K_{10}$ (37,8 кг/га), $N_{40}K_{20}$ (35 кг/га), $N_{40}P_{80}K_{20}$ (34,5 кг/га), а самый низкий вынос имели $N_{80}P_{260}K_{140}$ (33,6 кг/га), $N_{80}P_{40}K_{20}$ (32,4 кг/га). Тем не менее, он выше, чем в контрольном варианте (23,6 кг/га).

Общий вынос калия из почвы составил в среднем по опыту 40,5 кг/га ($15,3 \div 94,5$ кг/га). Удобрённые фоны в среднем превосходили контроль на 15,5 кг/га или 58,7%. Среди изученных вариантов пять: $N_{80}P_{80}K_{40}$ (52,2 кг/га), $P_{40}K_{20}$ (44,7 кг/га), $N_{40}P_{40}K_{20}$ (44,1 кг/га) выделились наибольшим общим выносом. Остальные варианты: $N_{40}P_{80}K_{20}$ (38,6 кг/га), $N_{40}K_{20}$ (38,4/га), $N_{80}P_{260}K_{140}$ (37,6 кг/га) и $N_{80}P_{40}K_{20}$ (36,2 кг/га) отличались меньшим общим выносом калия, но он был выше контрольного варианта (26,5 кг/га).

3.8.3 Баланс питательных веществ при возделывании яровой твердой пшеницы

Сопоставление приходной и расходной части основных элементов питания яровой твердой пшеницы показало, что их баланс при внесении различных доз минерального удобрения в разных сочетаниях складывается неоднозначно.

По данным за 4 года опытов (2006-2010 гг.) положительный баланс азота зафиксирован при возделывании яровой твердой пшеницы на фонах: $N_{80}P_{260}K_{140}$ (+55,6 кг/га), $N_{80}P_{40}K_{20}$ (+59,1 кг/га) и $N_{80}P_{80}K_{40}$ (+49,8 кг/га) (табл. 21). При снижении дозы внесенного азота до 40 кг д.в. на 1 га в составе парных и тройных сочетаний с другими элементами величина положительного баланса по азоту снизилась в вариантах: $N_{40}K_{20}$ до 17,5 кг/га, $N_{40}P_{80}K_{20}$ – 15,7 кг/га, $N_{40}P_{40}$ – 14,3 кг/га и $N_{40}P_{40}K_{20}$ до 12,9 кг/га.

При снижении дозы азота до 20 кг д.в. на 1 га сложился отрицательный баланс на уровне – 6,5 кг/га, в контроле он был равен – 11 кг/га, а на фоне $P_{40}K_{20}$ увеличивался до – 19,3 кг/га. Подобные закономерности прослеживались в течении 3 средних, благоприятных и слабозасушливых лет. Лишь в экстремально засушливом 2010 году во всех вариантах опыта (в т.ч. и на контроле) он был положительным и в среднем достиг + 40,78 кг/га.

Таблица 21 – Баланс азота при возделывании яровой твердой пшеницы Оренбургская 21 на разных фонах минерального удобрения (средний за 2006-2010 гг.), кг на 1 га

| Вариант | Вынос азота с урожаем | Внесено азота с удобрениями | Поступление с семенами, бактериями и осадками | Общий приход | Баланс азота, ± | |
|-------------------------------------|-----------------------|-----------------------------|---|--------------|-----------------|-------|
| Контроль | 24,3 | - | 13,3 | 13,3 | -11,0 | |
| $N_{40}P_{40}$ | 39,0 | 40 | 13,3 | 53,3 | +14,3 | |
| $N_{40}K_{20}$ | 35,8 | 40 | 13,3 | 53,3 | +17,5 | |
| $P_{40}K_{20}$ | 32,6 | - | 13,3 | 13,3 | -19,3 | |
| $N_{40}P_{40}K_{20}$ | 40,4 | 40 | 13,3 | 53,3 | +12,9 | |
| $N_{80}P_{80}K_{40}$ | 43,5 | 80 | 13,3 | 93,3 | +49,8 | |
| $N_{20}P_{20}K_{10}$ | 39,8 | 20 | 13,3 | 33,3 | -6,5 | |
| $N_{80}P_{40}K_{20}$ | 34,2 | 80 | 13,3 | 93,3 | +59,1 | |
| $N_{40}P_{80}K_{20}$ | 37,6 | 40 | 13,3 | 53,3 | +15,7 | |
| $N_{80}P_{260}K_{140}$ (в запас) | 37,7 | 80 | 13,3 | 93,3 | +55,6 | |
| Средний по опыту | 36,49 | 42,0 | 13,3 | 55,3 | +18,81 | |
| Средний по удобрённым фонам | 38,50 | 52,5 | 13,3 | 65,8 | +27,30 | |
| ± к контролю | кг/га | +14,2 | 13,3 | ±0,0 | +52,5 | +38,3 |
| | % | 58,4 | 525 | 0,0 | 394,7 | 348,2 |

Почвы центра Оренбургского Предуралья обеднены фосфором. В связи с этим, здесь считается целесообразным обязательное внесение фосфорных удобрений, чтобы поддерживать плодородие. По нашим данным положительный баланс фосфора в среднем за 4 года исследований обеспечивался при внесении его в запас (вариант – $N_{80}P_{260}K_{140}$). Здесь он был равен +246,4 кг/га.

В среднем же по опыту он был равен +46,74 кг/га (+37,86 - +56,11 кг/га). Удобрённые варианты с применением фосфора позволили увеличить положительный баланс до 60,98 кг/га или на 69,88 кг/га по сравнению с контролем (табл. 22).

Среди изученных вариантов удобрений, кроме $N_{80}P_{260}K_{140}$, значительный положительный баланс обеспечили два варианта: $N_{40}P_{80}K_{20}$ (+65,3 кг/га) и $N_{80}P_{80}K_{40}$ (+65,3 кг/га), т.е с дозой внесения 80 кг д.в. на 1 га фосфора.

Таблица 22 – Баланс фосфора при возделывании яровой твердой пшеницы Оренбургская 21 на разных фонах минерального удобрения (средний за 2006-2010 гг.), кг на 1 га

| Вариант | Вынос фосфора с урожаем | Внесено фосфора с удобрениями | Поступление с семенами, бактериями и осадками | Поступило в почву- всего | Баланс фосфора, ± | |
|-------------------------------------|-------------------------|-------------------------------|---|--------------------------|-------------------|--------|
| Контроль | 10,3 | 0 | 1,4 | 1,4 | -8,9 | |
| $N_{40}P_{40}$ | 15,3 | 40 | 1,4 | 41,4 | +26,1 | |
| $N_{40}K_{20}$ | 12,9 | 0 | 1,4 | 1,4 | -11,5 | |
| $P_{40}K_{20}$ | 15,8 | 40 | 1,4 | 41,4 | +25,6 | |
| $N_{40}P_{40}K_{20}$ | 16,0 | 40 | 1,4 | 41,4 | +25,4 | |
| $N_{80}P_{80}K_{40}$ | 16,1 | 80 | 1,4 | 81,4 | +65,3 | |
| $N_{20}P_{20}K_{10}$ | 15,1 | 20 | 1,4 | 21,4 | +6,3 | |
| $N_{80}P_{40}K_{20}$ | 14,0 | 40 | 1,4 | 41,4 | +27,4 | |
| $N_{40}P_{80}K_{20}$ | 16,1 | 80 | 1,4 | 81,4 | +65,3 | |
| $N_{80}P_{260}K_{140}$ (в запас) | 15,0 | 260 | 1,4 | 261,4 | +246,4 | |
| Средний по опыту | 14,66 | 60 | 1,4 | 61,4 | +46,74 | |
| Средний по удобрённым фонам | 15,42 | 75 | 1,4 | 76,4 | +60,98 | |
| ± к контролю | кг/га | +5,12 | +75 | ± 0 | +75 | +69,88 |
| | % | 49,7 | 750 | 0,00 | 535,7 | 785,2 |

При использовании дозы 40 кг д.в. на 1 га в вариантах: $N_{80}P_{40}K_{20}$, $N_{40}P_{40}$, $P_{40}K_{20}$, $N_{40}P_{40}K_{20}$ положительный баланс по фосфору сложился в пределах – 27,4÷25,4 кг/га.

При этом в последних 4 вариантах положительный баланс по годам складывался на уровне 15,8-21,4 кг/га в благоприятный (2008) до 35,0-36,7 кг/га в экстремально засушливый (2010) год. В остальные (2006, 2009) годы он был на уровне 22,3-24,8 и 26,4-28,2 кг/га.

Снижение дозы фосфора до 20 кг/га (вариант $N_{20}P_{20}K_{10}$) в среднем обеспечило баланс на уровне +6,3 кг/га с колебаниями по годам от -0,5 до +16,7 кг/га.

В контроле баланс фосфора в среднем сложился отрицательным (-8,9 кг/га), что проявилось ежегодно (от – 15,4 до - 2,6 кг/га). Ещё хуже сложился баланс фосфора в варианте $N_{40}K_{20}$. Среднее его значение составило – 11,5 кг/га, а по годам от – 18,6 до -3,7 кг/га.

Баланс калия складывался, как правило, отрицательным, что объясняется невысокими дозами его внесения.

В среднем за 4 года исследований баланс калия по опыту сложился отрицательным и был равен – 10,9 кг/га (табл. 23).

На всех удобренных вариантах, кроме $N_{80}P_{260}K_{140}$, он колебался в пределах от – 11,6 до – 44,0 кг/га.

Наиболее значительную величину отрицательного баланса калия мы отметили в вариантах: $N_{40}P_{40}$ (- 44 кг/га) и $N_{20}P_{20}K_{10}$ (-31,2 кг/га), затем следует контроль (-26,0 кг/га), $P_{40}K_{20}$ (-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). Самым меньшим сложился отрицательный баланс (- 11,6 кг/га) в варианте $N_{80}P_{80}K_{40}$.

При этом отрицательный баланс калия во все годы был в большинстве вариантов. Лишь при внесении $N_{80}P_{260}K_{140}$, где калий был внесен в запас, он ежегодно был положительным.

В варианте $N_{80}P_{80}K_{40}$ в течение 2 лет он также оказался положительным, хотя и с небольшим превышением над выносом (+4,9 и 14,6 кг/га) в засушливые годы.

Таблица 23 – Баланс калия при возделывании яровой твердой пшеницы
Оренбургская 21 на разных фонах минерального удобрения
(средний за 2006-2010 гг.), кг на 1 га

| Вариант | Вынос калия зерном | Вынос калия соломой | Вынос калия зерном и соломой | Внесено калия с удобрениями | Внесено калия с семенами | Всего внесено калия, | Баланс калия, ± | |
|--|--------------------|---------------------|------------------------------|-----------------------------|--------------------------|----------------------|-----------------|--------|
| Контроль | 3,0 | 23,6 | 26,6 | 0 | 0,6 | 0,6 | -26,0 | |
| N ₄₀ P ₄₀ | 4,7 | 39,9 | 44,6 | 0 | 0,6 | 0,6 | -44,0 | |
| N ₄₀ K ₂₀ | 3,4 | 35,0 | 38,4 | 20 | 0,6 | 20,6 | -17,8 | |
| P ₄₀ K ₂₀ | 4,5 | 40,3 | 44,8 | 20 | 0,6 | 20,6 | -24,2 | |
| N ₄₀ P ₄₀ K ₂₀ | 4,5 | 39,6 | 44,1 | 20 | 0,6 | 20,6 | -23,5 | |
| N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀ | 4,2 | 48,0 | 52,2 | 40 | 0,6 | 40,6 | -11,6 | |
| N ₂₀ P ₂₀ K ₁₀ | 4,0 | 37,8 | 41,8 | 10 | 0,6 | 10,6 | -31,2 | |
| N ₈₀ P ₄₀ K ₂₀ | 3,8 | 32,4 | 36,2 | 20 | 0,6 | 20,6 | -15,6 | |
| N ₄₀ P ₈₀ K ₂₀ | 4,2 | 34,5 | 38,7 | 20 | 0,6 | 20,6 | -18,1 | |
| N ₈₀ P ₂₆₀ K ₁₄₀ (в запас) | 4,0 | 33,6 | 37,6 | 140 | 0,6 | 140,6 | +103,0 | |
| Средний по опыту | 4,03 | 36,47 | 40,5 | 29,0 | 0,6 | 29,6 | -10,9 | |
| Средний по удобренным фонам | 4,08 | 37,65 | 41,73 | 36,25 | 0,6 | 36,85 | -4,88 | |
| ± к контролю | кг/га | +1,08 | +14,05 | +15,13 | +36,25 | ±0,0 | +36,25 | -21,12 |
| | % | 36,0 | 59,5 | 56,9 | 3625 | 0,0 | 60,417 | 81,2 |

Таким образом, подводя итоги исследования баланса основных элементов питания, установлено, что для сохранения плодородия почвы необходимо вносить НРК под основную обработку почвы в дозах по азоту 40-80 кг/га, фосфора 30-40 кг/га и калия 40-60 кг/га под будущий посев яровой твердой пшеницы.

3.8.4 Дозы, вынос, баланс элементов питания в связи с урожайностью яровой твердой пшеницы

Нас интересовали связи между уровнем урожайности и дозами вносимых минеральных удобрений, т.е. можно ли по уровню урожайности яровой твердой пшеницы рассчитывать дозы N, P, K; в какой степени связан с дозами азота, фосфора и калия общий вынос этих элементов с урожайностью зерна и соломы; как

зависит величина их общего выноса от урожайности; как зависит баланс основных элементов питания от их доз во внесённых удобрениях.

Результаты исследований показали несколько неожиданный результат.

Анализ показал на существование связей урожайности на уровне средних ($\eta_{yx} = 0,324$) с дозами азота и фосфора и слабых ($\eta_{yx} = 0,285$) с дозами калия. Но уравнений, адекватно описывающих эти связи, получено не было.

Расчёты показали, что и дозы вносимых удобрений не зависят от уровня полученной урожайности яровой твёрдой пшеницы ($\eta_{yx} = 0,130-0,263$).

Это объяснялось влиянием погодных факторов, поскольку урожайность варьировало сильнее, чем дозы элементов питания и, кроме того, потреблением растениями яровой твёрдой пшеницы запасов элементов питания, содержащихся в почве. Поэтому ежегодное внесение одной и той же лучшей дозы удобрения, ориентированной на наибольшую прибавку урожайности, оказалось не совсем обосновано.

Этот факт подтвердился при анализе связей урожайности с выносом элементов питания.

Вынос элементов питания с урожаем зерна и соломы оказался независимым от доз применённых элементов питания по фосфору и калию ($\eta_{yx} = 0,541$ и $0,443$, $F_{\text{факт.}} < F_{\text{теор.}}$). Вынос азота коррелировал с дозами азота в средней степени ($\eta_{yx} = 0,644$), а полученное уравнение регрессии было адекватно для 41,47% случаев (табл. 24).

Согласно полученному уравнению общий вынос азота составил 38,3 кг с 1 га, как без внесения азота, так и при внесении дозы 80 кг на 1 га.

Итак, из полученных результатов стало видно, что общий вынос элементов питания, его величина не определялся дозой внесённых элементов питания.

Судя по результатам корреляционно-регрессионного анализа, общий вынос (зерном и соломой) основных элементов питания сильно зависил от уровня получаемой урожайности зерна. Корреляционные отношения складывались в пределах $0,957 \div 0,938$, вследствие чего он мог быть рассчитан по полученным уравнениям, адекватным для 91,63-87,9% случаев (табл. 25).

Таблица 24 – Зависимость общего выноса элементов питания яровой твердой пшеницей от доз вносимых удобрений (2006-2010гг.)

| № п/п | Коррелируемые величины | Параметры величин (M ± G) | v % | H _{yx} | F | |
|---|--|-----------------------------------|-------|-----------------|-------|---------------------|
| | | | | | факт. | теор. ₀₁ |
| 1. | Доза азота, кг д.в. на 1 га (x) | $\frac{0-80}{37,8 \pm 27,8}$ | 73,55 | - | - | - |
| 2. | Общий вынос азота, кг с 1 га (y) | $\frac{11,1-45,3}{35,7 \pm 7,4}$ | 20,78 | 0,644 | 1,66 | 1,46 |
| $y = 38,329 - \frac{1,136E-15}{X} \pm 5,77$ кг с 1 га, для 41,47% случаев | | | | | | |
| 3. | Доза фосфора, кг д.в. на 1 га (x ₁) | $\frac{0-80}{37,8 \pm 27,8}$ | 73,55 | - | - | - |
| 4. | Общий вынос фосфора, кг с 1 га (y ₁) | $\frac{11,1-18,26}{14,6 \pm 1,9}$ | 13,06 | 0,541 | 1,37 | 1,46 |
| Функция не удовлетворяет критерию Фишера | | | | | | |
| 5. | Доза калия, кг д.в. на 1 га (x ₂) | $\frac{0-40}{16,7 \pm 11,7}$ | 70,26 | - | - | - |
| 6. | Общий вынос калия, кг с 1 га (y ₂) | $\frac{29,6-51,7}{39,1 \pm 5,5}$ | 14,15 | 0,443 | 1,17 | 1,46 |
| Функция не удовлетворяет критерию Фишера | | | | | | |

Таблица 25 – Зависимость общего выноса элементов питания от уровня урожайности зерна яровой твердой пшеницы в центре Оренбургского Предуралья (2006-2010гг.)

| № п/п | Коррелируемые величины | Параметры величин (M ± G) | v % | η _{yx} | F | |
|--|---|------------------------------------|-------|-----------------|-------|---------------------|
| | | | | | факт. | теор. ₀₁ |
| 1. | Урожайность, т с 1 га (x) | $\frac{1,6-21,0}{11,5 \pm 6,37}$ | 55,33 | - | - | - |
| 2. | Общий вынос (зерно + солома) азота, кг с 1 га (y) | $\frac{12,0-55,5}{36,9 \pm 15,3}$ | 41,39 | 0,957 | 11,27 | 1,76 |
| $y = 6,2913 + 3,6117X - 6,3717E - 02X^2 \pm 4,55$ кг с 1 га, для 91,63% случаев | | | | | | |
| 3. | Общий вынос фосфора, кг с 1 га (y ₁) | $\frac{4,72-23,0}{14,64 \pm 6,07}$ | 41,50 | 0,938 | 7,79 | 1,76 |
| $y_1 = 0,7747 + 2,135X_1 - 6,23E - 02X_1^2 \pm 2,18$ кг с 1 га, для 87,90% случаев | | | | | | |
| 4. | Общий вынос калия, кг с 1 га (y ₂) | $\frac{22,5-76,6}{39,8 \pm 16,8}$ | 42,14 | 0,954 | 10,43 | 1,76 |
| $y_2 = 28,8329 - 1,9872X_2 + 0,1989X_2^2 \pm 5,18$ кг с 1 га, для 90,96% случаев | | | | | | |

Согласно полученным уравнениям, рост урожайности зерна яровой твёрдой пшеницы с 0,16 до 0,21 т с 1 га сопровождался последовательным нарастанием общего выноса азота с 11,9 до 54,4 кг с 1 га, фосфора с 4,03 (при 0,16 т с 1 га) до 19,64 кг с 1 га и калия с 23,9 (при 0,5 т с 1 га) до 74,83 кг с 1 га (рис. 6).

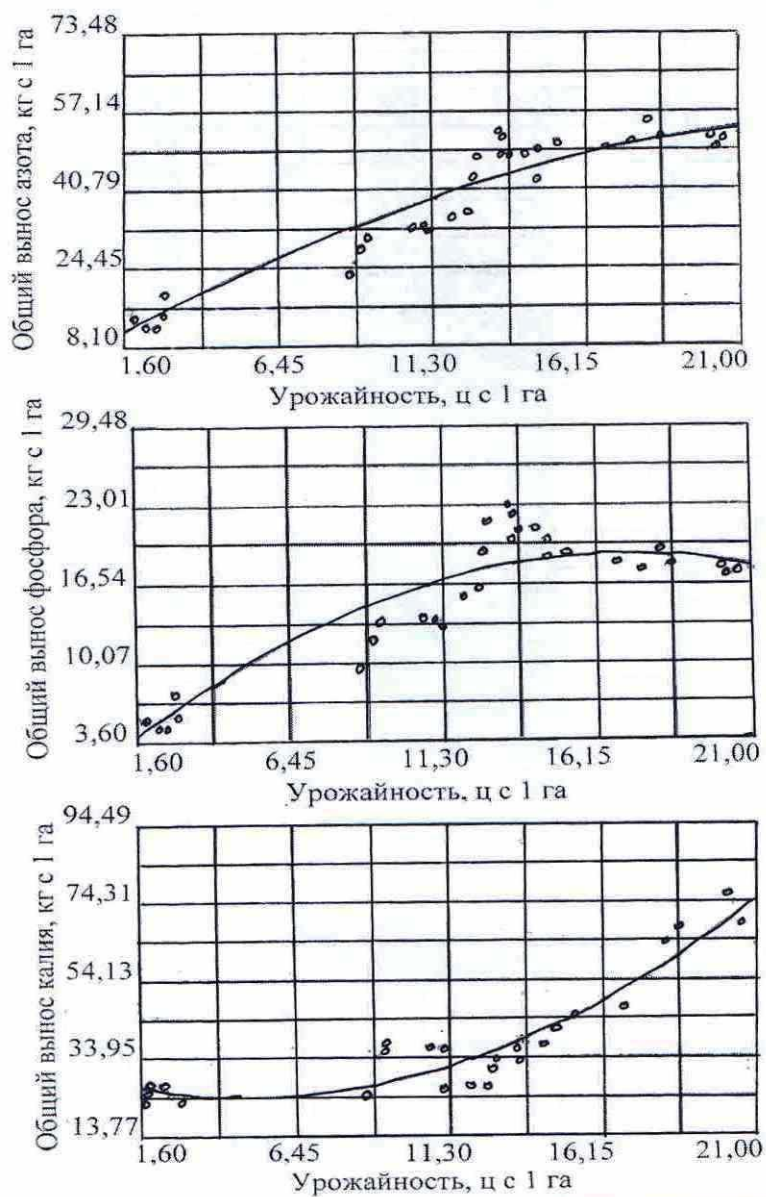


Рис. 6. Зависимость общего выноса элементов питания яровой твёрдой пшеницей от её урожайности разного уровня

Учитывая сильные зависимости общего выноса от уровня урожайности, логично было полагать, что дозы каждого вида удобрения в целях сохранения и поддержания (нулевой баланс) плодородия поля нужно рассчитывать по полученным уравнениям.

Но уровень урожайности непостоянен даже в регионах, где она не лимитируется недостатком влаги, а в регионах, где влага в лимите, он резко колеблется и при отсутствии долгосрочных прогнозов погоды на сезон невозможно, хотя бы приближенно, рассчитать дозу удобрения, обеспечивающую поддержание плодородия и компенсирующую вынос элементов из почвы.

Поскольку доза нужного удобрения нуждалась в уточнении ещё и в связи с поступлением элементов питания в почву с семенами и осадками, мы исследовали связь доз азота, фосфора и калия с балансом этих элементов питания в слое 0-60 см.

Исследование показало, что баланс элементов питания находился в тесной зависимости от дозы внесённого удобрения по азоту и фосфору ($\eta_{yx} = 0,971-0,981$) и в сильной по калию ($\eta_{yx} = 0,859$) (табл. 26).

Таблица 26 – Зависимость баланса основных элементов питания от их доз при возделывании яровой твердой пшеницы (2006-2010гг.)

| № п/п | Коррелируемые величины | Параметры величин (M ± G) | v % | η_{yx} | F | |
|--|--|------------------------------------|-------|-------------|-------|---------------------|
| | | | | | факт. | теор. ₀₁ |
| 1. | Доза азота, кг д.в. на 1 га (x) | $\frac{0-80}{37,8 \pm 27,8}$ | 73,55 | - | - | - |
| 2. | Баланс азота, кг/га (y) | $\frac{-19,7-62,5}{15,8 \pm 24,0}$ | 151,6 | 0,971 | 16,60 | 1,76 |
| $y = -14,3996 + 0,7085X + 1,585E - 03X^2 \pm 5,9$ кг/га, для 94,32% случаев | | | | | | |
| 3. | Доза фосфора, кг д.в. на 1 га (x ₁) | $\frac{0-80}{38,3 \pm 27,6}$ | 72,05 | - | - | - |
| 4. | Баланс фосфора, кг/га (y ₁) | $\frac{-10,9-69,9}{24,8 \pm 25,9}$ | 104,2 | 0,981 | 25,89 | 1,76 |
| $y_1 = -10,4156 + 0,9199X_1 \pm 5,1$ кг/га, для 96,25% случаев | | | | | | |
| 5. | Доза калия, кг д.в. на 1 га (x ₂) | $\frac{0-40}{16,7 \pm 11,7}$ | 70,26 | - | - | - |
| 6. | Баланс калия, кг/га (y ₂) | $\frac{-45,7-9,2}{-24,2 \pm 9,08}$ | 37,59 | 0,859 | 3,60 | 1,76 |
| $y_2 = -36,707 + 0,9685X_2 - 8,743E + 03X_2^2 \pm 4,8$ кг/га, для 73,86% случаев | | | | | | |

Согласно полученным уравнениям баланс азота в почве под посевами яровой твёрдой пшеницы по мере увеличения дозы удобрения от 0 до 80 кг на 1 га улуч-

шался от -14,4 кг на 1 га до +52,4 кг на 1 га. При дозе в 20 кг на 1 га он стал нулевым.

Баланс фосфора возрос с -10,42 до +68,2 кг на 1 га при увеличении дозы удобрения от нуля до 80 кг на 1 га.

Что же касается баланса калия, то он при дозах внесенного удобрения от 0 до 40 кг на 1 га улучшался с -36,7 до -11,95 кг на 1 га, т.е. остался отрицательным (рис. 7).

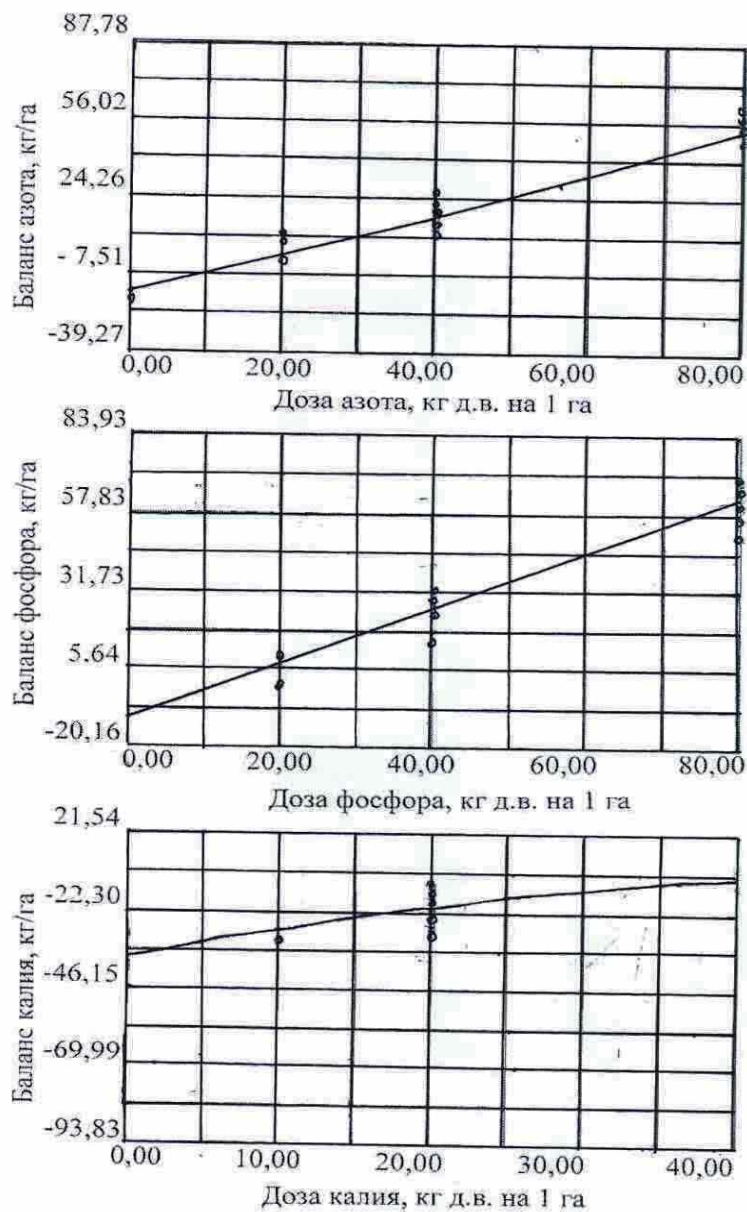


Рис. 7. Зависимость баланса элементов питания от доз внесённых удобрений

Для уточнения норм внесения каждого из изученных элементов питания в почву необходимо было выяснить еще и зависимость их баланса от уровня получаемой урожайности яровой твердой пшеницы.

Корреляционно-регрессионный анализ показал, что такая зависимость существует. Она сильна для баланса по азоту ($\eta_{yx} = 0,817$), тесна по фосфору ($\eta_{yx} = 0,932$) и калию ($\eta_{yx} = 0,944$) (табл. 27).

Таблица 27 – Зависимость баланса основных элементов питания от уровня урожайности яровой твердой пшеницы (2006-2010гг.)

| № п/п | Коррелируемые величины | Параметры величин (M ± G) | v % | η_{yx} | F | |
|--|--|--|--------|-------------|-------|---------------------|
| | | | | | факт. | теор. ₀₁ |
| 1. | Урожайность, т с 1 га (x) | $\frac{1,6 - 20,3}{11,0 \pm 6,01}$ | 55,86 | - | - | - |
| 2. | Баланс азота, кг/га (y) | $\frac{-10,5 - 49,76}{14,3 \pm 19,1}$ | 133,86 | 0,817 | 2,82 | 1,76 |
| $y = 41,9349 - 3,01X + 2,871E - 02X^2 \pm 11,18$ кг/га, для 66,76% случаев | | | | | | |
| 3. | Урожайность, т с 1 га (x) | $\frac{1,6 - 20,1}{10,4 \pm 5,8}$ | 56,2 | - | - | - |
| 4. | Баланс фосфора, кг/га (y ₁) | $\frac{14,4 - 76,0}{23,7 \pm 12,4}$ | 52,4 | 0,932 | 7,14 | 1,76 |
| $y_1 = 33,947 - 2,409X_1 + 8,616E - 02X_1^2 \pm 1,98$ кг/га, для 86,9% случаев | | | | | | |
| 5. | Урожайность, т с 1 га (x) | $\frac{1,6 - 21,0}{11,5 \pm 6,4}$ | 55,33 | - | - | - |
| 6. | Баланс калия, кг/га (y ₂) | $\frac{-60,8 - -2,49}{-22,96 \pm 16,78}$ | 73,10 | 0,944 | 8,66 | 1,76 |
| $y_2 = -11,2116 + 1,8927X_2 - 0,195X_2^2 \pm 5,7$ кг/га, для 89,11% случаев | | | | | | |

В соответствии с рис. 8 баланс азота в почве последовательно падал с 37,2 до -8,6 кг/га по мере увеличения урожайности с 0,16 до 2,1 т с 1 га.

Баланс фосфора снижался с 30,3 до 17 кг /га по мере роста урожайности с 0,16 до 1,4 т с 1 га, а затем изменился незначительно.

Что же касается баланса калия, то при урожайности 0,46 т с 1 га он был минимально отрицательный (-6,6 кг/га), а затем последовательно ухудшался и при 2,1 т с 1 га достиг -57,4 кг/га.

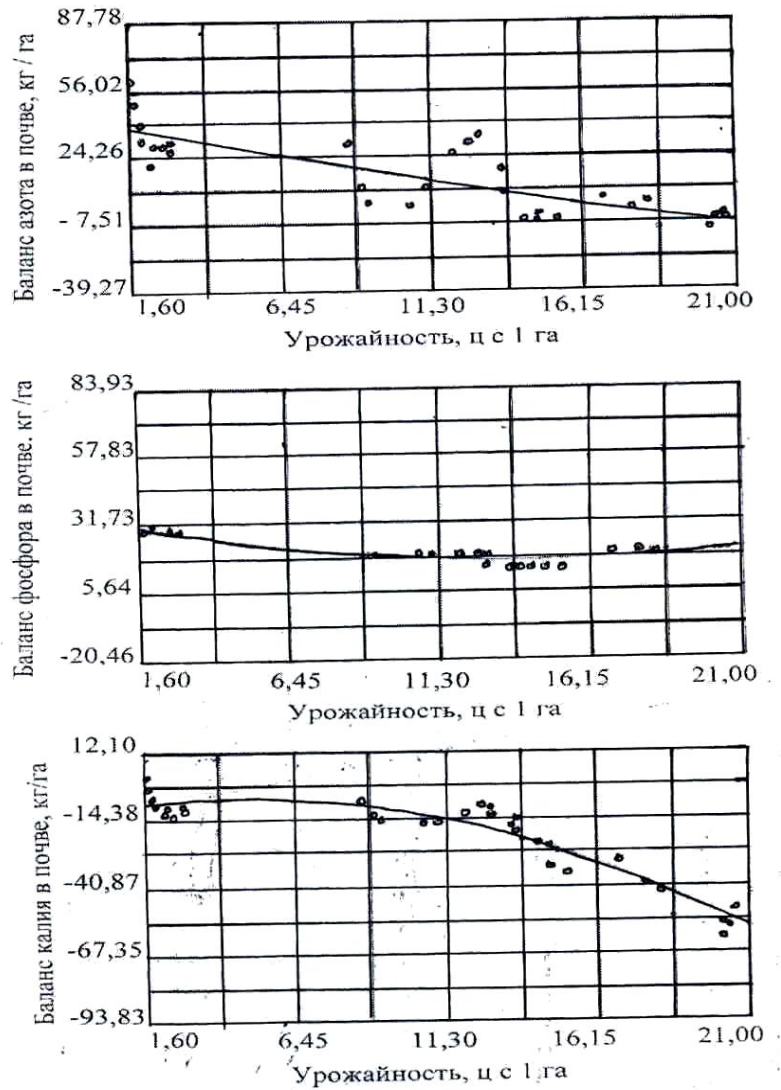


Рис. 8. Зависимость баланса питательных веществ в слое почвы 0-60 см от урожайности яровой твердой пшеницы

Подводя итоги исследования, заключаем, что прежние рекомендации по применению азотных, фосфорных и калийных удобрений были построены на величинах прибавок урожайности яровой твердой пшеницы от доз применяемых элементов питания без учета их связей с уровнем урожайности и наоборот. Эти связи или слабые, или отсутствуют, что объясняется влиянием потребления растениями запасов элементов питания за счет почвенного плодородия.

Непостоянство погодных факторов, отсутствие надёжных прогнозов погоды на сезон не позволяют придерживаться рекомендованных доз ежегодно. Кроме того, элементы питания могут поступать с дождями, семенами, органическими остатками предшественника. В этих условиях лучше и правильнее ориентироваться на

баланс элементов питания под культурой в системе севооборота с учётом ориентации на его параметры в резко различные годы в целях поддержания нулевого или положительного баланса.

Полученные уравнения могут дать ответ о лучших нормах удобрений, которые будут поддерживать нужный баланс элементов питания в почве, рассчитанный за несколько различных по урожайности лет.

Но для каждого сельскохозяйственного поля и каждой сельскохозяйственной культуры их нужно разработать. Это откроет пути к более рациональному применению удобрений.

ГЛАВА 4 УРОЖАЙНОСТЬ ЯРОВОЙ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ И ЭЛЕМЕНТЫ ПРОДУКТИВНОСТИ ЕЁ РАСТЕНИЙ НА ФОНЕ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ, ДОЗ И СООТНОШЕНИЙ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

4.1 Урожайность яровой твердой пшеницы и её вероятность по данным многолетнего стационара

Поскольку приведённые данные были получены на базе краткосрочных опытов, сложно понять, как повлияют виды, дозы и сочетания различных элементов питания на урожайность яровой твердой пшеницы в многолетнем периоде их использования, а также при разном плодородии почвы, и насколько оправданы и правильны прежние рекомендации производству в различные по погодным условиям годы.

Ответы на эти вопросы можно было получить лишь в многолетнем стационарном опыте по программе Географической сети ВИУА.

В связи с этим, нами (Крючков А.Г., Елисеев В.И., Абдрашитов Р.Р., 2012) перед тем, как рассматривать данные последних лет исследований на стационаре, был дан анализ результатов опытов с первых лет его закладки в целях понимания общих закономерностей роли удобрений в формировании урожайности этой культурой в системе пятипольного севооборота.

Урожайность яровой твердой пшеницы складывалась следующим образом (табл. 28).

Из данных таблицы 28 следовало, что уровень урожайности яровой твердой пшеницы в 6,7 % лет составлял до 0,25 т с 1 га, в 6,7 % лет до 0,5 т с 1 га и в 6,7 % лет от 0,51 до 1,0 т с 1 га. Урожайность от 1,01 до 1,5 т с 1 га складывалась в 26,7 % лет, от 1,51 до 2,0 т с 1 га в 26,6 % лет. На долю лет с урожайностью от 2,01 до 2,5 т с 1 га выпало 20 %, от 2,51 до 3,0 т с 1 га - 3,3% и > 3,0 т с 1 га - 3,3% от общего 30-летнего периода эксперимента. Названные уровни средней урожайности характеризовали климат зоны центра Оренбургского Предуралья и позволили судить об эффективности удобрений под эту культуру.

Таблица 28 – Группировка урожайности твердой пшеницы по годам многолетнего стационара

| Классы | Годы и урожайность | % лет |
|-------------------------|--|-------|
| до 0,25 т с 1 га | (1995 г. – 0,22 т с 1 га, 2005 г. – 0,24 т с 1 га) | 6,7 |
| от 0,26 до 0,5 т с 1 га | (1988 г. – 0,38 т с 1 га, 1998 г. – 0,46 т с 1 га) | 6,7 |
| от 0,51 до 1,0 т с 1 га | (1981 г. – 0,56 т с 1 га, 1975 г. – 0,62 т с 1 га) | 6,7 |
| от 1,01 до 1,5 т с 1 га | (1984 г. – 1,007 т с 1 га, 2004 г. – 1,042 т с 1 га) | 26,7 |
| | (1991 г. – 1,061 т с 1 га, 2006 г. – 1,328 т с 1 га) | |
| | (1983 г. – 1,365 т с 1 га, 1985 г. – 1,422 т с 1 га) | |
| | (1980 г. – 1,434 т с 1 га, 1996 г. – 1,456 т с 1 га) | |
| от 1,51 до 2,0 т с 1 га | (1989 г. – 1,529 т с 1 га, 2001 г. – 1,713 т с 1 га, 1979 г. – 1,735 т с 1 га) | 26,7 |
| | (1982 г. – 1,774 т с 1 га, 2008 г. – 1,876 т с 1 га) | |
| | (2003 г. – 1,879 т с 1 га, 1999 г. – 1,896 т с 1 га, 1974 г. – 1,94 т с 1 га) | |
| от 2,01 до 2,5 т с 1 га | (2000 г. – 2,029 т с 1 га, 1986 г. – 2,046 т с 1 га, 1990 г. – 2,088 т с 1 га, 1977 г. – 2,132 т с 1 га, 1993 г. – 2,187 т с 1 га, 1976 г. – 2,252 т с 1 га) | 20,0 |
| от 2,51 до 3,0 т с 1 га | (1994 г. – 2,71 т с 1 га) | 3,3 |
| >3,01 т с 1 га | (1978 г. – 3,04 т с 1 га) | 3,3 |

Данные учёта урожайности яровой твердой пшеницы за 30-летний период (1974-2008 гг.) свидетельствовали, что из 11 вариантов основной схемы опытов в среднем наибольшие прибавки по сравнению с контролем, где урожайность составила 1,314 т с 1 га, получены от внесения полного минерального удобрения в дозах $N_{80}P_{40}K_{20}$ (+0,329 т с 1 га или 25 %) (табл. 29).

Близкий к нему результат был получен при использовании варианта $N_{40}P_{40}K_{20}$ (+0,295 т с 1 га или 22,4 %). Затем следуют варианты: $N_{40}P_{40}$ (+0,256 т с 1 га или 19,5%), $N_{80}P_{80}K_{40}$ (+0,227 т с 1 га или 17,3%), $N_{120}P_{80}K_{40}$ (+0,213 т с 1 га или 16,2 %), $N_{40}K_{20}$ (+0,204 т с 1 га или 15,5%), $N_{40}P_{80}K_{20}$ (+0,191 т с 1 га или 14,5 %), $N_{80}P_{260}K_{140}$ (+0,183 ц с 1 га или 13,9 %), $N_{80}P_{120}K_{40}$ (+0,148 ц с 1 га или 11,3%) и $P_{40}K_{20}$ (+0,133 ц с 1 га или 10,1%).

Таблица 29 – Урожайность яровой твердой пшеницы на фоне различных видов, доз и соотношений элементов минеральных удобрений в центре Оренбургского Предуралья (1974-2008 гг.)

| Удобрение, кг д.в. на 1 га | Период | | Средняя уро- жайность, т с 1 га | ± к контролю | | Отношение доз, ед. |
|--|-----------|--------------|---------------------------------------|-----------------|------|-----------------------|
| | годы | число лет | | т с 1 га | % | |
| Контроль - без удобрений | 1974-2008 | 30 | 1,314 | ±0,00 | 100 | 0:0:0 |
| N ₄₀ P ₄₀ | -"- | 30 | 1,570 | +0,256 | 19,5 | 1:1:0 |
| N ₄₀ K ₂₀ | -"- | 30 | 1,518 | +0,204 | 15,5 | 1: 0:1 |
| P ₄₀ K ₂₀ | -"- | 30 | 1,447 | +0,133 | 10,1 | 0:1:1 |
| N ₄₀ P ₄₀ K ₂₀ | -"- | 30 | 1,609 | +0,295 | 22,4 | 1:1:1 |
| N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀ | -"- | 30 | 1,541 | +0,227 | 17,3 | 2:2:2 |
| N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₆₀ | 1974-1988 | 14 | 1,500 | +0,054* | 3,7 | 3:3:3 |
| N ₂₀ P ₂₀ K ₁₀ | 1989-2008 | 16 | 1,430 | +0,230** | 19,2 | 0,5:0,5:0,5 |
| N ₈₀ P ₄₀ K ₂₀ | 1974-2008 | 30 | 1,643 | +0,329 | 25,0 | 2:1:1 |
| N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₂₀ | 1974-1988 | 14 | 1,745 | +0,299 | 20,7 | 3:1:1 |
| N ₂₀ P ₄₀ K ₂₀ | 1989-2008 | 16 | 1,470 | +0,270 | 22,5 | 0,5:1:1 |
| N ₄₀ P ₈₀ K ₂₀ | 1974-2008 | 30 | 1,505 | +0,191 | 14,5 | 1:2:1 |
| N ₄₀ P ₁₂₀ K ₂₀ | 1974-1988 | 14 | 1,474 | +0,028 | 1,9 | 1:3:1 |
| N ₄₀ P ₂₀ K ₂₀ | 1989-2008 | 16 | 1,414 | +0,214 | 17,8 | 1:0,5:1 |
| N ₈₀ P ₁₂₀ K ₄₀ | 1974-2008 | 30 | 1,462 | +0,148 | 11,3 | 2:3:2 |
| N ₁₂₀ P ₈₀ K ₄₀ | | 30 | 1,527 | +0,213 | 16,2 | 3:2:2 |
| N ₈₀ P ₂₆₀ K ₁₄₀ | -"- | 30 | 1,497 | +0,183 | 13,9 | - |
| НСР ₀₅ для данных за 30 лет = 0,083 т с 1 га, НСР ₀₅ для данных за 14 лет = 0,133 т с 1 га, НСР ₀₅ для данных за 16 лет = 0,132 т с 1 га | | | | | | |

*Урожайность контроля: за 14 лет = 1,446 т с 1 га, **за 16 лет = 1,20 т с 1 га

Первые 14 лет исследований показали, что варианты с тройными дозами отдельных элементов питания (N₁₂₀P₁₂₀K₆₀ и N₄₀P₁₂₀K₂₀) давали незначительные прибавки урожайности (+0,054 т с 1 га или 3,7% и 0,028 т с 1 га или 1,9%). Поэтому появилась необходимость, учитывая их явную некупаемость и отрицательные последствия, изменения доз в сторону выявления действия половинных

доз элементов питания, и поскольку возникли вопросы ресурсо- и энергосбережения.

Место варианта $N_{120}P_{120}K_{60}$ занял вариант $N_{20}P_{40}K_{20}$, $N_{40}P_{120}K_{20}$ – $N_{40}P_{20}K_{20}$ и место $N_{120}P_{40}K_{20}$ вариант $N_{20}P_{40}K_{20}$. Они изучались в последние 16 лет. Остальная схема опыта не изменялась. При урожайности на контроле за последние 16 лет, равной 1,2 т с 1 га вариант $N_{20}P_{40}K_{10}$ обеспечил прибавку урожайности на уровне 0,23 т с 1 га или 19,2%, вариант $N_{20}P_{40}K_{20}$ – 0,27 т с 1 га или 22,5 % и вариант $N_{40}P_{20}K_{20}$ + 0,214 т с 1 га или 17,8%.

Продолжая анализ данных опыта, мы вычислили роль каждого элемента питания в формировании урожайности яровой твердой пшеницы путем вычитания из урожайности на фоне $N_{40}P_{40}K_{20}$ урожайности на фонах парных сочетаний двух элементов ($N_{40}K_{20}$ для дозы P_{40} , $P_{40}K_{20}$ для N_{40} и $N_{40}P_{40}$ для K_{20}).

В итоге было выявлено, что на долю действия N_{40} приходится прибавка урожайности яровой твердой пшеницы, равная 0,162 т с 1 га или 12,3%, на долю P_{40} - 0,091 т с 1 га или 6,9 % и на долю K_{20} - 0,039 т с 1 га или 3 % к контролю за 30 лет в среднем.

Удвоение доз NPK ($N_{80}P_{80}K_{40}$) привело к снижению урожайности на 0,068 т с 1 га или 4,4 % (за 30 лет), а их утроение ($N_{120}P_{120}K_{60}$) (в среднем за 14 лет) снизило ее на 0,122 т с 1 га или 7,5 % по сравнению с $N_{40}P_{40}K_{20}$.

Действие удвоенной дозы азота ($N_{80}P_{40}K_{20}$) в составе NPK по сравнению с $N_{40}P_{40}K_{20}$ в среднем за 30 лет дало прибавку 0,034 т с 1 га или 2,1 %, а утроенной ($N_{120}P_{40}K_{20}$) за 14 лет дало прибавку 0,123 т с 1 га или 7,6 %.

Увеличение дозы фосфора вдвое в составе NPK ($N_{40}P_{80}K_{40}$) привело в среднем за 30 лет к снижению урожайности в сравнении с $N_{40}P_{40}K_{20}$ на 0,104 т с 1 га или 6,5 %, а втрое ($N_{40}P_{120}K_{20}$) за 14 лет – на 0,148 т с 1 га или 9,1 %. Применение утроенной дозы азота на фоне двойных доз фосфора и калия ($N_{120}P_{80}K_{40}$) за 30 лет наблюдений привело к небольшому (на 0,014 т с 1 га или 0,9 %) и недостоверному снижению урожайности. Тройная доза фосфора на фоне двойных доз азота и калия ($N_{80}P_{120}K_{40}$) вызвала несколько большее снижение урожайности

твердой пшеницы. Разница в пользу $N_{40}P_{40}K_{20}$ за 30 лет в среднем составила 0,079 т с 1 га или 5,1 %.

Отрицательно сказался на урожайности и вариант с внесением удобрений в севообороте и в запас. Общая доза $N_{80}P_{260}K_{140}$ привела к снижению урожайности по сравнению с $N_{40}P_{40}K_{20}$ на 0,112 т с 1 га или 7,0 %.

Внесение половинных доз элементов питания ($N_{20}P_{20}K_{10}$) за 16 лет опытов по сравнению с $N_{40}P_{40}K_{20}$ дало снижение урожайности на 0,167 т с 1 га или 10,4 %, полной дозы азота при половинной дозе фосфора и полной калия ($N_{40}P_{20}K_{20}$) снизило урожайность на 0,183 т с 1 га или 11,5 %, а полной дозы фосфора и калия при половинной дозе азота ($N_{20}P_{40}K_{20}$) - на 0,127 т с 1 га или 8,0 %.

По данным А.В. Ряховского (2004, С.17) под действием минеральных удобрений наблюдалось «снижение урожайности зерна в острозасушливые годы», что он связал с недостатком влаги и повышением концентрации почвенного раствора.

Нас интересовала вероятность получения разных уровней урожайности при применении разных видов, доз и сочетаний элементов питания в различных группах лет при основном внесении удобрений.

Данные приложения 22 свидетельствовали о неоднозначном проявлении реакции яровой твердой пшеницы на различные условия лет. В 30-ти летнем периоде наблюдений на контроле урожайность её группировалась, главным образом, в классах от 0,51 до 2,0 т с 1 га, в которых сосредоточено 80,1 % урожайности.

Выше 2,0 т с 1 га (2,02-2,74 т с 1 га) получено в 6,6 % лет, а ниже 0,5 т с 1 га (0,37 т с 1 га) в 13,9 % лет.

В отличие от контроля на фоне применения удобрений в дозах $N_{40}P_{40}$ уменьшалась вероятность получения урожайности до 0,5 т с 1 га до 10 % лет или на 3,3 % лет, до 1,0 т с 1 га на 3,4 % лет, до 1,5 т с 1 га на 9,9 % лет и от 1,5 до

2,0 т с 1 га до 10,1 % лет, но при этом возрасла вероятность сбора урожайности от 2,0 до 2,6 т с 1 га до 23,4 % лет и от 2,5 до 3,0 т с 1 га и более на 3,3 % лет.

В целом по эксперименту обратило на себя внимание определённое закономерное явление. Применение удобрений способствовало более частому получению урожайности яровой твердой пшеницы от 2,01 до более чем 3,0 т с 1 га и выше в сравнении с контрольными.

Так, если на контроле (за 30 лет) урожайность ее выше 2,0 т с 1 га была получена в 6,6 % лет при максимуме 2,74 т с 1 га; то на фоне $N_{40}P_{40}$ в 33,3% лет с максимумом 3,05 т с 1 га; на фоне $N_{40}P_{40}K_{20}$ в 36,7 % лет с максимумом 2,9 т с 1 га; на фоне $N_{80}P_{80}K_{40}$ в 30% лет (max = 3,09 т с 1 га); при дозах $N_{80}P_{40}K_{20}$ - в 33,4% (max = 3,18 т с 1 га); $N_{120}P_{80}K_{40}$ - в 26,6% (max = 3,14 т с 1 га) и $N_{80}P_{260}K_{140}$ - в 33,4% лет (max = 3,14 т с 1 га).

Использование доз: $N_{40}K_{20}$, $P_{40}K_{20}$, $N_{40}P_{80}K_{20}$, $N_{80}P_{120}K_{40}$ обеспечило меньшую вероятность получения урожайности более 2,0 т с 1 га и максимум ее не превышал 2,9 т с 1 га (исключение – $N_{80}P_{120}K_{40}$ с max = 3,1 т с 1 га). Вероятность составила соответственно 17,7%, 10%, 23,4% и 26,7% лет.

В 14-ти летнем периоде наблюдений (1974-1988 гг.) урожайность яровой твердой пшеницы на контроле группировалась, главным образом, в классах от 0,5 до 2,0 т с 1 га. Здесь сосредоточилось 78,5% ее урожайности. Выше 2,5 т с 1 га получено в 7,1 % лет, ниже 0,51 т с 1 га (0,48 т с 1 га) - в 14,3% лет.

Вероятность получения урожайности более 2,0 т с 1 га составила 7,1% (max = 2,74 т с 1 га).

Использование дозы $N_{120}P_{120}K_{60}$ позволило увеличить вероятность сбора более 2,0 т с 1 га до 28,4% (max = 3,09 т с 1 га), дозы $N_{120}P_{40}K_{20}$ до 35,7% (max = 3,20 т с 1 га) и дозы $N_{40}P_{120}K_{20}$ до 21,4% лет (max – 3,22 т с 1 га). Что дало снижение доз элементов питания в составе NPK исследовалось в последние 16 лет (1989-2008 гг.).

В 16-ти летнем периоде наблюдений (1989-2008 гг.) урожайность яровой твердой пшеницы на неудобренном фоне группировалась, главным образом, в

классах от 0,5 до 2,5 т с 1 га. Здесь сосредоточилось 87,5 % ее урожайности. Выше 2,0 т с 1 га получено в 13,3 % лет, ниже 0,5 т с 1 га в 12,5 % лет.

Вероятность получения урожайности более 2,0 т с 1 га составила 13,3 % с максимумом 2,02 т с 1 га. Применение дозы $N_{20}P_{20}K_{10}$ повысило вероятность сбора более 2,0 т с 1 га твердой пшеницы до 18,7 % (max = 2,84 т с 1 га) и дозы $N_{40}P_{20}K_{20}$ до 18,7 % лет (max – 2,177 т с 1 га).

В целях лучшего понимания преимуществ вариантов удобрения по сравнению с контролем (фон - без удобрения), мы вычислили индексы их потенциальной урожайности (ИПУ) (по А.Г. Крючкову, 2004) (табл. 30). Согласно полученным данным, потенциальная продуктивность яровой твердой пшеницы наращивалась в сравнении со своими контролями, где она принята за 1, до 1,200 в варианте $N_{40}P_{40}$; до 1,230 – $N_{40}P_{40}K_{20}$; 1,259 – на фоне $N_{80}P_{40}K_{20}$; и до 1,468 – на фоне $N_{120}P_{80}K_{40}$. Подобная картина была характерна и для утроенной дозы азота в составе NPK за 14 лет - индекс 1,286 при дозах $N_{120}P_{40}K_{20}$, хотя он и ниже, чем в варианте $N_{120}P_{80}K_{40}$.

Таблица 30 – Индексы потенциальной урожайности (ИПУ) яровой твердой пшеницы по вариантам удобрения в эксперименте за годы исследований

| Доза удобрений, кг.д.в. на 1 га | Период, годы | Индекс, ед. | Доза удобрений, кг.д.в. на 1 га | Период, годы | Индекс, ед. |
|---------------------------------|--------------|-------------|---------------------------------|--------------|-------------|
| Контроль | 1974-2008 | 1,000 | $N_{120}P_{80}K_{40}$ | -''- | 1,468 |
| $N_{40}P_{40}$ | -''- | 1,200 | $N_{80}P_{260}K_{140}$ | -''- | 1,152 |
| $N_{40}K_{20}$ | -''- | 1,186 | $N_{120}P_{120}K_{60}$ | 1974-1988 | 1,101 |
| $P_{40}K_{20}$ | -''- | 1,107 | $N_{120}P_{40}K_{20}$ | -''- | 1,286 |
| $N_{40}P_{40}K_{20}$ | -''- | 1,230 | $N_{40}P_{120}K_{20}$ | -''- | 1,080 |
| $N_{80}P_{80}K_{40}$ | -''- | 1,179 | $N_{40}P_{120}K_{20}$ | 1989-2008 | 1,070 |
| $N_{80}P_{40}K_{20}$ | -''- | 1,259 | $N_{20}P_{40}K_{20}$ | -''- | 1,022 |
| $N_{40}P_{80}K_{20}$ | -''- | 1,150 | $N_{20}P_{40}K_{10}$ | -''- | 1,063 |
| $N_{80}P_{120}K_{40}$ | -''- | 1,121 | | | |

Потенциально более продуктивны варианты с азотом в сочетаниях, где он имел равное отношение с фосфором и превысил его. Варианты с РК и преимуществом фосфора в составе NPK были потенциально продуктивнее контролей, но менее продуктивны по сравнению с вариантами, содержащими азот в равных отношениях с фосфором и с преимуществом азота.

Таким образом, обобщая результаты эксперимента по изучению действия различных вариантов основного удобрения на урожайность яровой твердой пшеницы, установлено, что наибольшему ее повышению способствовали дозы: $N_{40}P_{40}$ (+0,256 т с 1 га или 19,5%), $N_{40}P_{40}K_{20}$ (+0,295 т с 1 га или 22,4%), $N_{80}P_{40}K_{20}$ (+0,329 т с 1 га или 25%).

Среди повышенных доз ($N_{120}P_{120}K_{60}$, $N_{120}P_{40}K_{20}$ и $N_{40}P_{120}K_{20}$) за 14 лет исследований достоверно превысил свой контроль лишь $N_{120}P_{40}K_{20}$ (+0,299 т с 1 га или 20,7%).

Пониженные дозы ($N_{20}P_{20}K_{10}$, $N_{20}P_{40}K_{30}$ и $N_{40}P_{20}K_{20}$) обеспечили прибавки 0,23; 0,27 и 0,214 т с 1 га или 19,2; 22,5 и 17,8% соответственно, что следовало из 16 лет опытов.

По доле вклада в формирование урожайности твердой пшеницы в варианте $N_{40}P_{40}K_{20}$ дозы элементов распределились следующим образом: N_{40} - 12,3%, P_{40} - 6,9% и K_{20} - 3% к контролю.

Высокие дозы удобрений повысили вероятность получения урожайности от 2,0 до 3,0 т с 1 га, но лишь за счет благоприятных по увлажнению вегетационных периодов.

В целом же, полученные результаты характеризовали потенциальные возможности применяемых видов, доз и соотношений удобрений в климате центра Оренбургского Предуралья на почвах чернозема обыкновенного.

4.2 Урожайность твердой пшеницы в эксперименте

Урожайность яровой твердой пшеницы на стационаре за последние годы сложилась сравнительно невысокая – 1,12 т/га (0,16 ÷ 2,17 т/га). Но при этом в среднем по всем вариантам удобрений она превысила контроль на 0,318 т/га, или 23,7%. В течение трех лет из четырех учтённых разница в пользу удобренных

вариантов по сравнению с контролем составляла 0,228-0,38 т с 1 га или 24,3-26,5%. Лишь в экстремально засушливом 2010 году она уменьшилась до 12,2% (+0,028 т с 1 га на фоне средней урожайности по удобренным вариантам 0,258 ц с 1 га) (табл. 31).

За четыре года исследований среди изученных фонов минерального питания наибольшей урожайностью выделились следующие варианты: $N_{80}P_{40}K_{20}$ (1,24 т с 1 га, +0,32 т с 1 га или 34,8%), $P_{40}K_{20}$ (1,24 т с 1 га, + 0,32 т с 1 га или 34,8%), $N_{40}P_{80}K_{20}$ (1,2 т с 1 га, + 0,28 т с 1 га или 30,4%), $N_{40}P_{40}$ (1,2 т с 1 га, +0,28 т с 1 га или 30,4%).

Таблица 31 – Урожайность яровой твердой пшеницы Оренбургская 21 на разных фонах питания (п. Чебеньки, опытное поле)

| № п/п | Доза удобрения, кг. д.в. на 1 га | Урожайность, т с 1 га по годам | | | | Средняя | ±к контролю | |
|-----------------------------|----------------------------------|--------------------------------|---------|---------|---------|---------|-------------|------|
| | | 2006 г. | 2008 г. | 2009 г. | 2010 г. | | т с 1 га | % |
| 1 | Контроль | 1,06 | 1,52 | 0,86 | 0,23 | 0,92 | ± 0 | К |
| 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 | $N_{20}P_{40}K_{20}$ | 1,46 | 2,01 | 0,92 | 0,18 | 1,14 | 0,22 | 23,9 |
| 10 | $N_{40}P_{80}K_{20}$ | 1,34 | 1,68 | 1,19 | 0,28 | 1,12 | 0,20 | 21,7 |
| 11 | $N_{40}P_{20}K_{20}$ | 1,26 | 2,10 | 1,27 | 0,17 | 1,20 | 0,28 | 30,4 |
| 12 | $N_{80}P_{120}K_{40}$ | 1,35 | 1,68 | 0,90 | 0,30 | 1,06 | 0,14 | 15,2 |
| 13 | $N_{120}P_{80}K_{40}$ | 1,35 | 1,81 | 1,00 | 0,35 | 1,13 | 0,21 | 22,8 |
| 14 | $N_{80}P_{260}K_{40}$ | 0,88 | 2,17 | 0,89 | 0,28 | 1,06 | 0,14 | 15,2 |
| Средняя по опыту | | 1,30 | 1,88 | 1,07 | 0,26 | 1,12 | - | - |
| Средняя по удобренным фонам | | 1,32 | 1,90 | 1,09 | 0,26 | 1,14 | - | - |
| ± к контролю | т с 1 га | 0,26 | 0,38 | 0,23 | 0,03 | - | 0,22 | - |
| | % | 24,3 | 25,0 | 26,5 | 12,2 | - | - | 23,7 |
| НСР ₀₅ т/га | | 0,113 | 0,344 | 0,164 | 0,055 | - | - | - |

При этом вариант $N_{80}P_{40}K_{20}$ стабильно в течение 4-х лет, независимо от погодных условий, ежегодно превышал по урожайности контроль, тогда как варианты: $P_{40}K_{20}$, $N_{40}P_{80}K_{20}$ и $N_{40}P_{40}$ – в течение трёх лет.

Следующая группа вариантов: $N_{20}P_{20}K_{10}$ (1,16 т с 1 га), $N_{40}K_{20}$ (1,14 т с 1 га), $N_{80}P_{80}K_{40}$ (1,14 т с 1 га), $N_{120}P_{80}K_{40}$ (1,13 т с 1 га), $N_{20}P_{40}K_{20}$ (1,12 т с 1 га) уступила указанным выше вариантам по уровню прибавки урожайности к контролю, однако варианты $N_{40}K_{20}$, $N_{20}P_{40}K_{20}$, $N_{120}P_{80}K_{40}$ ежегодно превосходили контроль.

Важным вопросом для производства является окупаемость применяемых доз удобрений прибавкой урожайности в кг на 1 кг д.в.

Расчеты по окупаемости 1 кг д.в. удобрений дополнительно полученным зерном по вариантам в сравнении с контролем, где удобрения не применялись, показали, что наиболее окупаемыми вариантами – $N_{20}P_{20}K_{10}$ (4,800 кг/кг), $P_{40}K_{20}$ (3,666 кг/кг), $N_{40}P_{40}K_{20}$ (3,250 кг/кг) и $N_{20}P_{40}K_{20}$ (2,562 кг/кг) (табл. 32).

Таблица 32 – Оплата зерном яровой твердой пшеницы 1 кг д.в. удобрений при основном внесении разных видов, доз и соотношений минеральных удобрений в центре Оренбургского Предуралья

| № п/п | Доза удобрения, кг д.в. на 1 га | Оплата зерном, кг на 1 кг д.в. по годам | | | | Средняя за 4 года |
|-------|---------------------------------|---|---------|---------|---------|-------------------|
| | | 2006 г. | 2008 г. | 2009 г. | 2010 г. | |
| 1 | Контроль | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 |
| 2 | $N_{40}P_{40}$ | 5,000 | 6,125 | 3,125 | -0,125 | 2,281 |
| 3 | $N_{40}K_{20}$ | 4,833 | 5,500 | 4,000 | 0,333 | 3,666 |
| 4 | $P_{40}K_{20}$ | 4,833 | 8,833 | 4,333 | -0,666 | 4,333 |
| 5 | $N_{40}P_{40}K_{20}$ | 3,600 | 5,100 | 3,800 | 0,500 | 3,250 |
| 6 | $N_{80}P_{80}K_{40}$ | 2,000 | 2,450 | 0,300 | -0,250 | 1,125 |
| 7 | $N_{20}P_{20}K_{10}$ | 14,000 | 5,800 | 0,800 | -1,400 | 4,800 |
| 8 | $N_{80}P_{40}K_{20}$ | 2,000 | 1,143 | 2,357 | 0,357 | 1,464 |
| 9 | $N_{20}P_{40}K_{20}$ | 1,125 | 3,625 | 4,750 | 0,750 | 2,562 |
| 10 | $N_{40}P_{80}K_{20}$ | 1,428 | 4,143 | 2,928 | -0,428 | 2,018 |
| 11 | $N_{40}P_{20}K_{20}$ | -0,750 | 2,500 | 2,000 | 1,000 | 1,188 |
| 12 | $N_{80}P_{120}K_{40}$ | 1,208 | 0,667 | 0,167 | 0,292 | 0,584 |
| 13 | $N_{120}P_{80}K_{40}$ | 1,208 | 1,208 | 0,583 | 0,500 | 0,875 |
| 14 | $N_{80}P_{260}K_{40}$ | -0,375 | 1,080 | 0,062 | 0,104 | 0,218 |

Варианты: $N_{40}P_{40}$ (2,281 кг/кг) и $N_{40}P_{80}K_{20}$ (2,0180 кг/кг) заметно уступают указанным выше, а все остальные попадают в аутсайдеры (1,464-0,218 кг/кг).

Вместе с тем, подобная оценка не может быть окончательной, поскольку в ней не учтено качество зерна и стоимость дозы с учетом цены каждого вида удобрений.

Таким образом, по четырехлетним данным, наибольший уровень урожайности яровой твердой пшеницы обеспечивает полное минеральное удобрение в дозе $N_{40}P_{40}K_{20}$ и фосфорно-калийное удобрение в дозе $P_{40}K_{20}$, а наибольшая окупаемость удобрений зерном достигается в вариантах $N_{20}P_{20}K_{10}$, $P_{40}K_{20}$, $N_{40}P_{40}K_{20}$ и $N_{20}P_{40}K_{20}$.

4.3 Структура урожая и продуктивность растений

Анализ растений яровой твердой пшеницы, выращенной на разных фонах минерального питания, в среднем за 4 года опытов показал, что при 288 стеблях её на 1 кв. м² в контроле, число всех стеблей на удобренных фонах превысило контроль на 30 шт./м² или на 10,4% при колебаниях по вариантам от +17 до 45 шт./м² или от +5,9 до 15,6% (табл. 33, прил. 23). При этом наиболее заметное превышение отмечалось на фонах: $N_{80}P_{260}K_{140}$ (+41 шт./м²), $N_{40}P_{40}$ (+45 шт./м²), $N_{40}K_{20}$ (+36 шт./м²), $N_{40}P_{40}K_{20}$, $N_{20}P_{20}K_{10}$ (+30 шт./м²) и $N_{40}P_{80}K_{20}$ (+29 шт./м²). Значительно меньше превзошли контроль варианты: $N_{80}P_{80}K_{40}$ (+22 шт./м²), $P_{40}K_{20}$ (+18 шт./м²), $N_{80}P_{40}K_{20}$ (+17 шт./м²).

Но по количеству продуктивных стеблей все варианты с удобрением превзошли контроль (259 шт./м²) в среднем на меньшую величину (+21 шт./м² или 8,1%) при колебаниях от +35 до 8 шт./м² или от 13,5 до 3,1%.

Ряд вариантов: $N_{20}P_{20}K_{10}$ (-3,6%), $N_{40}P_{80}K_{20}$ (-1%), $N_{80}P_{80}K_{40}$ (-1%), $N_{40}K_{20}$ (-0,6%) и $N_{40}P_{40}$ (-0,2%) уступили контролю по степени реализации резерва стеблестоя в продуктивные стебли.

Кроме того, некоторым образом изменилась роль отдельных вариантов в формировании продуктивных стеблей по сравнению с общим стеблестоем.

Наибольшее количество продуктивных стеблей в сравнении с контролем сформировалось на фонах: $N_{40}P_{40}$ (+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./м²). Меньше всех была прибавка количества продуктивных стеблей в вариантах: $N_{20}P_{20}K_{10}$ (+15 шт.), $N_{80}P_{40}K_{20}$ (+11 шт.), $N_{80}P_{80}K_{40}$ (+10 шт.) и $N_{40}K_{20}$ (+8 шт./м²).

Общая кустистость (коэффициент общего кущения) была невысокой – 1,327 ед. (1,28-1,38 ед.), а продуктивная – еще меньше – 1,167 ед. (1,08 – 1,24 ед.) при полноте (степени) реализации общего кущения в продуктивное, равной 88,1% (84,4 – 91,4%). Тем не менее, по вариантам отмечены определенные различия по этим показателям (прил. 24).

Таблица 33 – Структура урожая и продуктивности растений яровой твердой пшеницы на различных фонах минерального питания (средние за 2006, 2008-2010 гг.)

| № П/П | Доза удобрения, кг д.в. на 1 кг | Всего стеблей, шт./м ² | Продук- тивных стеблей, шт./м ² | Кустистость, ед. | | Полнота реализа- ции куще- ния, % | Высота растений, см | Длина колоса, см | Зёрен в колосе, шт. | Масса 1000 зёрен, г | Масса зерна с 1 колоса, г | Выход зерна из урожая, % | Отношение зерна к соломе, ед. | Масса соломы с 1 кв. м, г |
|----------|--|---|---|------------------|-------------------|---|---------------------------|------------------------|---------------------------|------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|--|------------------------------------|
| | | | | общая | продук- тивная | | | | | | | | | |
| 1 | Контроль | 288 | 259 | 1,33 | 1,17 | 88,0 | 66,0 | 5,0 | 18 | 32,77 | 0,64 | 26,0 | 0,36 | 239,9 |
| 2 | N ₄₀ P ₄₀ | 333 | 295 | 1,31 | 1,15 | 87,7 | 72,0 | 5,4 | 20 | 33,88 | 0,75 | 27,7 | 0,40 | 291,7 |
| 3 | N ₄₀ K ₂₀ | 306 | 267 | 1,35 | 1,18 | 87,4 | 68,0 | 5,3 | 20 | 33,03 | 0,72 | 27,0 | 0,39 | 276,7 |
| 4 | P ₄₀ K ₂₀ | 324 | 289 | 1,34 | 1,19 | 88,8 | 70,0 | 5,5 | 20 | 33,84 | 0,74 | 26,9 | 0,40 | 304,2 |
| 5 | N ₄₀ P ₄₀ K ₂₀ | 318 | 291 | 1,29 | 1,15 | 89,1 | 71,0 | 5,6 | 21 | 34,83 | 0,79 | 27,3 | 0,40 | 297,9 |
| 6 | N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀ | 310 | 269 | 1,38 | 1,20 | 87,0 | 73,0 | 5,3 | 20 | 32,04 | 0,73 | 23,8 | 0,33 | 319,0 |
| 7 | N ₂₀ P ₂₀ K ₁₀ | 318 | 274 | 1,28 | 1,08 | 84,4 | 72,0 | 5,4 | 19 | 35,98 | 0,74 | 26,1 | 0,37 | 287,1 |
| 8 | N ₈₀ P ₄₀ K ₂₀ | 305 | 270 | 1,32 | 1,17 | 88,6 | 69,0 | 5,5 | 19 | 34,94 | 0,71 | 28,9 | 0,42 | 253,1 |
| 9 | N ₄₀ P ₈₀ K ₂₀ | 317 | 279 | 1,31 | 1,14 | 87,0 | 73,0 | 5,7 | 20 | 37,50 | 0,80 | 26,9 | 0,40 | 290,8 |
| 10 | N ₈₀ P ₂₆₀ K ₁₄₀ (в запас) | 329 | 294 | 1,36 | 1,24 | 91,2 | 71,0 | 5,7 | 18 | 34,52 | 0,68 | 25,3 | 0,36 | 288,8 |
| | | 319 | 280 | 1,33 | 1,17 | 88,1 | 70,5 | 5,44 | 19,5 | 34,33 | 0,724 | 26,55 | 0,383 | 284,9 |
| | | 318 | 280 | 1,33 | 1,17 | 88,1 | 71,0 | 5,48 | 19,7 | 34,51 | 0,734 | 26,61 | 0,385 | 289,9 |

Коэффициент общего кущения выше, чем в контроле, отмечен в вариантах: $N_{80}P_{80}K_{40}$ (1,38 ед.), $N_{80}P_{260}K_{140}$ (1,36 ед.) и $N_{40}K_{20}$ (1,35 ед.). Здесь превышение составило 0,05 ед. (3,76%) – 0,02 ед. (1,5%), а наиболее низким он оказался при дозах: $N_{20}P_{20}K_{10}$ и $N_{40}P_{40}K_{20}$, и снизился на 0,05 – 0,04 ед. (3,76 – 3,0%) по сравнению с контролем. В остальных вариантах различия были от – 0,01 до +0,01 ед.

Коэффициент продуктивного кущения (продуктивная кустистость) оказался несколько выше, чем в контроле, на фонах: $N_{80}P_{260}K_{140}$ (+0,07 ед.),

$N_{80}P_{80}K_{40}$ (1,30 ед.) и $N_{40}K_{20}$ (0,02 ед.). Прибавки составили от 5,98 до 1,7%.

Заметное снижение коэффициента продуктивного кущения проявилось по вариантам: $N_{20}P_{20}K_{10}$ (-0,09 ед.), $N_{20}P_{40}K_{20}$ (-0,05 ед.), $N_{40}P_{80}K_{20}$ (-0,03 ед.), $N_{40}P_{40}K_{20}$ (-0,02 ед.) и $N_{40}P_{40}$ (-0,02 ед.). Оно составило от 7,69 до 1,7%. В остальных различий или не было, или они не превысили 0,01 ед. (0,85%).

Наибольшей степенью реализации общей кустистости в продуктивный стеблестой выделились фоны: $N_{80}P_{260}K_{140}$ (91,2%), $N_{40}P_{40}K_{20}$ (89,1%), $P_{40}K_{20}$ (88,8%) и $N_{80}P_{40}K_{20}$ (88,6%). Они превысили контроль на 3,4 – 0,6%.

Растения яровой твердой пшеницы на удобренных фонах отличались более высоким ростом (на 2-8 см) и колосом большей длины (на 0,3-0,7 см) (прил. 25).

При высоте растений в контроле 66 см, растения на фонах: $N_{40}P_{80}K_{20}$ (+7 см), $N_{80}P_{80}K_{40}$ (+7 см) и $N_{20}P_{20}K_{10}$ (+6 см) были на 12,1-9,1% выше, а на фонах: $N_{80}P_{260}K_{140}$ (+5 см), $N_{40}P_{40}K_{20}$ (+5 см), $P_{40}K_{20}$ (+4 см), $N_{80}P_{40}K_{20}$ (+3 см) и $N_{40}K_{20}$ (+2 см) на 7,6 - 3% были более рослыми, чем на контроле.

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

Под действием вариантов: $N_{80}P_{40}K_{20}$, $P_{40}K_{20}$, $N_{40}P_{40}$ и $N_{40}K_{20}$ колос пшеницы удлинился на 0,5-0,3 см или на 10 – 6% по сравнению с контролем.

Урожайность складывалась из произведения числа продуктивных стеблей на массу зерна с 1 колоса.

В нашем опыте масса зерна с 1 колоса составила в среднем 0,724 г. Удобренные варианты имели её на 0,091 г выше (+14,2%), чем в контроле. Самыми продуктивными были колосья с вариантов: $N_{40}P_{80}K_{20}$ (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% (прил. 26).

На 0,07-0,10 г (10,9-15,6%) тяжелее, чем в контроле, оказалось зерно с 1 колоса в вариантах: $N_{40}K_{20}$, $N_{120}P_{80}K_{20}$, $N_{80}P_{80}K_{40}$. Наименьшую прибавку по массе зерна с 1 колоса дал вариант $N_{80}P_{260}K_{140}$ (0,04 г) или 6,2%.

Масса зерна с 1 колоса определилась двумя составляющими: числом зерен и массой 1000 зерен.

Число зерен в колосе на подавляющем количестве вариантов было на 1-3 шт. больше, чем на контрольном (+5,6-16,7%), где насчитывалось 18 зерен. Лишь в варианте $N_{80}P_{260}K_{140}$ оно было равным с ним.

Заметные различия наблюдались по массе 1000 зерен. В контроле она составила 32,77 г, тогда как вариантам удобрений колебалась в пределах $33,03 \div 37,50$ г.

Наиболее массивное 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 тяжеловеснее, чем на контроле на 4,73-2,38 г или на 9,8%.

Заметно тяжелее было зерно с вариантов: $N_{80}P_{40}K_{20}$ (+2,17 г), $N_{40}P_{40}K_{20}$ (+2,06 г), $N_{80}P_{260}K_{140}$ (+1,75 г), где оно превысило контроль по массе на 6,6-5,3%. Менее заметная разница с контролем характерна для фонов: $N_{40}P_{40}$ (+1,11 г), $P_{40}K_{20}$ (+1,07 г) и $N_{40}K_{20}$ (+0,26 г). Она составила 0,8-3,4%. Лишь в варианте $N_{80}P_{80}K_{40}$ масса 1000 зерен уступила контролю на 0,73 г (2,2%).

Важным показателем при оценке эффективности приемов является выход зерна из урожая, отношение зерна к соломе ($K_{хоз.}$), а также сбор соломы с единицы площади.

По нашим данным выход зерна из урожая яровой твердой пшеницы при средней величине по опыту 26,25% на удобренных фонах оказался выше, чем в контроле, на 0,27% (прил. 27).

Различия по вариантам были невелики (от - 2,2 до +2,9%). Несколько заметнее способствовали повышенному выходу зерна из урожая дозы: $N_{80}P_{40}K_{20}$ (+2,9%),

$N_{40} P_{40}$ (+1,3%), $N_{40} P_{40} K_{20}$ (+1,3%), $N_{40} K_{20}$ (+1,0%), $P_{40} K_{20}$ (0,9%) и $N_{40} P_{80} K_{20}$ (+0,9%). Сильнее других уступили контролю варианты: $N_{80} P_{80} K_{40}$ (-2,2%) и $N_{80} P_{260} K_{140}$ (-0,7%).

Лучшими отношениями зерна к соломе отличались фоны: $N_{40} P_{40}$, $P_{40} K_{20}$, $N_{40} P_{40} K_{20}$, $N_{80} P_{40} K_{20}$, $N_{40} P_{80} K_{20}$ и $N_{40} K_{20}$ (0,42-0,39%). В этих случаях прирост $K_{хоз}$ по сравнению с контролем составил 16,7-8,3% или 0,06-0,03 ед.

Отклонение в худшую сторону на 8,3% или - 0,03 ед. обнаружено в варианте $N_{80} P_{80} K_{40}$. В остальных вариантах различия были незначительными или их не было. В целом эффект от удобрений в среднем по всем вариантам по сравнению с контролем составил 7% или +0,025 ед.

Масса соломы с 1 кв.м в среднем по опыту составила 284,9 г с колебаниями по фонам от 239,9 до 319 г. Все варианты удобрений способствовали наращиванию массы соломы в среднем на 50,0 г с 1 кв. м или на 20,8% большей, чем на контроле.

Большой сбор соломы характерен для фонов: $N_{80} P_{80} K_{40}$ (+79,1 г/м²) и $P_{40} K_{20}$ (64,3 г/м²). Здесь он был выше 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 19,7-24,2%.

Самый же низкий сбор соломы с 1 кв. м характерен для двух вариантов - $N_{80} P_{40} K_{20}$ (+13,2 г или 5,5% к контролю) и $N_{40} K_{20}$ (+36,8 г или 15,3%).

ГЛАВА 5 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КАЧЕСТВА ЗЕРНА ЯРОВОЙ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ

Высокое качество зерна твердой пшеницы из степных регионов России известно с 19 века. Но в последние годы в Поволжье, на Урале, в Сибири идет сокращение посевов этой ценной продовольственной культуры и все меньше поставляется ее высококлассного зерна на внутренний и внешний рынки.

Тем не менее, в степных регионах такого зерна производится все меньше. Идет замещение ее посевов более урожайными: озимой пшеницей, ячменем, мягкими (сильными) пшеницами и многими другими культурами в связи с запросами рынка.

5.1 Содержание и сбор белка

Многие исследователи указывают на важное значение удобрений в улучшении показателей качества зерна яровой твердой пшеницы.

Важнейшая роль в процессах жизнедеятельности принадлежит белковым веществам. Почти все реакции в живом организме происходят с участием белка.

Содержание белка в зерне зависит от сорта, природно-климатических условий и агротехнических мероприятий. Увеличение производства белка считается проблемой во все времена для населения Земли. Почти половина населения Мира испытывает белковое голодание.

Страны Земного шара с благоприятными условиями увлажнения и умеренным температурным режимом получают высокие урожаи пшеницы, но она отличается невысоким качеством зерна и, прежде всего, низким содержанием белка и клейковины.

Прошло полтора века, когда Н.Е. Лясковский (1865) впервые установил, что содержание белковых веществ в пшенице повышается с продвижением посевов с севера на юг и с запада на восток страны. «По мере того как лето становится интенсивнее, а количество выпадающего дождя уменьшается, содержание азота в зерне пшеницы увеличивается».

П.Е. Суднов (1965) пришёл к выводу, что «на типичных чернозёмах отмечается высшее качество зерна пшеницы, несколько более низкое – на каштановых, ещё ниже на выщелоченных чернозёмах и самое низкое – на бедных почвах».

Н.И. Шарапов, В.А. Смирнов (1966) указывали, что сухая жаркая погода при интенсивной солнечной инсоляции при недостатке влаги способствуют синтезу и накоплению белка.

А.И. Носатовский (1965), И.М. Коданев (1976), А.И. Марушев (1961) отмечали обратную зависимость между ростом урожайности и содержанием белка в зерне пшеницы. В этом случае растениям не хватает азота в почве, а при внесении его в повышенных дозах это явление, так называемое «ростовое разбавление», не наблюдается.

По данным Д.Н. Прянишникова (1953), И.В. Мосолова и Ф.К. Воробьёва (1940) основным фактором получения высококачественного зерна является уровень азотного питания в первый период налива зерна. Влага в этом случае способствует лучшему усвоению азота из почвы и передаче его в зерно.

В то же время с помощью удобрений 60 кг д.в. на 1 га N, P₂O₅ и K₂O Авдониному Н.С. (1978) в условиях Подмосковья удалось повысить содержание белка приблизительно на 3% в зерне пшеницы.

Любой фактор, повышающий урожай без улучшения азотного питания возделываемого сорта, ведёт к снижению его белковости. В этом причина проявляющейся обратной связи между величиной урожая и содержанием белка (А.А. Созинов и др., 1977).

Более высоких доз требуют и высокоурожайные сорта (Н.С. Авдонин, 1977).

В условиях Заволжья (Н.И. Глуховцева, Ф.И. Тимохин, 1977) на базе опытов с сортом яровой твёрдой пшеницы Харьковская 46 наибольшая урожайность в среднем за 1969-1971 гг. была получена на фоне N₆₀P₉₀K₃₀ (3,13 т с 1 га), что на 0,32 т с 1 га была выше, чем в контроле. Зерно с более высокими показателями белка и сырой клейковины, чаще, выше в нём же. При этом удобренные варианты позволяли повышать их.

По данным К. Vagnott, Puri Y (1979) в США при внесении 300 кг на 1 га азота, урожайность иногда снижалась. Но возрастающие дозы его увеличивали содержание белка в зерне и муке двух изученных сортов яровой твёрдой пшеницы.

По данным в Курской области содержание белка и сырой клейковины в зерне твёрдой пшеницы Харьковская 46 на контроле составило 11,7% и 25,16%, на фоне $N_{60}P_{60}K_{60}$ оно повысилось на 12,99% и 30,15%, а при дозах $N_{120}P_{90}K_{90}$ увеличилось до 15,35% и 34,14%.

Длительное применение удобрений, изменяя условия питания растений, влияет на их химический состав. В них повышается содержание азота и фосфора. По данным М.С. Гупало и др. (1964) под действием фосфорных удобрений количество фосфора в растениях увеличилось в 2-3 раза, при этом сильнее менялся химический состав соломы, улучшались или оставались без изменения физические показатели: натура, масса 1000 зёрен.

На южных чернозёмах Юго-Востока белковость зерна возросла от использования азота, а фосфор и калий не оказывали существенного влияния.

По мнению А.Н. Павлова (1967) путём внесения азотных удобрений можно повысить белковость зерна в 1,5 раза.

Наиболее вероятной причиной снижения белковости зерна под влиянием фосфора является то, что внесение фосфорных удобрений усиливает рост растений и увеличивает урожай зерна, а это приводит к недостатку азота в растении и снижает процентное содержание белка.

В условиях степного Заволжья наилучшее по качеству зерна яровой твёрдой пшеницы получено при внесении полного минерального удобрения. Содержание белка по сравнению с неудобренным фоном увеличилось на 1,0-1,1%, клейковины на 4,4-4,6%. Прочность макарон повысилась на 41-67 г. Подобные данные приводит А.Г. Марковский (1974).

Более надёжные результаты даёт внесение удобрений под основную обработку почвы. В опытах Оренбургского НИИСХ на обыкновенном чернозёме применение под яровую твёрдую пшеницу Харьковская 46 азотного удобрения отдельно или в сочетании с другими туками в дозе 40 кг/га обеспечивало гарантированное

повышение белковости зерна в среднем на 1%. В такой же степени повышалось и содержание клейковины в зерне (И.И. Гридасов, В.М. Андреева, В.Н. Кравченко, 1985).

В стационарном опыте ОНИИСХ количество белка и клейковины в зерне яровой твёрдой пшеницы определялось, главным образом, азотным питанием. При этом с увеличением доли азота повышалось их содержание.

Так, при внесении тройной дозы его на фоне РК в зерне яровой твёрдой пшеницы (в целом за годы исследований) содержалось белка 17,2%, клейковины 39,8%, а на варианте без удобрений количество белка было ниже на 0,8, клейковины – на 4,3%. Исключение азота из состава NPK снизило белковость зерна даже по сравнению с неудобренным контролем. Одностороннее улучшение фосфорного питания существенного влияния на содержание белка и клейковины не оказало (И.И. Гридасов, В.М. Андреева, В.Н. Кравченко, 1985).

Внесение туков осенью под вспашку зяби – действенное средство обеспечения яровой пшеницы питанием на протяжении всей вегетации. На обыкновенных и южных чернозёмах области от 40 кг /га действующего начала азота и фосфора урожайность яровой пшеницы увеличивается на 0,21-0,38 т с 1 га.

Яровая твёрдая пшеница, идущая после озимой ржи, хорошо отзывается на повышение дозы азота. Внесение $N_{120}P_{40}K_{30}$ осенью под основную обработку почвы в среднем за 5 лет повысило урожайность зерна Харьковской 46 на 0,47 т с 1 га. Белковость её при этом возросла на 0,8%, а содержание сырой клейковины увеличилось с 35,5 до 39,8%.

В «Системе сухого земледелия Оренбургской области» (Уфа, 1992) указывалось, учитывая, что здесь 89% пашни имеют низкую и среднюю обеспеченность подвижным фосфором, необходимо использовать минеральные удобрения в оптимальных экологически безопасных дозах.

Фосфорные удобрения в первую очередь направляют в паровые поля и для рядкового внесения. Наибольшие дозы питательного вещества позволяют получить 0,05-0,15 т с 1 га прибавки зерна при окупаемости 1 кг фосфора 2-3 кг зерна.

Считалось, что в калийных удобрениях нуждаются почвы северной зоны, где 17-18% пашни имеют низкую обеспеченность обменным калием. Небольшие дозы

20-30 кг/га д.в. рекомендуется применять в паровом поле для повышения засухоустойчивости растений и улучшения качества зерна. На типичных чернозёмах калий необходим также для предотвращения полегания зерновых культур.

Систему удобрения твёрдой пшеницы необходимо дифференцировать в зависимости от почвенно-климатических зон, биологических особенностей сортов, предшественников, ожидаемого урожая и качества зерна.

В опытах Самарского НИИСХ на обыкновенных и южных чернозёмах области в связи с невысоким содержанием гумуса и слабым протеканием нитрификационных процессов отмечается низкое содержание доступного растениям азота. Эффект от внесения азотных удобрений высокий, фосфорно-калийные удобрения менее эффективны.

В среднем по области рекомендуются дозы под яровую твёрдую пшеницу $N_{45-60}P_{30-45}K_{30-45}$. Это обеспечивает повышение урожая на 9,9-28,5%, улучшается качество зерна. Минимальные дозы удобрений, направленные на эффективное использование ресурсов влаги и потенциала культуры, составляют $N_{30-45}P_{30}K_{30}$.

С ростом содержания белка в зерне повышается количество всех белковых фракций в зерне, но не в одинаковой степени; больше всего проламинов, меньше глютаминов и ещё меньше альбуминов и глобулинов. Глиадин и глютеин образуют клейковину. Увеличение клейковины в зерне приводит к увеличению силы муки, газодерживающей способности теста, т.е. улучшению хлебопекарных качеств. Наибольшее действие оказывают азотные удобрения. Фосфорные же либо не влияют, либо несколько ухудшают этот показатель. Снижение хлебопекарных качеств пшеницы под действием одностороннего внесения фосфорных удобрений является косвенным фактором, т.к. фосфор может снижать содержание белка в зерне и клейковины, а отсюда несколько ухудшать хлебопекарные свойства. Действие калия на хлебопекарные качества выявлено недостаточно.

Обобщая данные научно-исследовательских учреждений, В.Г. Минеев (1980) делает заключение, что качество зерна при систематическом применении удобрений в севообороте улучшается по большинству показателей с возрастанием доз удобрений.

Важнейшим источником поступления белка в питание человечества является пшеница.

Из комплекса мероприятий наиболее важным источником считается правильное использование удобрений (Е.Д. Казаков, В.Л. Кретович, 1980).

Результаты наших исследований показали, что за четыре года опытов в связи с условиями лет и дозами примененных удобрений содержание белка изменялось от 10,26 до 14,14% при среднем показателе по опыту 12,83% (табл. 34). Удобренные фоны в среднем превысили контроль на 1,55%. Подобная картина наблюдалась ежегодно.

Таблица 34 – Содержание белка в зерне яровой твердой пшеницы при выращивании её на разных фонах минеральных удобрений

| № п/п | Доза удобрения, кг д. в. на 1 га | Содержание белка, % по годам | | | | Содержание белка, % (среднее за 4 года) |
|--------------------------------|---|------------------------------|---------|---------|---------|--|
| | | 2006 г. | 2008 г. | 2009 г. | 2010 г. | |
| 1. | Контроль | 12,20 | 11,86 | 10,26 | 11,40 | 11,43 |
| 2. | N ₄₀ P ₄₀ | 13,68 | 13,00 | 11,63 | 13,11 | 12,86 |
| 3. | N ₄₀ K ₂₀ | 13,57 | 13,33 | 11,51 | 12,82 | 12,82 |
| 4. | P ₄₀ K ₂₀ | 12,08 | 13,05 | 10,48 | 12,65 | 12,06 |
| 5. | N ₄₀ P ₄₀ K ₂₀ | 13,79 | 13,11 | 11,68 | 13,40 | 13,00 |
| 6. | N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀ | 14,02 | 13,85 | 12,65 | 13,90 | 13,61 |
| 7. | N ₂₀ P ₂₀ K ₁₀ | 13,28 | 13,11 | 11,40 | 13,00 | 12,70 |
| 8. | N ₈₀ P ₄₀ K ₂₀ | 14,14 | 13,68 | 12,54 | 14,10 | 13,62 |
| 9. | N ₄₀ P ₈₀ K ₂₀ | 13,00 | 12,82 | 11,51 | 12,77 | 12,52 |
| 10. | N ₈₀ P ₂₆₀ K ₁₄₀ | 14,02 | 13,91 | 12,65 | 14,10 | 13,67 |
| Среднее по опыту | | 13,38 | 13,17 | 11,63 | 13,12 | 12,83 |
| Среднее по удобренным фонам | | 13,51 | 13,32 | 11,78 | 13,31 | 12,98 |
| ± к контролю, % | | +1,31 | +1,46 | +1,52 | +1,91 | +1,55 |

По средним данным за 4 года опытов наибольшим содержанием белка выделились варианты: N₈₀P₂₆₀K₁₄₀ (13,67%), N₈₀P₄₀K₂₀ (13,62%), N₈₀P₈₀K₄₀ (13,61%) и N₄₀P₄₀K₂₀ (13,0%) при содержании в контроле – 11,43%.

В вариантах, где азот не вносился (P₄₀K₂₀) содержание белка в зерне повысилось на 0,63%, где вносился фосфор в двойной дозе (N₄₀P₈₀K₂₀) оно возросло на 1,09%; азот – в половинной дозе – на 1,27%, а в сочетаниях N₄₀K₂₀ и N₄₀P₄₀ – на 1,39 и 1,43%.

Сбор белка с 1 га посевов яровой пшеницы изменялся за годы опытов по вариантам от 0,011 до 0,302 т с 1 га при средней величине 0,146 т с 1 га. При этом удобренные варианты за 4 года в среднем превзошли контроль на 0,046 т с 1 га или 43,8% (табл. 35).

Таблица 35 – Сбор белка с урожаем зерна яровой твердой пшеницы при выращивании её на разных фонах минеральных удобрений

| № п/п | Доза удобрения, кг д. в. на 1 га | Сбор белка, т с 1 га по годам | | | | Сбор белка, т с 1 га (средний за 4 года) |
|-----------------------------|---|-------------------------------|---------|---------|---------|--|
| | | 2006 г. | 2008 г. | 2009 г. | 2010 г. | |
| 1. | Контроль | 0,129 | 0,180 | 0,088 | 0,026 | 0,105 |
| 2. | N ₄₀ P ₄₀ | 0,200 | 0,261 | 0,129 | 0,029 | 0,154 |
| 3. | N ₄₀ K ₂₀ | 0,183 | 0,247 | 0,127 | 0,032 | 0,146 |
| 4. | P ₄₀ K ₂₀ | 0,163 | 0,268 | 0,144 | 0,024 | 0,150 |
| 5. | N ₄₀ P ₄₀ K ₂₀ | 0,195 | 0,266 | 0,145 | 0,038 | 0,161 |
| 6. | N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀ | 0,205 | 0,278 | 0,116 | 0,011 | 0,155 |
| 7. | N ₂₀ P ₂₀ K ₁₀ | 0,238 | 0,237 | 0,103 | 0,021 | 0,147 |
| 8. | N ₈₀ P ₄₀ K ₂₀ | 0,189 | 0,230 | 0,149 | 0,039 | 0,152 |
| 9. | N ₄₀ P ₈₀ K ₂₀ | 0,164 | 0,269 | 0,146 | 0,022 | 0,150 |
| 10. | N ₈₀ P ₂₆₀ K ₁₄₀ | 0,123 | 0,302 | 0,113 | 0,039 | 0,145 |
| Средний по опыту | | 0,179 | 0,254 | 0,126 | 0,028 | 0,146 |
| Средний по удобренным фонам | | 0,184 | 0,262 | 0,130 | 0,028 | 0,151 |
| ± к контролю | т с 1 га | +0,055 | +0,082 | +0,042 | +0,002 | +0,046 |
| | % | 43,1 | 45,6 | 47,7 | 7,7 | 43,8 |

Наиболее высокий сбор белка обеспечили варианты: N₄₀P₄₀K₂₀ (0,161 т с 1 га), N₈₀P₈₀K₄₀ (0,155 т с 1 га), N₄₀P₄₀ (0,154 т с 1 га) и N₈₀P₄₀K₂₀ (0,152 т с 1 га). Это выше контроля на 0,056-0,047 т с 1 га.

В вариантах без азота (P₄₀K₂₀) и с двойной дозой фосфора (N₄₀P₈₀K₂₀) сбор белка понизился до 0,15 т с 1 га, а на фоне внесения P₂₆₀K₁₄₀ в запас и N₈₀ под твердую пшеницу и на фоне N₄₀K₂₀ без фосфора обнаружилось дальнейшее его снижение до 0,146 т с 1 га. Но, тем не менее, и в этих вариантах сбор белка с 1 га превышал контроль на 0,041-0,040 т с 1 га.

Значительное влияние на содержание белка в зерне яровой твердой пшеницы оказали погодные условия лет её вегетации. Повышенное содержание белка было характерно для 2006, 2008 и 2010 годов (13,38; 13,17 и 13,12% соответственно) и

более низким (11,63%) оно оказалось в 2009 году, что мы объясняем влиянием „запала” зерна в период его формирования.

В 2006 году был введен новый стандарт на качество зерна яровой твердой пшеницы, в котором предусмотрена его оценка по содержанию белка.

Результаты оценки качества зерна яровой твердой пшеницы по этому показателю ГОСТа (табл. 36) показали, что на контроле, т.е. при выращивании без удобрений, зерно относится к 3-му (50% лет) и 4-му (50 % лет) классам.

Таблица 36 – Классность зерна яровой твердой пшеницы по содержанию белка (ГОСТ Р 52554-2006) при выращивании на фоне различных доз минеральных удобрений

| № п/п | Доза удобрения, кг д.в. на 1 га | Класс, по годам | | | | Вероятность класса, случаев / % | | | |
|---------------------------------|---|-----------------|---------|---------|---------|---------------------------------|-------|--------|------|
| | | 2006 г. | 2008 г. | 2009 г. | 2010 г. | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1. | Контроль | 3 | 3 | 4 | 4 | - | - | 2/50 | 2/50 |
| 2. | N ₄₀ P ₄₀ | 1 | 2 | 3 | 2 | 1/25 | 2/50 | 1/25 | - |
| 3. | N ₄₀ K ₂₀ | 1 | 2 | 3 | 2 | 1/25 | 2/50 | 1/25 | - |
| 4. | P ₄₀ K ₂₀ | 3 | 2 | 4 | 2 | - | 2/50 | 1/25 | 1/25 |
| 5. | N ₄₀ P ₄₀ K ₂₀ | 1 | 2 | 3 | 2 | 1/25 | 2/50 | 1/25 | - |
| 6. | N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀ | 1 | 1 | 2 | 1 | 3/75 | 1/25 | - | - |
| 7. | N ₂₀ P ₂₀ K ₁₀ | 2 | 2 | 4 | 2 | - | 3/75 | - | 1/25 |
| 8. | N ₈₀ P ₄₀ K ₂₀ | 1 | 1 | 2 | 1 | 3/75 | 1/25 | - | - |
| 9. | N ₄₀ P ₈₀ K ₂₀ | 2 | 1 | 3 | 2 | 1/25 | 2/50 | 1/25 | - |
| 10. | N ₈₀ P ₂₆₀ K ₁₄₀ | 1 | 1 | 2 | 1 | 3/75 | 1/25 | - | - |
| Вероятность класса, лет / % лет | 1 | 6/60 | 4/40 | -/- | 3/30 | 13/32,5 | - | - | - |
| | 2 | 2/20 | 5/50 | 3/30 | 6/60 | - | 16/40 | - | - |
| | 3 | 2/20 | 1/10 | 4/40 | -/- | - | - | 7/17,5 | - |
| | 4 | -/- | -/- | 3/30 | 1/10 | - | - | - | 4/10 |
| Всего: случаев / % | | 10/25 | 10/25 | 10/25 | 10/25 | | | | |

Все варианты с внесением удобрений повысили вероятность получения более высококлассного зерна по содержанию белка. При этом в числе лучших оказались три варианта: N₈₀P₈₀K₄₀, N₈₀P₄₀K₂₀ и N₈₀P₂₆₀K₁₄₀, которые обеспечили формирование первоклассного зерна в течение 3 лет опытов (75% лет) и второклассного в один год (25% лет).

Четыре варианта (N₄₀P₄₀, N₄₀K₂₀, N₄₀P₄₀K₂₀ и N₄₀P₈₀K₂₀) обеспечили получение зерна первого класса с вероятностью 25% лет, второго – 50% лет и третьего – 25% лет.

Меньшая вероятность получить высококлассное зерно характерна для фонов: $N_{20}P_{20}K_{10}$ (75% лет 2 класс и 25% лет 4 класс) и $P_{40}K_{20}$ (50% лет – 2 класс, 3 и 4 класс по 25% лет).

Сопоставление вариантов по сбору белка с вероятностью формирования высококлассного зерна яровой твердой пшеницы свидетельствовало о противоречивости результатов. Лучшие варианты по сбору белка не совпадали с лучшими вариантами по вероятности формирования высококлассного зерна.

В связи с этим, работникам сельскохозяйственного производства предстоит выбор: наращивать урожайность с пониженным качеством (по содержанию белка) или получать зерно с повышенной белковостью при пониженной урожайности.

5.2 Технологические качества зерна

Данные анализов показали, что объемная масса (натура) зерна за 4 года опытов изменялась по вариантам от 744 до 788 г/л при средней величине 770 г/л (табл. 37, прил. 28-31).

Таблица 37 – Технологические качества зерна яровой твердой пшеницы при выращивании на фоне разных доз удобрений (в среднем за 2006, 2008-2010 гг.)

| № п/п | Доза удобрения, кг д.в. на 1 га | Объемная масса, г/л | Стекловид- ность, % | 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 |

При этом в 16 из 40 случаев (40% случаев) по натуре зерно отвечало ГОСТу на 1 класс, в 23 случаях (57,5% случаев) – второму и в 1 случае (2,5% случаев) – четвертому.

Первоклассное по натуре зерно ежегодно (100% лет опыта) обеспечила доза $N_{40}P_{40}K_{20}$, в 75% лет доза $N_{40}P_{40}$. Доза $N_{80}P_{40}K_{20}$ способствовала получению в 50% лет зерна 1 класса и в 50% лет 2 класса. Пять доз: $P_{40}K_{20}$, $N_{80}P_{80}K_{40}$, $N_{20}P_{20}K_{10}$, $N_{40}P_{80}K_{20}$, $N_{80}P_{260}K_{140}$ были на уровне контроля (1 класс - 25% лет и 2 класс – 75% лет). И хуже всех по вероятности сформировать высококлассное зерно оказалась доза $N_{40}K_{20}$ (1 класс – 25% лет, 2 класс – 50% и 4 класс – 25% лет).

Стекловидность зерна яровой твердой пшеницы в опыте изменялась от 82 до 96% при среднем показателе 91%.

Все использованные дозы удобрений способствовали повышению стекловидности зерна на 3-7%. Наиболее высокие показатели обеспечили дозы: $N_{40}P_{40}$ (94%) и $N_{40}P_{40}K_{20}$ (93%), затем следуют: $N_{80}P_{80}K_{40}$, $N_{80}P_{40}K_{20}$, $N_{80}P_{260}K_{140}$ и $N_{20}P_{20}K_{10}$ (по 92%), $N_{40}K_{20}$ (91%), дозы $P_{40}K_{20}$ и $N_{40}P_{80}K_{20}$ (по 90%).

Оценивая результаты по вероятности формирования высококлассного зерна по показателю стекловидности, следует отметить, что в 95% случаев (38 образцов из 40) она отвечала требованиям 1 класса и лишь в 5% случаев (2 образца из 40) – 3 классу в контроле и при дозе $P_{40}K_{20}$.

Содержание сырой клейковины в зерне в опыте под влиянием условий лет и доз удобрений изменялось от 23 до 33% при средней величине 28,2%. При этом на фоне удобренных вариантов оно превышало контроль на 2,2-3,9%.

Наибольшим содержанием сырой клейковины выделились варианты: $N_{40}P_{40}$ (29,1%), $N_{80}P_{260}K_{140}$ (29,1%), $N_{40}P_{40}K_{20}$ (28,9%).

Затем следуют $N_{20}P_{20}K_{10}$, $N_{80}P_{40}K_{20}$, $N_{40}P_{80}K_{20}$ (по 28,6%), $N_{80}P_{80}K_{40}$ (28,5%), $N_{40}K_{20}$ (28,2%) и $P_{40}K_{20}$ (27,4%) при содержании ее на контроле 25,2%.

По вероятности формировать высококлассное зерно с содержанием клейковины 1 класса в 75% лет и 2 класса в 25% лет выделились четыре фона: $N_{40}P_{40}$, $N_{40}P_{40}K_{20}$, $N_{80}P_{260}K_{140}$ и $N_{20}P_{20}K_{10}$. Фоны: $N_{80}P_{40}K_{20}$, $N_{40}P_{80}K_{20}$, $N_{80}P_{80}K_{40}$ способствовали формированию содержания сырой клейковины на уровне 1 класса в 50% лет и 2 класса также в 50% лет. Дозы: $N_{40}K_{20}$, $P_{40}K_{20}$ формировали высококлассное зерно реже, а контроль в 75% лет – 3 класса.

Что касается качества клейковины, то оно в 97,5% случаев по показателю ИДК-1 отвечало требованиям ГОСТа на II группу или 1 классу. Лишь в контроле в 2009 году отмечено снижение качества клейковины до III группы или 5 класса. В целом по вариантам опыта просматривалось ослабление качества клейковины в контроле и на фоне высоких доз удобрений, что более заметно в более благоприятные годы.

Комплексная оценка зерна яровой твердой пшеницы в соответствии с ГОСТом Р 52554-2006, выращенного на фоне различных вариантов удобрения показала, что среди них наибольшей вероятностью формировать зерно 1 класса отличились дозы: $N_{40}P_{40}$ и $N_{40}P_{40}K_{20}$ (75% лет 1 класса и 25% лет 2 класса). Затем следовал $N_{80}P_{40}K_{20}$ (по 50% лет 1 и 2 класса). Хуже всех оказались контроль (3 и 5 классы), $N_{40}K_{20}$ (2, 3 и 4 классы) и $P_{40}K_{20}$ (2 и 3 классы).

Все остальные варианты, занимая промежуточное положение, обеспечили формирование зерна с качеством на уровне 2 класса (табл. 38).

Таблица 38 – Комплексная оценка классности зерна яровой твердой пшеницы по технологическим качествам с посевов по различным фонам минеральных удобрений

| № п/п | Доза удобрения, кг д.в. на 1 га | Классность зерна по годам | | | | Вероятность класса, случаев / % | | | | |
|----------------|---------------------------------|---------------------------|---------|---------|---------|---------------------------------|---------|--------|--------|--------|
| | | 2006 г. | 2008 г. | 2009 г. | 2010 г. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | Контроль | 3 | 3 | 5 | 3 | - | - | 3/75,0 | - | 1/25,0 |
| 2 | $N_{40}P_{40}$ | 1 | 2 | 1 | 1 | 3/75,0 | 1/25,0 | - | - | - |
| 3 | $N_{40}K_{20}$ | 3 | 3 | 4 | 2 | - | 1/25,0 | 2/50,0 | 1/25,0 | - |
| 4 | $P_{40}K_{20}$ | 2 | 3 | 2 | 2 | - | 3/75,0 | 1/25,0 | - | - |
| 5 | $N_{40}P_{40}K_{20}$ | 1 | 2 | 1 | 1 | 3/75,0 | 1/25,0 | - | - | - |
| 6 | $N_{80}P_{80}K_{40}$ | 1 | 2 | 2 | 2 | 1/25,0 | 3/75,0 | - | - | - |
| 7 | $N_{20}P_{20}K_{10}$ | 1 | 2 | 2 | 2 | 1/25,0 | 3/75,0 | - | - | - |
| 8 | $N_{80}P_{40}K_{20}$ | 1 | 2 | 1 | 2 | 2/50,0 | 2/50,0 | - | - | - |
| 9 | $N_{40}P_{80}K_{20}$ | 2 | 2 | 2 | 2 | - | 4/100 | - | - | - |
| 10 | $N_{80}P_{260}K_{140}$ | 1 | 2 | 2 | 2 | 1/25,0 | 3/75,0 | - | - | - |
| Итого по опыту | | 10 | 10 | 10 | 10 | 11/27,5 | 21/52,5 | 5/12,5 | 1/25,0 | 1/25,0 |
| По классам | 1 | 6 | - | 3 | 2 | 11/27,5 | - | - | - | - |
| | 2 | 2 | 7 | 5 | 7 | - | 21/52,5 | - | - | - |
| | 3 | 2 | 3 | - | 1 | - | - | 5/12,5 | - | - |
| | 4 | - | - | 1 | - | - | - | - | 1/2,5 | - |
| | 5 | - | - | 1 | - | - | - | - | - | 1/2,5 |

Таким образом, результаты наших исследований позволили считать, что удобрения способствовали повышению технологических качеств зерна яровой твердой пшеницы. При размещении ее после озимой ржи, идущей по пару, наиболее часто обеспечивалось получение первоклассного зерна на фоне доз: $N_{40}P_{40}$, $N_{40}P_{40}K_{20}$ и $N_{80}P_{40}K_{20}$. Дозы удобрений с фосфором без азота, с преобладанием фосфора над азотом, а также сочетающих азот и калий без фосфора способствовали получению менее классного зерна. Наиболее низкой классностью отличалось зерно с фона без удобрений.

5.3 Качество макарон

При оценке качества макарон важнейшее значение придают их прочности на излом, степени разваримости и общей оценке в баллах (Н.П. Козьмина, 1971). По нормам Центральной лаборатории Госкомиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур (1987) цвет макарон должен быть жёлтый (лимонный). Такие макароны оцениваются в 5 баллов, если цвет их кремовый – в 4 балла, но если на макаронах этих цветов и светлокремового цвета есть бурые или коричневые пятна, то оценка снижается до 3-2 баллов.

По нашим данным за 4 года (2006, 2008-2010) прочность макарон в опыте в среднем составила 664 г с колебаниями от 340 до 990 г. Наиболее прочными они были из урожая 2009 года – 954 г (932-990 г), а наименьшую прочность – 472 г (340-595 г) имели в благоприятном 2008 году (табл. 39). Промежуточное положение заняли макароны по коэффициенту разваримости и общей балльной оценке (табл. 40, 41). При этом роль удобрений проявилась в различной прочности макарон из урожаев каждого года, а на разваримости их и общей оценке их действие было слабым. На этих показателях сказались, главным образом, особенности условий лет.

Прочность макарон в контрольном варианте была наиболее низкой – 583 г (370-941 г), но отвечала требованиям отличной оценки 600 г и более в 2009 году (941 г), хорошей 500 – 600 г в 2006 году (545 г), удовлетворительной 400 – 500 г в 2010 году и неудовлетворительной – менее 400 г в 2008 году (370 г).

Тем не менее, удобрения в подавляющем большинстве вариантов способствовали повышению прочности макарон в условиях каждого года. По средним данным за четыре года это превышение составило от 59 до 131 г или от 10,1 до 22,6% по отношению к контролю (583 г).

Таблица 39 – Прочность макарон из яровой твердой пшеницы, выращенной на фоне различных доз минеральных удобрений

| № п/п | Доза удобрения, кг д.в. на 1 га | Прочность макарон, г по годам | | | | Средняя | ± к контролю | |
|---------|---|-------------------------------|---------|---------|---------|---------|--------------|------|
| | | 2006 г. | 2008 г. | 2009 г. | 2010 г. | | г | % |
| 1 | Контроль | 545 | 370 | 941 | 475 | 583 | 0,00 | 100 |
| 2 | N ₄₀ P ₄₀ | 685 | 595 | 932 | 650 | 715 | +132,0 | 22,6 |
| 3 | N ₄₀ K ₂₀ | 685 | 540 | 985 | 545 | 681 | +98,0 | 16,8 |
| 4 | P ₄₀ K ₂₀ | 535 | 560 | 990 | 595 | 670 | +87,0 | 14,9 |
| 5 | N ₄₀ P ₄₀ K ₂₀ | 750 | 390 | 950 | 558 | 662 | +79,0 | 13,5 |
| 6 | N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀ | 650 | 410 | 961 | 548 | 642 | +59,0 | 10,1 |
| 7 | N ₂₀ P ₂₀ K ₁₀ | 655 | 480 | 946 | 578 | 665 | +82,0 | 14,1 |
| 8 | N ₈₀ P ₄₀ K ₂₀ | 665 | 475 | 990 | 590 | 680 | +97,0 | 16,6 |
| 9 | N ₄₀ P ₈₀ K ₂₀ | 705 | 565 | 940 | 535 | 686 | +103,0 | 17,7 |
| 10 | N ₈₀ P ₂₆₀ K ₁₄₀ | 710 | 340 | 940 | 632 | 655 | +72,0 | 12,3 |
| Средняя | | 658 | 472 | 954 | 571 | 664 | | |

Наиболее прочными на излом макароны были получены в вариантах: N₄₀P₄₀ (715 г), N₄₀P₈₀K₂₀ (686 г), N₄₀K₂₀ (681 г), N₈₀P₄₀K₂₀ (680 г), N₂₀P₂₀K₁₀ (665 г), N₄₀P₄₀K₂₀ (662 г). Несколько меньше превосходство над контролем имели вариант с внесением доз в запас (N₈₀P₂₆₀K₁₄₀) – +72 г (12,3%) и двойными дозами – N₈₀P₈₀K₄₀ – +59 г (10,1%).

Таблица 40 – Коэффициент разваримости макарон из зерна яровой твердой пшеницы, выращенной на фоне различных доз минеральных удобрений

| № п/п | Доза удобрения, кг д.в. на 1 га | Коэффициент разваримости макарон, по годам | | | | Средний | ± к контролю | |
|---------|---|--|---------|---------|---------|---------|--------------|-----|
| | | 2006 г. | 2008 г. | 2009 г. | 2010 г. | | г | % |
| 1 | Контроль | 3,60 | 4,15 | 3,5 | 4,30 | 3,89 | 0,00 | 100 |
| 2 | N ₄₀ P ₄₀ | 3,60 | 3,95 | 3,5 | 4,35 | 3,85 | -0,04 | 1,0 |
| 3 | N ₄₀ K ₂₀ | 3,60 | 4,00 | 3,5 | 4,20 | 3,82 | -0,07 | 1,8 |
| 4 | P ₄₀ K ₂₀ | 3,60 | 4,10 | 3,5 | 4,00 | 3,80 | -0,09 | 2,3 |
| 5 | N ₄₀ P ₄₀ K ₂₀ | 3,65 | 4,35 | 3,5 | 4,35 | 3,96 | +0,10 | 1,8 |
| 6 | N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀ | 3,60 | 4,35 | 3,5 | 4,60 | 4,01 | +0,12 | 3,1 |
| 7 | N ₂₀ P ₂₀ K ₁₀ | 3,60 | 4,35 | 3,5 | 4,65 | 4,01 | +0,12 | 3,1 |
| 8 | N ₈₀ P ₄₀ K ₂₀ | 3,60 | 4,10 | 3,5 | 4,30 | 3,87 | -0,02 | 0,5 |
| 9 | N ₄₀ P ₈₀ K ₂₀ | 3,60 | 4,20 | 3,5 | 4,35 | 3,91 | +0,02 | 0,5 |
| 10 | N ₈₀ P ₂₆₀ K ₁₄₀ | 3,60 | 4,30 | 3,5 | 4,40 | 3,95 | +0,06 | 1,5 |
| Средний | | 3,60 | 4,18 | 3,5 | 4,35 | 3,91 | | |

Лучшим коэффициентом разваримости по данным Госкомиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур считают 3,0-4,5 (по И.М. Коданеву, 1976). По нашим данным лучшей (меньшей) разваримостью выделялись макароны из урожаев 2006 и 2009 годов (3,6 и 3,5 ед.). Сильнее разваривались макароны из урожая более благоприятного 2008 года ($K=4,18$) и экстремально засушливого 2010 года ($K=4,35$).

При этом в условиях 2006 и 2009 гг. этот коэффициент не зависел от изученных вариантов удобрений, в условиях 2008 года превысил 4,0 ед., кроме вариантов: $N_{40}P_{40}$ ($K=3,95$) и $N_{40}K_{20}$ ($K=4,0$). Незначительно лучше контроля оказался он при дозах: $P_{40}K_{20}$ и $N_{40}P_{80}K_{20}$ (по 4,1 ед., контроль – 4,15). Хуже контроля ($K=4,15$) были варианты: $N_{40}P_{40}K_{20}$, $N_{20}P_{20}K_{10}$, $N_{80}P_{80}K_{40}$ (по 4,35 ед.) и $N_{80}P_{260}K_{140}$ ($K=4,3$).

В условиях 2010 года лучше контроля ($K=4,3$) оказались дозы: $P_{40}K_{20}$ ($K=4,0$), $N_{40}K_{20}$ ($K=4,2$), был равен контролю вариант $N_{80}P_{40}K_{20}$ ($K=4,3$), несколько хуже оказались $N_{40}P_{40}$ ($K=4,35$) и $N_{40}P_{80}K_{20}$ ($K=4,35$). Заметно сильнее разваривались макароны с вариантов: $N_{80}P_{260}K_{140}$ ($K=4,4$), $N_{80}P_{80}K_{40}$ ($K=4,6$) и $N_{20}P_{20}K_{10}$ ($K=4,65$).

Таблица 41 – Общая оценка качества макарон из твердой яровой пшеницы с посевов на фоне различных удобрений

| № п/п | Доза удобрения, кг д.в. на 1 га | Общая оценка макарон, в баллах по годам | | | | Средний | ± к контролю | |
|--------------|---------------------------------|---|---------|---------|---------|---------|--------------|-----|
| | | 2006 г. | 2008 г. | 2009 г. | 2010 г. | | балл | % |
| 1 | Контроль | 4,0 | 2,6 | 4,6 | 2,45 | 3,41 | 0,00 | 100 |
| 2 | $N_{40}P_{40}$ | 4,0 | 3,3 | 4,6 | 2,80 | 3,67 | +0,26 | 7,6 |
| 3 | $N_{40}K_{20}$ | 4,0 | 3,0 | 4,6 | 2,80 | 3,60 | +0,19 | 5,6 |
| 4 | $P_{40}K_{20}$ | 4,0 | 3,0 | 4,6 | 2,95 | 3,64 | +0,23 | 6,7 |
| 5 | $N_{40}P_{40}K_{20}$ | 4,1 | 2,8 | 4,6 | 2,80 | 3,57 | +0,16 | 4,7 |
| 6 | $N_{80}P_{80}K_{40}$ | 4,0 | 2,8 | 4,6 | 2,45 | 3,46 | +0,05 | 1,5 |
| 7 | $N_{20}P_{20}K_{10}$ | 4,0 | 2,8 | 4,6 | 2,60 | 3,50 | +0,09 | 2,6 |
| 8 | $N_{80}P_{40}K_{20}$ | 4,0 | 3,3 | 4,6 | 2,80 | 3,67 | +0,26 | 7,6 |
| 9 | $N_{40}P_{80}K_{20}$ | 4,1 | 3,3 | 4,6 | 2,80 | 3,70 | +0,29 | 8,5 |
| 10 | $N_{80}P_{260}K_{140}$ | 4,0 | 3,0 | 4,6 | 2,60 | 3,55 | +0,14 | 4,1 |
| Средний балл | | 4,0 | 3,0 | 4,6 | 2,70 | 3,57 | | |

Наиболее высокую общую оценку в баллах имели макароны из урожая 2009 года (4,6 балла), независимо от изученных вариантов удобрения, затем следовали

макарон из урожая 2006 года (4,0 балла). В этом году лишь два варианта: $N_{40}P_{40}K_{20}$ и $N_{40}P_{80}K_{20}$ повысили её до 4,1 балла, в остальных она была одинаковой (по 4,0 балла). Повышение влагообеспеченности сезона вегетации в 2008 году сказалось отрицательно на общей оценке макарон. Она снизилась до 2,6-3,3 балла. Но в этих условиях проявилось положительное влияние удобрений. Все варианты удобрений повысили оценку макарон. Наиболее же заметно это обнаружилось в вариантах: $N_{80}P_{40}K_{20}$, $N_{40}P_{80}K_{20}$, $N_{40}P_{40}$ (по 3,3 балла). По 3 балла оценивались макаронны на фонах: $N_{40}K_{20}$, $P_{40}K_{20}$ и $N_{80}P_{260}K_{140}$, а в вариантах: $N_{40}P_{40}K_{20}$, $N_{80}P_{80}K_{40}$ и $N_{20}P_{20}K_{10}$ она составила 2,8 балла или на 0,2 балла выше, чем в контроле. В экстремально засушливом 2010 году макаронны оказались самого низкого качества – 2,45 ÷ 2,95 балла. Но внесение удобрений улучшило балльную оценку. Наиболее заметно это было в вариантах: $P_{40}K_{20}$ (2,95 балла), $N_{40}P_{40}$, $N_{40}K_{20}$, $N_{40}P_{40}K_{20}$, $N_{80}P_{40}K_{20}$ и $N_{40}P_{80}K_{20}$ (по 2,8 балла). На фонах $N_{20}P_{20}K_{10}$ и $N_{80}P_{260}K_{140}$ она на 0,2 балла превзошла контроль и была ниже, чем в других вариантах.

Таким образом, для получения хорошего и отличного качества макарон из твёрдой яровой пшеницы необходим комплекс теплообеспеченных умеренно засушливых лет в сочетании с достаточной пищеобеспеченностью за счёт внесения удобрений. Удвоение доз и применение половинных доз NPK не оправдано.

5.4 Экологическая оценка качества зерна яровой твердой пшеницы

В состав минеральных удобрений практически всегда входят тяжелые металлы, элементы с атомной массой более 40. По данным ЦИНАО в удобрениях содержится разное их количество.

В суперфосфате, азофоске и аммиачной селитре содержится 75,112 и 0,18 мг/кг мышьяка; 210,182 и 0,35 мг/кг селена; 11,105 и 0,25 мг/кг свинца, а в азофоске ещё и 0,01 мг/кг ртути.

По степени опасности мышьяк, ртуть, селен и свинец относятся к I группе, во II группе оказываются бор, кобальт, молибден, хром и медь, а в III – марганец. Многие из них используются в качестве микроудобрений.

В то же время наличие их в удобрениях ещё не означает, что они обязательно перейдут в почву и растения. Почвы и растения обладают избирательностью к накоплению тех или иных элементов. Свинец, ртуть и хром слабо поглощаются растениями, кадмий, цинк и таллий более доступны. Способность никеля и меди поступать в растения расценивают по-разному. При низком показателе рН, невысокой ёмкости поглощения, небольшом содержании органики и фосфора металлы, малодоступные для растений, могут поглощаться в значительных количествах. Концентрация свинца в почве на уровне 10000 мг/кг вызывает накопление в кормах и приводит к отравлению животных.

В.Г. Минеев (1980) отмечает, что минеральные удобрения, содержащие повышенное количество кадмия, способствуют поступлению его в почву и растения.

Следовательно, приведенные данные свидетельствуют о возможности регулирования обеспеченности почвы подвижными питательными веществами с помощью минеральных удобрений, но в последние годы их применение резко снизилось из-за возможного накопления в почве и урожае тяжёлых металлов, нитратов, нитритов. В то же время данные длительных полевых опытов (Минеев В.Г. с соавторами, 1991) тяжёлые металлы в урожае, вредные для человека от внесения 40-60 кг/га фосфора, могут накопиться только через 100 лет.

По данным Voop R. (1979г.) в Бельгии недостаток азота резко снижает урожай сельскохозяйственных культур. Однако избыток азота в результате внесения чрезмерно высоких доз удобрений может служить причиной загрязнения природных вод нитратами и токсического накопления нитратов в продукции растениеводства. В опыте с рапсом при увеличении дозы азота с 50 до 150 кг/га содержание NO_3 на 100 г сухой массы растений возросло с 580 до 2240 мг.

Соколов О.А. (1950), Богомазов Н.П. с соавторами установили незначительное увеличение нитратов в зерне злаковых культур. При этом они в большей степени концентрируются в вегетативных органах. Поэтому при внесении под ячмень азотных удобрений свыше 75 кг/га они считают, что солома не должна использоваться на корм скоту.

В нашем опыте определялось содержание нитратов в зерне яровой твёрдой пшеницы на фоне различных доз и соотношений основных элементов питания (табл. 42).

Таблица 42 – Содержание нитратов в зерне яровой твердой пшеницы на разных фонах питания, мг/кг

| Доза удобрения, кг. д.в. на 1 га | Содержание нитратов в урожае, по годам | | | | Среднее за 4 года | ± к контролю | | |
|--|---|---------|---------|---------|----------------------|-----------------|------|-----|
| | 2006 г. | 2008 г. | 2009 г. | 2010 г. | | мг | % | |
| | | | | | | | | |
| Контроль | 110 | 125 | 105 | 97 | 109 | 0,00 | 100 | |
| N ₄₀ P ₄₀ | 112 | 128 | 107 | 99 | 112 | +3,0 | 2,8 | |
| N ₄₀ K ₂₀ | 114 | 130 | 108 | 100 | 113 | +4,0 | 3,7 | |
| P ₄₀ K ₂₀ | 108 | 124 | 104 | 96 | 108 | -1,0 | 0,9 | |
| N ₄₀ P ₄₀ K ₂₀ | 114 | 129 | 109 | 102 | 114 | +5,0 | 4,6 | |
| N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀ | 118 | 134 | 113 | 104 | 117 | +8,0 | 7,3 | |
| N ₂₀ P ₂₀ K ₁₀ | 112 | 126 | 108 | 99 | 111 | +2,0 | 1,8 | |
| N ₈₀ P ₄₀ K ₂₀ | 120 | 135 | 115 | 108 | 120 | +11,0 | 10,1 | |
| N ₂₀ P ₄₀ K ₂₀ | 110 | 125 | 107 | 98 | 110 | +1,0 | 0,9 | |
| N ₄₀ P ₈₀ K ₂₀ | 108 | 124 | 104 | 96 | 108 | -1,0 | 0,9 | |
| N ₄₀ P ₂₀ K ₂₀ | 112 | 128 | 108 | 101 | 112 | +3,0 | 2,8 | |
| N ₈₀ P ₁₂₀ K ₄₀ | 118 | 135 | 114 | 107 | 118 | +9,0 | 8,2 | |
| N ₁₂₀ P ₈₀ K ₄₀ | 122 | 138 | 118 | 109 | 122 | +13,0 | 11,9 | |
| N ₈₀ P ₂₆₀ K ₄₀ | 122 | 140 | 117 | 108 | 122 | +13,0 | 11,9 | |
| Среднее по опыту | 114 | 130 | 110 | 102 | 114 | - | - | |
| Среднее по фонам питания | 115 | 130 | 110 | 102 | 114 | - | - | |
| ± к контролю | мг | +5,0 | +5,0 | +5,0 | +5,0 | - | +5,0 | - |
| | % | 4,5 | 4,0 | 4,8 | 5,2 | - | - | 4,6 |

Примечание: ПДК содержания нитратов в зерне яровой твёрдой пшеницы 500 мг/кг.

Результаты исследований показали, что содержание нитратов в зерне яровой твёрдой пшеницы по опыту за четыре года изменялось по вариантам от 96 до 140 мг/кг при среднем значении 114 мг/кг зерна.

Выявлено, что при содержании нитратов в контроле, равном 109 мг/кг среди парных сочетаний на фоне P₄₀K₂₀ оно снизилось на 1 мг (0,9%), на фоне N₄₀P₄₀ увеличилось на 3 мг (2,8% к контролю), а при N₄₀K₂₀ на 4 мг (3,7%). При внесении половинных доз в разных сочетаниях разница с контролем составила 1-3 мг (0,9-2,8%).

Увеличение доз азота и фосфора до 40 кг/га с добавлением K_{20} ($N_{40}P_{40}K_{20}$) повысило содержание нитратов на 5 мг (4,6% к контролю), а удвоение их ($N_{80}P_{80}K_{40}$) на 8 мг (7,3%). Отмечено, что при превышении дозы азота над фосфором ($N_{80}P_{40}K_{20}$) увеличивалось содержание нитратов в зерне до 11 мг/кг (10,1%), а при превышении дозы фосфора над азотом ($N_{40}P_{80}K_{20}$), наоборот, оно снижалось до -1 мг/кг (0,9% к контролю).

Вместе с тем, по мере повышения доз удобрений до $N_{80}P_{120}K_{40}$ наблюдался рост содержания нитратов до 118 мг/кг (+9 мг/кг или 8,2%), т.к. дополнительный фосфор и калий не преодолевали это явление.

При внесении $N_{120}P_{80}K_{40}$, а $N_{80}P_{260}K_{40}$ (в запас) наблюдался дальнейший прирост содержания нитратов в зерне яровой твёрдой пшеницы до 122 мг/кг (+13 мг/кг или 11,9%).

Рассмотрение данных по годам и вариантам позволяет заключить, что погодные факторы лет действовало сильнее, чем варианты, но нарастание засушливости года способствовало повышению экологической безопасности зерна яровой твёрдой пшеницы по содержанию нитратов. Оно было лучше ПДК (500 мг/кг) в несколько раз.

Этот факт свидетельствовал о соответствии Оренбургской яровой твёрдой пшеницы лучшим мировым образцам.

ГЛАВА 6 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА ЗЕРНА ЯРОВОЙ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ

6.1 Экономическая эффективность

Курс, взятый на ресурсо- и энергосбережение в народном хозяйстве и вызванный непрерывным ростом цен на энергоресурсы, неблагоприятно отражается на сельскохозяйственном производстве, особенно в степных регионах страны.

Стремление сохранить хозяйствующие субъекты на селе заставляет работников, руководителей и специалистов, независимо от форм собственности, искать пути и способы выживания сельского населения в этих условиях.

Для сокращения денежных и энергетических затрат в сельскохозяйственном производстве используются разные пути. Среди них совмещение, сокращение целого ряда технологических операций, вплоть до отказа от выполнения отдельных из них и перехода на примитивные технологии, переход на посевы малопродуктивных, но пользующихся спросом на рынке культур, нарушающих плодородие земель, без заботы о будущем сельских территорий.

В степном Оренбуржье многие хозяйства и даже районы отказываются от удобрений и средств защиты растений в отдельные годы, что усугубляет сложившееся положение.

Вызывает тревогу сокращение посевов яровой твёрдой пшеницы – основного сырья для производства высококачественных макаронных изделий и других ценных продуктов в пользу более урожайных, но менее ценных по качеству зерна культур.

Твёрдая пшеница, выращенная в Оренбургских степях, в течение почти полутора веков, славилась своими великолепными качествами, а повышенные надбавки (40%) к цене в сравнении с мягкой пшеницей способствовали её производству, поскольку она потенциально менее продуктивна по сравнению с мягкой пшеницей (А.Г. Крючков, П.Т. Тейхриб, А.Н. Попов, 2008).

В связи с изложенным, возникла необходимость поиска оптимальных решений в части экономической и энергетической оценки перспектив твёрдой пшеницы в степном Оренбуржье.

Расчёты показали, что величина прямых затрат при применении разных доз и сочетаний минеральных удобрений под яровую твёрдую пшеницу изменялась в значительной степени (табл. 43).

Она возрастала по мере повышения доз элементов питания. В контрольном варианте (без внесения удобрений) прямые затраты при средней величине 3181,8 руб. на 1 га по годам изменялись от 2251,2 до 3530,3 руб. на 1 га., а в варианте $N_{80}P_{80}K_{40}$ – 6273,6 руб. (4904,7 – 7020,7 руб.) на 1 га или возросли в 1,97 раза. Кроме того, их величина росла и ежегодно, считая с 2006 по 2010 гг., в контроле в 1,55 раза, а в варианте $N_{80}P_{80}K_{40}$ в 1,43 раза.

Средняя урожайность яровой твёрдой пшеницы за годы опытов изменялась от 0,92 т с 1 га ($0,23 \div 1,52$ т с 1 га) до 1,24 т с 1 га ($0,19 \div 2,17$ т с 1 га) в лучших вариантах.

В этих условиях себестоимость производства 1 т зерна яровой твёрдой пшеницы в контроле (без удобрений) в среднем за 4 года опытов составила 6193 руб. с колебаниями по годам в связи с уровнем урожайности от 2223,8 до 15865,6 руб. При этом она была самой низкой по сравнению со всеми удобренными вариантами.

Среди вариантов удобрения относительно более низкой себестоимостью выделились $N_{40}K_{20}$ (6911,4 руб. на 1 т), $N_{40}P_{40}K_{20}$ (7394,0 руб. на 1 т), $P_{40}K_{20}$ (8433,0 руб. на 1 т), $N_{80}P_{40}K_{20}$ (8569,4 руб. на 1 т), $N_{40}P_{40}$ (8588,9 руб. на 1 т) и $N_{20}P_{20}K_{20}$ (9650,2 руб. на 1 т).

Самая высокая себестоимость сложилась при применении повышенных доз минеральных удобрений. В варианте $N_{80}P_{80}K_{40}$ она достигла 13848,5 руб. на 1 т, $N_{80}P_{260}K_{140}$ – 12573,9 руб. на 1 т и $N_{40}P_{80}K_{20}$ – 12338,7 руб. на 1 т зерна.

Цена реализации 1 т твёрдой пшеницы сложилась с учётом её классности по качеству и изменялась в контроле от 4572 до 10149 руб. при средней величине 6634,5 руб.

Среди вариантов удобрений наибольшая цена реализации с учётом качества зерна характерна для фонов: $N_{40}P_{40}$, $N_{40}P_{40}K_{20}$ (по 8725,0 руб./т) с колебаниями по годам от 6100 до 11300 руб. за 1 тонну и $N_{80}P_{40}K_{20}$ (8525 руб./т).

Таблица 43 – Экономическая эффективность применения основного удобрения при возделывании яровой твердой пшеницы

| Доза удобрения, кг д.в. на 1 г | Год урожая | Урожайность зерна, т с 1 га | Урожайность соломы, т с 1 га | Класс зерна | Прямые затраты на 1 га, руб. | Себестоимость 1 т зерна, руб. | Цена реализации 1 т зерна, руб. | Выручка от реализации зерна с 1 га, руб. | Условно-чистый доход с 1 га, руб. | Уровень рентабельности, % |
|-------------------------------------|------------|-----------------------------|------------------------------|-------------|------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|--|-----------------------------------|---------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| Контроль - без удоб- рений | 2006 | 1,06 | 2,88 | 3 | 2251,2 | 2223,8 | 4572 | 4628,2 | 2377,0 | 105,6 |
| | 2008 | 1,52 | 3,46 | 3 | 3460,6 | 2384,0 | 10149 | 14732,2 | 11271,7 | 325,7 |
| | 2009 | 0,86 | 1,84 | 5 | 3530,3 | 4298,4 | 5000 | 4106,5 | 576,2 | 16,3 |
| | 2010 | 0,23 | 1,42 | 3 | 3484,9 | 15865,6 | 6817 | 1497,4 | -1987,5 | -57,0 |
| Средние | | 0,92 | 2,40 | | 3181,8 | 6193,0 | 6634,5 | 6241,1 | 3059,3 | 96,2 |
| N ₄₀ P ₄₀ | 2006 | 1,46 | 4,78 | 1 | 3503,0 | 2512,4 | 6100 | 8505,2 | 5002,2 | 142,8 |
| | 2008 | 2,01 | 3,54 | 2 | 4848,3 | 2525,8 | 11300 | 21690,9 | 16842,6 | 347,4 |
| | 2009 | 1,11 | 1,72 | 1 | 5075,6 | 4788,1 | 9200 | 9752,5 | 4676,8 | 92,1 |
| | 2010 | 0,22 | 1,62 | 1 | 5153,6 | 24529,2 | 8300 | 1743,8 | -3409,8 | -66,2 |
| Средние | | 1,20 | 2,92 | | 4645,1 | 8588,9 | 8725,0 | 10423,1 | 5778,0 | 124,4 |
| N ₄₀ K ₂₀ | 2006 | 1,35 | 3,90 | 3 | 2976,8 | 2309,0 | 4572 | 5894,4 | 2917,6 | 98,0 |
| | 2008 | 1,85 | 3,45 | 3 | 4278,3 | 2421,6 | 10149 | 17930,7 | 13652,4 | 319,1 |
| | 2009 | 1,10 | 1,74 | 4 | 4442,8 | 4229,2 | 5800 | 6092,9 | 1650,1 | 37,1 |
| | 2010 | 0,25 | 1,98 | 2 | 4461,3 | 18686,0 | 7500 | 1790,6 | -2670,7 | -59,9 |
| Средние | | 1,14 | 2,77 | | 4039,8 | 6911,4 | 7005,2 | 7927,2 | 3887,4 | 96,2 |
| P ₄₀ K ₂₀ | 2006 | 1,35 | 4,42 | 2 | 3108,2 | 2410,9 | 5700 | 7348,7 | 4240,5 | 136,4 |
| | 2008 | 2,05 | 4,28 | 3 | 4433,8 | 2264,8 | 10149 | 19869,2 | 15435,4 | 348,1 |
| | 2009 | 1,37 | 1,88 | 2 | 4622,8 | 3533,3 | 8500 | 11121,0 | 6498,1 | 140,6 |
| | 2010 | 0,19 | 1,59 | 2 | 4631,2 | 25523,2 | 7500 | 1360,9 | -3270,3 | -70,6 |
| Средние | | 1,24 | 3,04 | | 4199,0 | 8433,0 | 7962,2 | 9925,0 | 5725,9 | 136,4 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|--|------|------|------|---|--------|---------|--------|---------|---------|-------|
| N ₂₀ P ₂₀ K ₁₀ | 2006 | 1,76 | 4,44 | 1 | 2999,9 | 1784,8 | 6100 | 10252,9 | 7253,0 | 241,8 |
| | 2008 | 1,81 | 3,17 | 2 | 4280,7 | 2476,5 | 11300 | 19532,6 | 15251,9 | 356,3 |
| | 2009 | 0,90 | 2,22 | 2 | 4432,4 | 5156,9 | 8500 | 7305,8 | 2873,4 | 64,8 |
| | 2010 | 0,16 | 1,65 | 2 | 4459,1 | 29182,6 | 7500 | 1146,0 | -3313,1 | -74,3 |
| Средние | | 1,16 | 2,87 | | 4043,0 | 9650,2 | 8350,0 | 9559,3 | 5516,3 | 136,4 |
| N ₄₀ P ₄₀ K ₂₀ | 2006 | 1,42 | 4,14 | 1 | 3623,9 | 2672,3 | 6100 | 8272,2 | 4648,3 | 128,3 |
| | 2008 | 2,03 | 3,54 | 2 | 4997,6 | 2577,9 | 11300 | 21906,7 | 16909,1 | 338,3 |
| | 2009 | 1,24 | 2,12 | 1 | 5234,9 | 4420,6 | 9200 | 10894,6 | 5659,7 | 108,1 |
| | 2010 | 0,28 | 2,12 | 1 | 5322,7 | 19905,4 | 8300 | 2219,4 | -3103,3 | -58,3 |
| Средние | | 1,24 | 2,98 | | 4794,8 | 7394,0 | 8725,0 | 10823,2 | 6028,4 | 125,7 |
| N ₄₀ P ₈₀ K ₂₀ | 2006 | 1,26 | 3,98 | 2 | 4260,4 | 3540,6 | 5700 | 6858,8 | 2598,4 | 61,0 |
| | 2008 | 2,10 | 3,80 | 2 | 5710,9 | 2847,6 | 11300 | 22662,2 | 16951,3 | 296,8 |
| | 2009 | 1,27 | 1,94 | 2 | 6018,5 | 4962,3 | 8500 | 10309,2 | 4290,7 | 71,3 |
| | 2010 | 0,17 | 1,91 | 2 | 6170,0 | 38004,3 | 7500 | 1217,6 | -4952,4 | -80,3 |
| Средние | | 1,20 | 2,91 | | 5540,0 | 12338,7 | 8250,0 | 10262,0 | 4722,0 | 85,2 |
| N ₈₀ P ₄₀ K ₂₀ | 2006 | 1,34 | 3,88 | 1 | 4132,7 | 3229,4 | 6100 | 7806,2 | 3673,5 | 88,9 |
| | 2008 | 1,68 | 2,96 | 2 | 5543,3 | 3455,1 | 11300 | 18129,7 | 12586,4 | 227,1 |
| | 2009 | 1,19 | 1,94 | 1 | 5853,1 | 5130,4 | 9200 | 10455,3 | 4602,2 | 78,6 |
| | 2010 | 0,28 | 1,34 | 2 | 6006,5 | 22462,5 | 7500 | 2005,5 | -4001,0 | -66,6 |
| Средние | | 1,12 | 2,53 | | 5383,9 | 8569,4 | 8525,0 | 9599,2 | 4215,3 | 78,3 |
| N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀ | 2006 | 1,46 | 4,75 | 1 | 4904,7 | 3517,7 | 6100 | 8505,2 | 3600,5 | 73,4 |
| | 2008 | 2,01 | 4,24 | 2 | 6406,2 | 3337,3 | 11300 | 21690,9 | 15284,7 | 238,6 |
| | 2009 | 0,92 | 2,27 | 2 | 6762,9 | 7697,4 | 8500 | 7468,1 | 705,2 | 10,4 |
| | 2010 | 0,18 | 1,49 | 2 | 7020,7 | 40841,7 | 7500 | 1289,2 | -5731,5 | -81,6 |
| Средние | | 1,14 | 3,19 | | 6273,6 | 13848,5 | 8350,0 | 9738,4 | 3464,8 | 55,2 |
| N ₈₀ P ₂₆₀ K ₁₄₀ (в запас) | 2006 | 0,88 | 3,57 | 1 | 4603,5 | 12338,7 | 6100 | 5126,4 | 522,9 | 11,4 |
| | 2008 | 2,17 | 3,74 | 2 | 6112,3 | 5477,8 | 11300 | 23417,6 | 17305,3 | 283,1 |
| | 2009 | 0,89 | 0,89 | 2 | 6427,2 | 7561,9 | 8500 | 7224,6 | 797,4 | 12,4 |
| | 2010 | 0,28 | 0,28 | 2 | 6662,8 | 24917,1 | 7500 | 2005,5 | -4657,3 | -69,9 |
| Средние | | 1,06 | 2,89 | | 5951,4 | 12573,9 | 8350,0 | 9443,5 | 3492,1 | 58,7 |

Затем следуют $N_{20}P_{20}K_{10}$, $N_{80}P_{80}K_{40}$ и $N_{80}P_{260}K_{140}$ (по 8350 руб./т) и ниже всех она в вариантах: $N_{40}P_{80}K_{20}$ (8250 руб./т), $P_{40}K_{20}$ (7962,2 руб./т), хотя и выше, чем в контроле.

Изученные варианты обеспечили различную выручку на возделывании яровой твёрдой пшеницы (1146,0-23417,6 руб. с 1 га) при средних величинах по вариантам в пределах 6241,1÷10823,2 руб. с 1 га.

Окончательную оценку вариантов позволили дать условно-чистый доход и уровень рентабельности.

Наиболее эффективными вариантами удобрений по этим показателям оказались $P_{40}K_{20}$ (чистый доход - 5725,9 руб. с 1 га, уровень рентабельности – 136,4%), $N_{20}P_{20}K_{10}$ (5516,3руб. с 1 га, 136,4%), $N_{40}P_{40}K_{20}$ (6028 руб. с 1 га, 125,7%) и $N_{40}P_{40}$ (5778,0 руб. с 1 га, 124,4%). Они существенно превосходили контроль.

При одинаковом уровне рентабельности (96,2%) вариант $N_{40}K_{20}$ обеспечил более высокий условно-чистый доход (3887,4 руб. с 1 га) по сравнению с контролем (3059,3 руб. с 1 га).

Ряд вариантов уступил контролю по уровню рентабельности, но превзошёл его по величине условно-чистого дохода.

Среди них следующие: $N_{40}P_{80}K_{20}$ (4722 руб. с 1 га, 85,2%), $N_{80}P_{40}K_{20}$ (4215,3 руб. с 1 га, 78,3%), $N_{80}P_{260}K_{140}$ (3492,1 руб. с 1 га, 58,7%) и $N_{80}P_{80}K_{40}$ (3464,8 руб. с 1 га, 55,2 %).

При рассмотрении данных по годам обнаруживается, что сильная засуха 2010 года вызвала снижение урожайности до 0,16 – 0,29 т с 1 га. И в условиях такого года при относительно небольшом росте затрат на возделывание яровой твёрдой пшеницы резко (в 4-10 раз) возросла себестоимость продукции по сравнению с другими тремя годами. Несмотря на некоторый рост цен в сравнении с 2006 годом (в 2008 и 2009 гг. они были выше, чем в 2010 году), условно-чистый доход снизился до убытка в 5731,5 – 1987,5 руб. с 1 га посевов, а уровень рентабельности принял отрицательные значения от -57 до -81,6%.

6.2 Зависимость экономических показателей от величины прямых затрат на производство яровой твердой пшеницы

В степном Оренбуржье твёрдая пшеница – одна из культур, востребованных на рынке и улучшающих экономику хозяйств, благодаря повышенным качествам зерна. Но насколько оправданы устанавливаемые на неё сегодня региональные цены – вопрос, на который пока нет удовлетворительного ответа. Что должно быть положено в основу региональной цены и должна ли она увязываться с уровнем полученной урожайности в разные по погодным условиям годы? Насколько правильно оцениваются убытки сельских товаропроизводителей в годы экстремальных засух и размеры их компенсации? Мы поставили перед собой задачу хотя бы в первом приближении прояснить эти вопросы.

Корреляционно – регрессионный анализ показал, что наибольшую степень связи с прямыми затратами имеют себестоимость 1 т зерна ($\eta_{yx} = 0,858$) и цена реализации ($\eta_{yx} = 0,896$).

Уравнения связи этих показателей были характерны для 73,58 и 79,7% случаев. Согласно им себестоимость 1 т зерна яровой твёрдой пшеницы неуклонно росла с 2058,17 руб. до 23964 руб. при увеличении затрат от 2512,2 руб. до 7020,7 руб. на 1 га (табл. 44, рис. 9).

Что касается цены реализации, то она вначале росла с 3287,01 руб./т до 9071,7 руб./т при затратах от 2251,2 до 5579,9 руб. на 1 га, а затем снизилась до 8231,5 руб. при затратах 7020,7 руб. на 1 га. Это говорит о недостаточной компенсации затрат ценой реализации 1 т зерна при их подобных пределах.

Объяснение этому явлению мы нашли при сопоставлении урожайности с величиной затрат.

При корреляционном отношении ($\eta_{yx} = 0,704$) в 49,53% случаев, согласно полученному уравнению затратам 2251,2 руб. на 1 га соответствовала урожайность 1,04 т с 1 га, при их росте до 4122,57 руб. на 1 га урожайность повышалась до

1,335 т с 1 га, но в дальнейшем рост урожайности отсутствовал и падал до 0,61 т с 1 га на фоне затрат 7020,7 руб. на 1 га.

Таблица 44 – Зависимость экономической эффективности вариантов удобрения от величины затрат на выращивание яровой твердой пшеницы

| № п/п | Коррелируемые величины | Параметры величин (M±G) | V% | η_{yx} | F | |
|---|---|---|-------|-------------|-------|-------------|
| | | | | | факт. | теор.01, 05 |
| 1 | Затраты на 1 га, руб. (x) | $\frac{2251,2 - 7020,7}{4805,2 \pm 1169,6}$ | 24,34 | - | - | - |
| 2 | Урожайность, т с 1 га (y) | $\frac{1,3 - 15,74}{11,82 \pm 2,72}$ | 22,98 | 0,704 | 1,88 | 1,76 |
| $y = -1,2038 + 7,097E - 0,3x - 8,627E - 0,7x^2 \pm 1,98$ т с 1 га, для 49,53% случаев | | | | | | |
| 3 | Себестоимость 1 т зерна, руб. (y ₁) | $\frac{2138,04 - 31900,0}{9402,2 \pm 6049,5}$ | 64,3 | 0,858 | 3,69 | 1,76 |
| $y_1 = -5837,756 \cdot \frac{x}{(-8730,92 + x)} \pm 3150,12$ руб., для 73,58% случаев | | | | | | |
| 4 | Цена реализации 1 т зерна, руб. (y ₂) | $\frac{3762,2 - 9860,0}{8039,2 \pm 1429,8}$ | 17,78 | 0,893 | 4,68 | 1,76 |
| $y_2 = -6738,069 + 5,5487x - 4,866E - 0,4x_2 \pm 6,61$ руб., для 79,7% случаев | | | | | | |
| 5 | Условно-чистый доход с 1 га, руб. (y ₃) | $\frac{-7145,2 - 9963,7}{4438,5 \pm 3318,0}$ | 74,75 | 0,572 | 1,41 | 1,76 |
| Функция не удовлетворяет критерию Фишера | | | | | | |
| 6 | Уровень рентабельности, % (y ₄) | $\frac{-106,5 \pm 229,9}{100,1 \pm 68,3}$ | 68,3 | 0,603 | 1,49 | 1,46 |
| $y_4 = -124,547 + 0,1307x - 1,652E - 0,5x^2 \pm 5,59$ %, для 36,41% случаев | | | | | | |

Условно-чистый доход оказался в средней степени связанным ($\eta_{yx}=0,572$) с затратами, но уравнение не было адекватным. Уровень рентабельности связан несколько сильнее ($\eta_{yx} = 0,603$), а полученное уравнение адекватно лишь для 36,41% случаев. Согласно ему уровень рентабельности на выращивании 1 т твердой пшеницы увеличивался с 86,0% до 134% по мере увеличения затрат с 2251,2 до 3956,96 руб. на 1 га, дальнейшее возрастание затрат убыточно (-21,2% при 7020,7 руб. на 1 га).

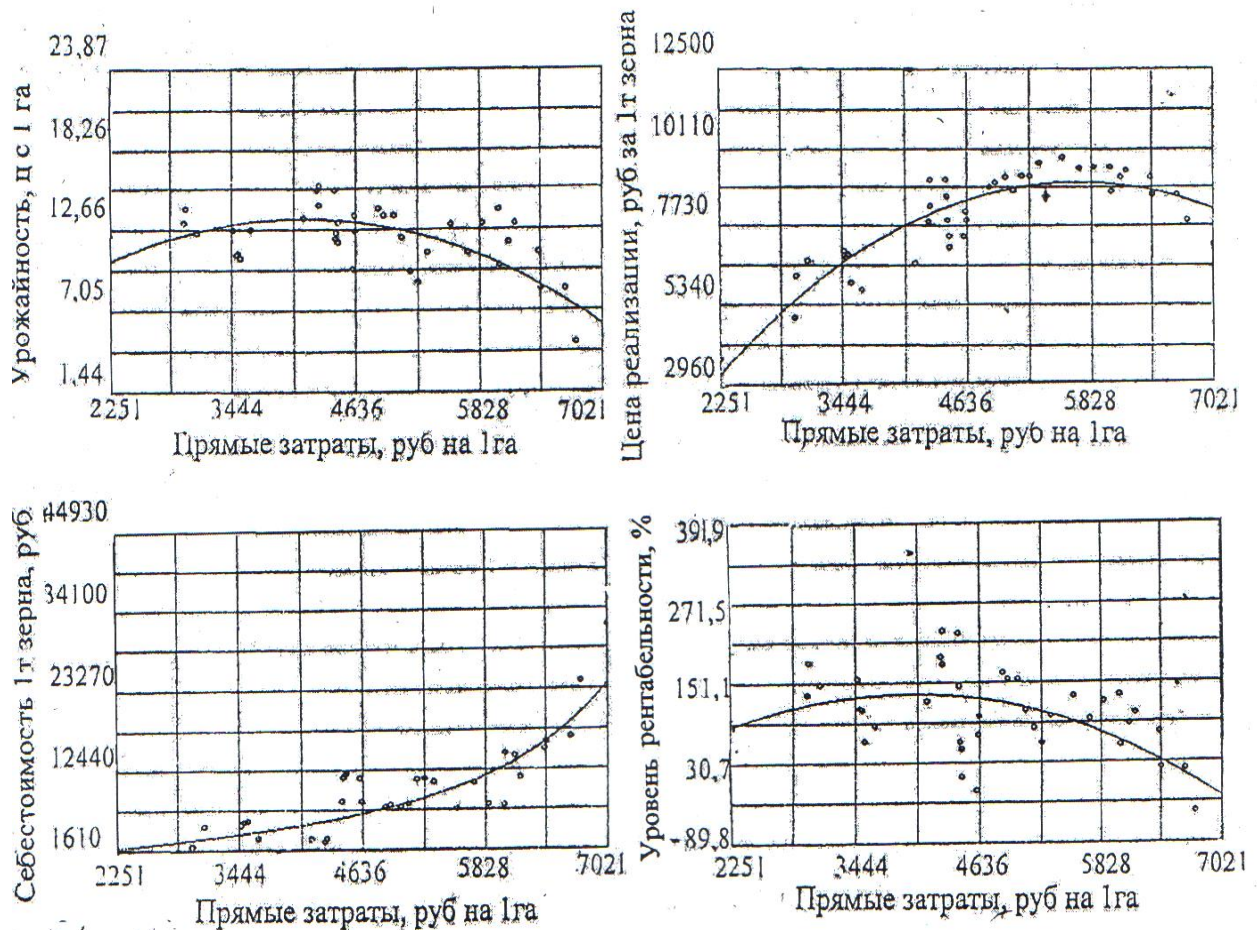


Рис. 9. Зависимость экономических показателей от прямых затрат на выращивание яровой твердой пшеницы

Решающее значение в формировании себестоимости 1 т зерна яровой твёрдой пшеницы имеет уровень получаемой урожайности ($\eta_{yx} = 0,986$). Вследствие этого, полученное уравнение вида: $y = 200,8915 + \frac{5481,189}{x} \pm 1150,36$ руб. адекватно описывает 97,31% случаев. При урожайности 2,17 т с 1 га себестоимость произведенной 1 т составила 2726,78 руб., а по мере снижения урожайности до 1,5 т с 1 га она равна 3855 руб., при 1,0 т с 1 га – 5682,08 руб., при 0,5 т с 1 га – 11163,27 руб. и при 0,15 т с 1 га достигла 36742,15 руб. (рис. 10).

Величина себестоимости оказывает сильное влияние на величину условно-чистого дохода ($\eta_{yx} = 0,925$) и уровня рентабельности ($\eta_{yx} = 0,967$). Полученные уравнения в 85,62% и 93,59% случаев адекватны для описания существующих связей. Согласно им условно - чистый доход сложился наибольшим (12334,93 руб.

с 1 га) при себестоимости 2223,8 руб./т, а уровень рентабельности (366,8%) при 1784,8 руб./т.

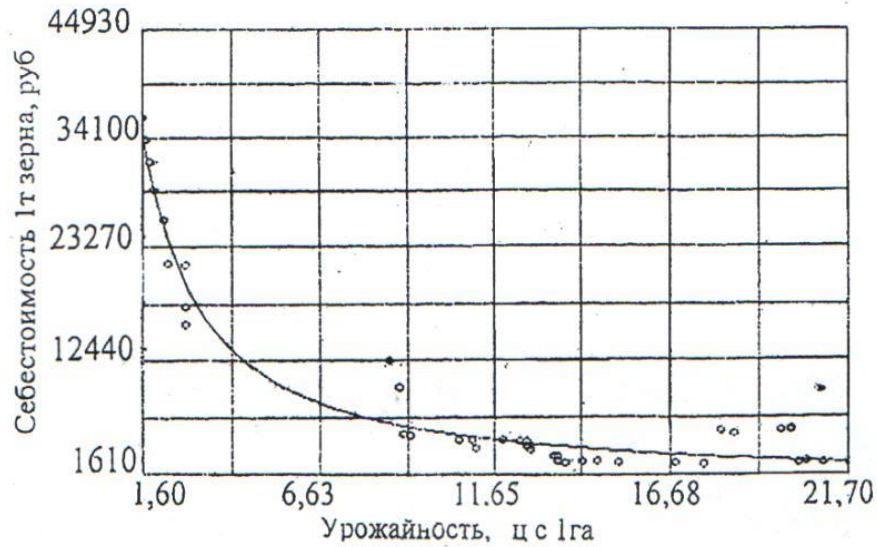


Рис. 10. Зависимость себестоимости 1 т зерна от урожайности яровой твердой пшеницы

При расчётах по уравнению вида: $y = -94,2533 + \frac{8222895,8}{x} \pm 33,6\%$

($F_{\text{факт}}=5,18 > F_{\text{теор01}}=1,76$) уровень рентабельности достиг 119% при себестоимости 3855 руб./т, 50,6% - 5682,08 руб./т, - 20,5% при 11163,27 руб./т, что соответствует урожайности 1,51 и 0,5 т с 1 га. (рис 11.).

Величина условно - чистого дохода по уравнению

$y = -4631,376 + \frac{3729700}{x} \pm 2329,79$ руб. с 1 га ($F_{\text{факт}}=6,76 > F_{\text{теор}}=1,76$) изменялась сле-

дующим образом: при себестоимости 3855 руб./т он равен 5155,84 руб. с 1 га, 5682,0 руб./т - 2008,83 руб. с 1 га, а при 11163,27 руб./т - образовался убыток в 1251,57 руб. с 1 га.

Условно - чистый доход с 1 га в сильной степени ($\eta_{yx} = 0,922$) зависил от цены реализации 1 т зерна. Связь выражалась уравнением вида:

$y = 69207,85 - 18,3554 + 1,21791E - 0,3x^2 \pm 2673,91$ руб. с 1 га, для 84,99% случаев при $F_{\text{факт}} = 6,32 > F_{\text{теор}} = 1,76$.

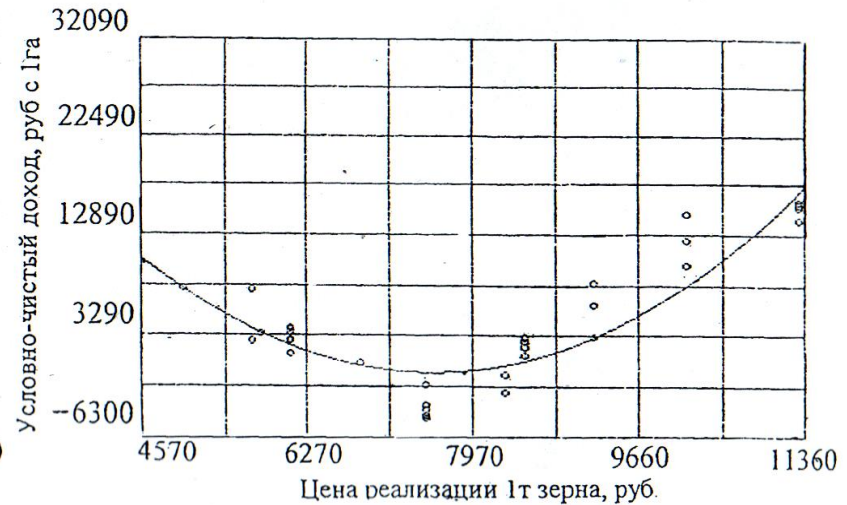
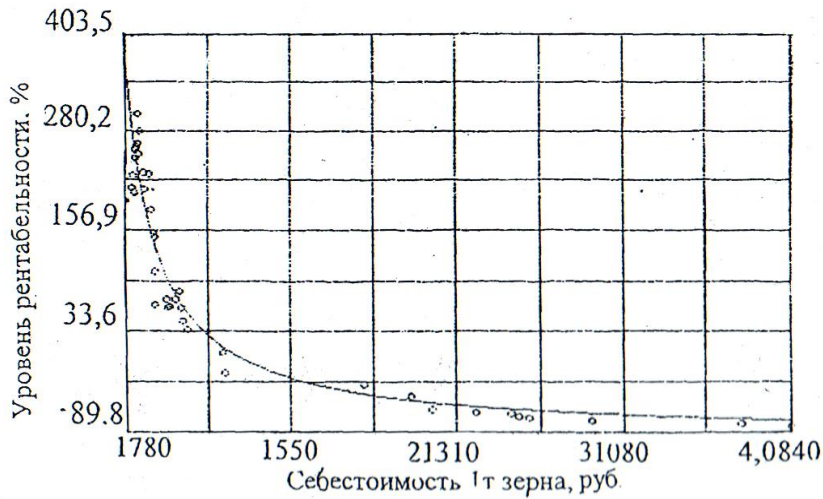
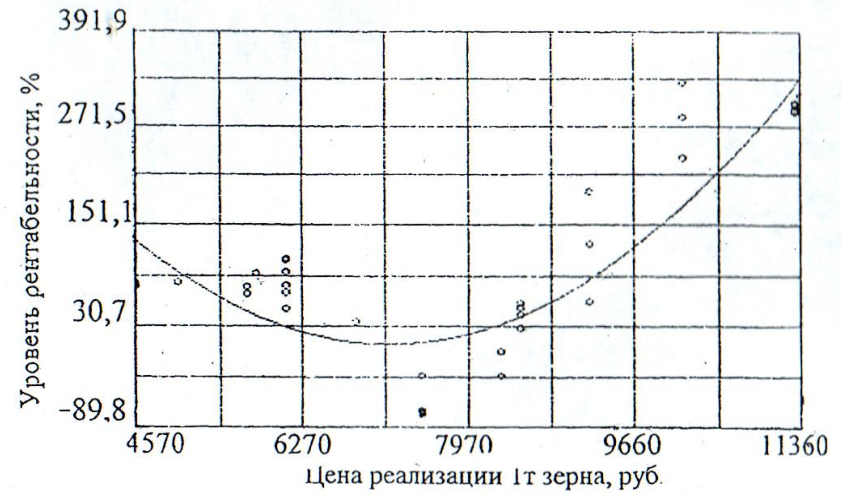
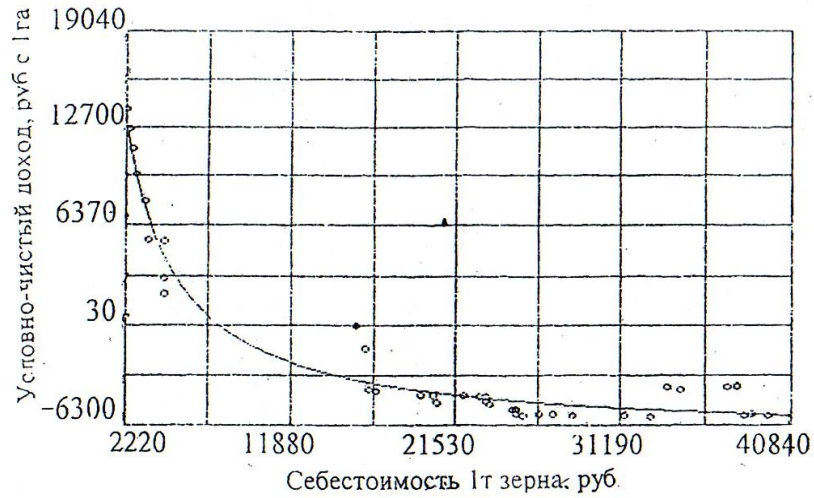


Рис. 11. Зависимость условно-чистого дохода с 1 га и уровня рентабельности от себестоимости 1 т зерна и цены реализации яровой твердой пшеницы (2006, 2008-2010 гг.)

Согласно этому уравнению при цене реализации 7600,67 руб. за 1 т зерна условно – чистый доход отсутствовал. Наблюдался убыток в 174,79 руб. с 1 га. С повышением цены до 11360 руб. за 1 тонну он достиг величины 17690,6 руб. с 1 га. Первоначально же при цене 4572 руб./т он составлял 10607,85 руб.

Уровень рентабельности при цене 4572 руб./т был равен 131,7%, затем снизился при цене 5666,04 руб. до 10,4%, а при увеличении цены до 11360 руб. вновь возрос до 332% ($\eta_{yx} = 0,885$, $K_d = 78,32\%$, $F_{\text{факт}} = 4,38 > F_{\text{теор01}} = 1,76$) по уравнению:

$$y = 942,174 - 0,2605x + 1,821E - 0,5x^2 \pm 60,8 \%, \text{ для } 78,32\% \text{ случаев.}$$

Подобная картина объясняется тем, что цена реализации устанавливается на рынке без учёта себестоимости производства 1 т зерна сельскохозяйственными производителями в отдельные годы.

В целях доказательства этого положения, мы провели множественный анализ зависимости себестоимости 1 т зерна (y) от затрат на выращивание яровой твёрдой пшеницы (x_1) и урожайности её в ц с 1 га (x_2). Множественное корреляционное отношение (η_{y, x_1, x_2}) достигло 0,951. Полученное уравнение вида:

$$y = 5022,55 + 6,143x_1 - 2199,79x_2 - 8,823D - 0,5x_1^2 - 0,3798x_1x_2 + 133,069x_2^2 \pm 3526,47 \text{ руб. адекватно описало } 90,53\% \text{ данных эксперимента при } F_{\text{факт}} = 65,02 > F_{\text{теор01}} = 1,765.$$

Уровень рентабельности (y_1), в свою очередь, связан сильной множественной связью ($\eta_{y_1, x_3, x_4} = 0,910$) с себестоимостью 1 т зерна (x_3) и ценой её реализации в рублях (x_4). Связь описывалась уравнением множественной регрессии вида:

$$y_1 = 445,408 - 1,1913D - 0,2x_3 - 0,10117x_4 + 3,0468D - 0,7x_3^2 - 7,0967D - 0,7x_3x_4 + 8,162D - 0,6x_4^2 \pm 61,3 \%, \text{ для } 82,6\% \text{ случаев при } F_{\text{факт}} = 33,0 > F_{\text{теор01}} = 1,76.$$

Использованные подходы и получаемые уравнения способствуют решению задач планирования конечных экономических результатов на предстоящий сезон в условиях, близких к территории наших экспериментов.

На современном этапе экономисты сельскохозяйственного производства производят расчёты затрат на производство продукции сельскохозяйственных культур, составляя технологические карты и используя известные программы ПЭВМ.

В то же время практически не просчитывают зависимости конечных показателей от затрат на производство продукции, цен реализации, ожидаемой урожайности, принимая её как среднюю величину из достигнутой урожайности за ряд лет.

При этом они не знают, каков будет её уровень в очередном сезоне, какой будет классность продукции в связи с погодными условиями, какими сложатся цены в период реализации. Обычно их рекомендуют по регионам, исходя из предложений хлеботорговцев, ориентирующихся на юг России (Краснодарский край и т.п.).

Отсюда производитель сельскохозяйственной продукции в степных регионах не может быть уверенным в том, как завершится трудовой год. Для этого нужен механизм предвидения вероятной ситуации, основанный на определенных предварительных расчётах. Мы предположили, что выработке такого механизма будет способствовать использованный нами подход, связанный с нахождением зависимостей конечных экономических результатов от величины прямых затрат, себестоимости и цены реализации с учётом уровня урожайности.

6.3 Энергетическая оценка эффективности применения минеральных удобрений при выращивании яровой твердой пшеницы

На современном этапе идеи ресурсо - и энергосбережения достаточно популярны при производстве сельскохозяйственной продукции. Однако окончательную оценку эффективности технологических приёмов в подавляющем большинстве случаев проводят по экономическим показателям. Энергетическая оценка проводилась в диссертационных работах, но она осталась как бы на втором плане.

В связи с этим, возник целый ряд вопросов о правильности такого подхода. В частности, при оценке применения удобрений: каковы затраты энергии на производство 1 т продукции, как они окупаются в разных зонах энергией, накопленной

в урожае; как связаны между собой энергетические и экономические показатели и т.п.

Эти вопросы и стали предметом нашей работы в целях сближения этих оценок и, в какой-то степени, повышения их объективности.

Затраты совокупной энергии на 1 га при возделывании яровой твёрдой пшеницы на чернозёмах обыкновенных центра Оренбургского Предуралья изменились в среднем за 4 года (2006, 2008-2010 гг.) от 10184,9 МДж в контроле и от 11127,8 до 18761,9 МДж по вариантам удобрений (табл. 45).

Среди вариантов удобрения наименьшие затраты совокупной энергии сложились в варианте $P_{40}K_{20}$ – 11127,8 МДж на 1 га, затем следует $N_{20}P_{20}K_{10}$ – 12520,3 МДж на 1 га. Среднее положение заняли $N_{40}K_{20}$ (14087 МДж), $N_{40}P_{40}$ (14432,6 МДж), $N_{40}P_{40}K_{20}$ (14608,5 МДж) и $N_{40}P_{80}K_{20}$ (15117,8 МДж на 1 га).

Повышение доз удобрений до $N_{80}P_{40}K_{20}$, $N_{80}P_{260}K_{140}$ и $N_{80}P_{80}K_{40}$ сопровождалось ростом затрат совокупной энергии до 18079,2 МДж, 18521,8 и 18761,9 МДж на 1 га.

Количество накопленной энергии в урожае контрольного варианта составляет 11883,6 МДж на 1 га.

Наибольшим её количеством отличились варианты: $P_{40}K_{20}$ (16101,5 МДж на 1 га), $N_{40}P_{40}K_{20}$ (16135,0 МДж), $N_{40}P_{40}$ (15599 МДж), $N_{40}P_{80}K_{20}$ (15582,4 МДж) и $N_{20}P_{20}K_{10}$ (15047,0 МДж на 1 га). Меньше накапливалось энергии при дозах: $N_{40}K_{20}$ (14796,0 МДж), $N_{80}P_{80}K_{40}$ (14829,4 МДж) и $N_{80}P_{40}K_{20}$ (14561,6 МДж), а меньше всего при $N_{80}P_{260}K_{140}$ (13758,2 МДж на 1 га).

Несмотря на превышение контроля по количеству накопленной энергии, удобренные варианты имели разную оценку по коэффициенту энергетической эффективности.

В контрольном варианте по средним данным за 4 года энергетический коэффициент составил 1,17 ед. Технология считается окупаемой, если коэффициент равен единице и более.

Таблица 45 – Энергетическая эффективность применения различных вариантов минеральных удобрений под яровую твердую пшеницу (в среднем за 2006, 2008, 2009, 2010 гг.)

| Доза удобрения, кг д.в. на 1 га | Энергетические затраты по видам, МДж на 1 га | | | | | | | Совокупные энергозатраты, МДж | Энергия, накоплен- ная в урожае, МДж | Энергети- ческий коэффици- ент, ед. | |
|---|--|--|------------------|--------|----------------|-------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|--|---|-------|
| | Се- мена | Производство тракторов, с.х. машин и т.д. | Труд человека | ГСМ | Пести- циды | Мине- ральные удобрения | Электро- энерге- тика | | | | |
| Контроль - без удобрений | 5568 | 1946,0 | 234,4 | 2185,2 | 200,1 | 0 | 51,2 | 10184,9 | 11883,6 | 1,17 | |
| N ₄₀ P ₄₀ | 5568 | 2058,6 | 260,1 | 2303,1 | 200,1 | 3976 | 66,7 | 14432,6 | 15599,4 | 1,08 | |
| N ₄₀ K ₂₀ | 5568 | 2058,6 | 260,5 | 2298,5 | 200,1 | 3638 | 63,3 | 14087,0 | 14796,0 | 1,05 | |
| P ₄₀ K ₂₀ | 5568 | 2058,6 | 263,2 | 2299,0 | 200,1 | 670 | 68,9 | 11127,8 | 16101,5 | 1,44 | |
| N ₄₀ P ₄₀ K ₂₀ | 5568 | 2058,6 | 265,2 | 2305,6 | 200,1 | 4142 | 69,0 | 14608,5 | 16135,0 | 1,10 | |
| N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀ | 5568 | 2058,6 | 265,9 | 2321,7 | 200,1 | 8284 | 63,6 | 18761,9 | 14829,4 | 0,79 | |
| N ₂₀ P ₂₀ K ₁₀ | 5568 | 2058,6 | 260,7 | 2297,5 | 200,1 | 2071 | 64,4 | 12520,3 | 15047,0 | 1,20 | |
| N ₈₀ P ₄₀ K ₂₀ | 5568 | 2058,6 | 264,2 | 2311,8 | 200,1 | 7614 | 62,5 | 18079,2 | 14561,6 | 0,81 | |
| N ₄₀ P ₈₀ K ₂₀ | 5568 | 2058,6 | 266,0 | 2312,4 | 200,1 | 4646 | 66,7 | 15117,8 | 15582,6 | 1,03 | |
| N ₈₀ P ₂₆₀ K ₁₄₀ | 5568 | 2058,6 | 264,6 | 2317,7 | 200,1 | 8054 | 58,8 | 18521,8 | 13758,2 | 0,74 | |
| Средняя по опыту | 5568 | 2047,3 | 260,5 | 2295,2 | 200,1 | 4309,5 | 63,5 | 14744,1 | 14829,4 | 1,04 | |
| Средняя по удобренным фонам | 5568 | 2071,1 | 263,5 | 2306,8 | 200,1 | 4788,3 | 64,9 | 15250,6 | 15156,7 | 1,03 | |
| ± к контролю | МДж | ± 0 | +112,6 | +29,1 | +121,1 | ±0 | +4788,3 | +13,7 | +5065,8 | +3273,1 | -0,14 |
| | % | - | 5,8 | 12,4 | 5,5 | - | 100 | 26,8 | 49,7 | 27,5 | 12,0 |

Результаты нашего исследования показали, что наиболее окупаемым энергетически при возделывании яровой твёрдой пшеницы, размещаемой после озимых, следует считать вариант $P_{40}K_{20}$ ($KЭЭ = 1,44$ ед.). Вариант $N_{20}P_{20}K_{10}$ несколько лучше контроля ($KЭЭ = 1,20$ ед.). Дозы: $N_{40}P_{40}K_{20}$ (1,10 ед.), $N_{40}P_{40}$ (1,08 ед.), $N_{40}K_{20}$ (1,05 ед.) и $N_{40}P_{80}K_{20}$ (1,03 ед.) окупают энергетические затраты, но несколько хуже, чем контроль.

Варианты с повышенными дозами: $N_{80}P_{40}K_{20}$ (0,81 ед.), $N_{80}P_{80}K_{40}$ (0,79 ед.) и $N_{80}P_{260}K_{140}$ (0,74 ед.) не оправдывают энергетических затрат.

Представляет интерес вопрос о доле затрат различных видов энергоресурсов на выращивание яровой твёрдой пшеницы. Как показали расчёты, в среднем за 4 года доля их сложилась неоднозначно. В целом по опыту наибольшую долю в совокупную величину затрат внесли энергозатраты на семена (39,3%), удобрения (26,5%), ГСМ (16,1%) и на производство тракторов, сельскохозяйственных машин и т.д. (14,4%). На них выпало 96,3%. Затраты на пестициды, трудовые ресурсы и электроэнергию в сумме составили 3,7% (табл. 46).

На изменение долей затрат наибольшее влияние оказали затраты энергии на удобрения в связи с изменением их доз.

Так, если в контрольном варианте этих энергозатрат не было, то на фоне $P_{40}K_{20}$ их доля росла до 6%, $N_{20}P_{20}K_{10}$ – 16,5%; $N_{40}K_{20}$, $N_{40}P_{40}$, $N_{40}P_{40}K_{20}$ и $N_{40}P_{80}K_{20}$ до 25,9-30,7%, а при повышенных дозах: $N_{80}P_{40}K_{20}$ (42,2%), $N_{80}P_{260}K_{140}$ (43,5%) и $N_{80}P_{80}K_{40}$ (44,1%) достигла максимальных величин.

Из этого следует, что производитель сельскохозяйственной продукции в современных условиях имеет возможность сократить затраты совокупной энергии лишь за счёт снижения доз удобрений или полного отказа от них в степных регионах, не заботясь о сохранении плодородия почвы на своих землях, что и происходит на деле.

Таблица 46 – Доля (в %) затрат различных энергоресурсов в совокупной энергии на 1 га при возделывании яровой твердой пшеницы (средние за 2006, 2008-2010гг.)

| Доза удобрения, кг д.в. на 1 га | Доля энергозатрат, в % | | | | | | | |
|---|------------------------|---|---------------|-------|-----------|-----------|----------------|-------|
| | Семена | Производство тракторов, с.х. машин и т.д. | Затраты труда | ГСМ | Пестициды | Удобрения | Электроэнергия | |
| Контроль | 54,6 | 19,1 | 2,3 | 1,4 | 2,0 | - | 0,6 | |
| N ₄₀ P ₄₀ | 38,6 | 14,2 | 1,8 | 6,0 | 1,4 | 27,5 | 0,5 | |
| N ₄₀ K ₂₀ | 39,5 | 14,6 | 1,8 | 6,4 | 1,4 | 25,9 | 0,4 | |
| P ₄₀ K ₂₀ | 50,1 | 18,5 | 2,4 | 0,6 | 1,8 | 6,0 | 0,6 | |
| N ₄₀ P ₄₀ K ₂₀ | 38,2 | 14,1 | 1,8 | 5,5 | 1,4 | 28,5 | 0,5 | |
| N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀ | 29,7 | 11,0 | 1,4 | 2,4 | 1,1 | 44,2 | 0,5 | |
| N ₂₀ P ₂₀ K ₁₀ | 44,6 | 16,5 | 2,1 | 8,4 | 1,1 | 16,5 | 0,6 | |
| N ₈₀ P ₄₀ K ₂₀ | 30,9 | 11,4 | 1,5 | 2,8 | 1,1 | 42,1 | 0,4 | |
| N ₄₀ P ₈₀ K ₂₀ | 36,8 | 13,6 | 1,9 | 5,3 | 1,3 | 30,7 | 0,4 | |
| N ₈₀ P ₂₆₀ K ₁₄₀ | 30,1 | 11,1 | 1,4 | 2,5 | 1,1 | 43,5 | 0,3 | |
| Средняя по опыту | 39,3 | 14,4 | 1,84 | 6,1 | 1,37 | 26,5 | 0,49 | |
| Средняя по фондам удобрений | 37,6 | 13,9 | 1,78 | 5,5 | 1,30 | 29,45 | 0,47 | |
| ± к контролю | % | -17,0 | -5,2 | -0,51 | -5,86 | -0,70 | -29,45 | -0,13 |

В подтверждение этого заключения нами была рассчитана энергетическая себестоимость производства 1 т зерна яровой твердой пшеницы при выращивании её на фоне различных доз удобрений.

Как выяснилось, она изменялась по годам и вариантам от 5634 до 109571,8 МДж на 1 т зерна при средней величине 26091,5 МДж/т.

Энергетическая себестоимость 1 т зерна определяется, прежде всего, погодными условиями года урожая (6969,6 - 45081,8 МДж/т в контроле и 8070,8 - 72897,8 МДж/т по удобрённым вариантам в среднем). В лучшие годы (2008 г.) – она наименьшая (средняя по опыту 7960,7 МДж/т), а в экстремальные (2010 г.) – наибольшая (70116,1 МДж/т), что объяснялось величиной собранной урожайности.

Из вариантов наименьшая энергетическая себестоимость была характерна для контроля (18561,4 МДж/т).

Среди удобренных вариантов выделились $N_{20}P_{20}K_{10}$ (20076,6 МДж/т), $P_{40} K_{20}$ (20875,3 МДж/т) и $N_{40}K_{20}$ (22546 МДж/т), что на 8,2 - 12,5 - 21,5% выше, чем в контроле. В варианте $N_{40}P_{40}$ она увеличилась до 24934,8 МДж/т или превысила контроль на 34,3%.

С повышением доз удобрений она резко возрастала, в вариантах: $N_{80}P_{40}K_{20}$ на 44,1%, $N_{40}P_{40}K_{20}$ на 51,3%, $N_{80}P_{260}K_{140}$ на 61,4%, $N_{40}P_{80}K_{20}$ на 65,6% и $N_{80}P_{80}K_{40}$ на 106,8%.

Заметим, что значительный рост энергетической себестоимости в среднем за 4 года сложился за счёт низкой урожайности 2010 года, экстремального по степени засушливости.

За 2006, 2008, 2009 годы она изменялась от 5634 до 21296,9 МДж на 1 т твёрдой пшеницы.

Продолжая анализ, мы попытались выявить, как связаны энергетическая и экономическая себестоимости производства 1 т зерна яровой твёрдой пшеницы, энергетический коэффициент и уровень рентабельности.

В соответствии с данными таблицы 47 энергетическая себестоимость тесно коррелировала с экономической себестоимостью как по данным за 3 года (2006, 2008, 2009 гг.) ($n_{yx}=0,962$), так и за 4 года (2006, 2008-2010 гг.) ($n_{yx}=0,962$) (рис. 12, 13).

Различие наблюдалось лишь в параметрах действия сопоставляемых величин, при одинаковой направленности линии связи.

По данным за 4 года значительно расширились диапазоны, из-за включения в расчёты показателей экстремально засушливого 2010 года, энергетической себестоимости (с 5634 до 90760,6 МДж/т вместо 21543,5 МДж/т) и экономической себестоимости (с 2318 до 39157 руб/т вместо 7249,4 руб./т), по сравнению с параметрами за 3 года (без 2010 года) (таб. 48).

При дальнейшем анализе выявлено, что энергетическая себестоимость тесно коррелирует с уровнем рентабельности как за 3 года ($n_{yx}=0,982$), так и за 4 года ($n_{yx}=0,982$).

Таблица 47 – Энергетическая себестоимость 1 т зерна яровой твердой пшеницы при выращивании её на фоне разных доз минеральных удобрений

| Доза удобрения, кг д.в. на 1 га | Энергетическая себестоимость, МДж/т по годам | | | | Средняя за 4 года | ± К контролю | | |
|---|--|---------|---------|----------|----------------------|--------------|---------|------|
| | 2006 г. | 2008 г. | 2009 г. | 2010 г. | | МДж/т | % | |
| Контроль | 9911,8 | 6969,6 | 12281,2 | 45081,8 | 18561,4 | 0,00 | 100 | |
| N ₄₀ P ₄₀ | 10194,8 | 7439,4 | 13378,5 | 68726,7 | 24934,8 | +6373,4 | 34,3 | |
| N ₄₀ K ₂₀ | 10781,6 | 7868,4 | 13381,6 | 58152,5 | 22546,0 | +3984,6 | 21,5 | |
| P ₄₀ K ₂₀ | 8452,0 | 5634,0 | 8389,6 | 61025,6 | 20875,3 | +2313,9 | 12,5 | |
| N ₄₀ P ₄₀ K ₂₀ | 10610,6 | 7457,2 | 14390,8 | 79879,7 | 28084,6 | +9523,2 | 51,3 | |
| N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀ | 13240,9 | 9667,7 | 21085,8 | 109571,8 | 38391,6 | +19830,2 | 106,8 | |
| N ₂₀ P ₂₀ K ₁₀ | 7361,2 | 7154,5 | 12190,4 | 53600,3 | 20076,6 | +1515,2 | 8,2 | |
| N ₈₀ P ₄₀ K ₂₀ | 13935,7 | 11131,0 | 15743,0 | 66190,7 | 26750,1 | +8188,7 | 44,1 | |
| N ₄₀ P ₈₀ K ₂₀ | 12411,7 | 7455,5 | 12312,0 | 90780,6 | 30740,0 | +12178,6 | 65,6 | |
| N ₈₀ P ₂₆₀ K ₁₄₀ | 21543,5 | 8829,5 | 21296,9 | 69151,1 | 29955,2 | +11393,8 | +61,4 | |
| Средняя по опыту | 11844,4 | 7960,7 | 14445,0 | 70116,1 | 26091,5 | - | - | |
| Средняя по удобренным зонам | 12059,1 | 8070,8 | 14685,4 | 72897,8 | 26928,3 | - | - | |
| ± к контролю | МДж/т | +2147,3 | +1101,2 | +2404,2 | +27816,0 | - | +8366,9 | - |
| | % | 21,7 | 15,8 | 19,6 | 61,7 | - | - | 45,1 |

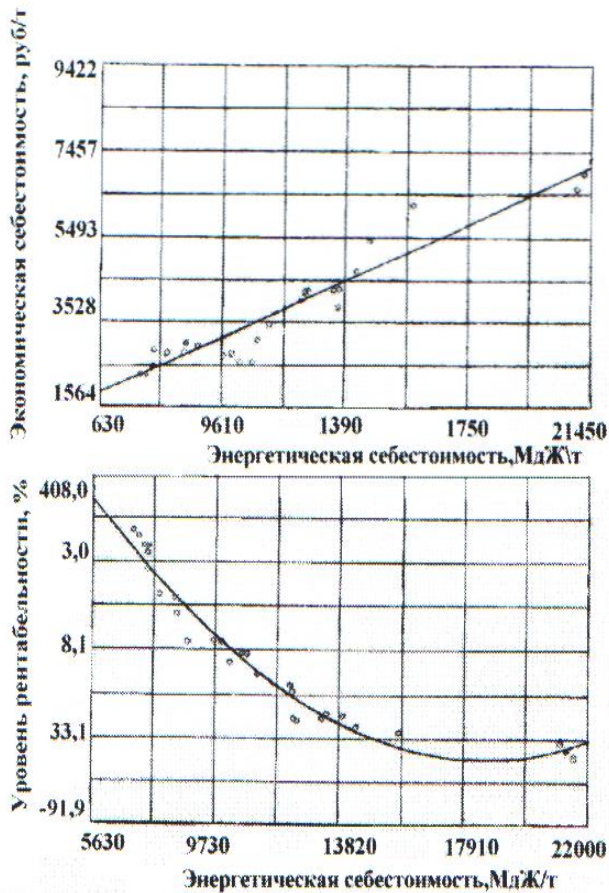


Рис. 12. Зависимость экономической рентабельности от энергетической себестоимости производства 1 т зерна яровой твердой пшеницы (2006, 2008, 2009 гг.)

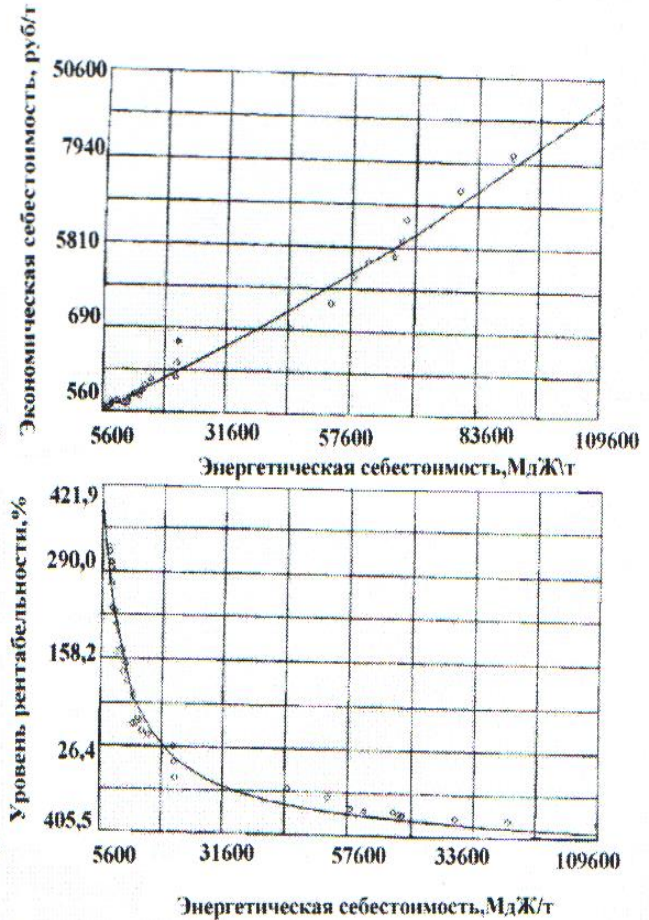


Рис. 13. Зависимость экономической рентабельности от энергетической себестоимости производства 1 т зерна яровой твердой пшеницы (2006, 2008-2010 гг.)

По данным опытов за 3 года эта связь для 96,52% случаев адекватно описывается уравнением вида: $y = 757,313 - 8,081E-0,2x + 2,1688E-0,6x^2 \pm 20,2\%$ при $F_{\text{факт}} = 26,78 > F_{\text{теор01}} = 1,76$ при условиях: $x = \frac{5634 - 21543,5}{11415,7 \pm 4241,7}$ МДж/т и $y =$

$$= \frac{7,8 - 327,8}{155,2 \pm 104,7} \%. \text{ В соответствии с полученным уравнением при энергетической}$$

себестоимости 7651,34 МДж/т уровень рентабельности составил 266%. При

дальнейшем росте энергетической себестоимости уровень рентабельности последовательно падает до 174,4% при 9782,3 МДж/т, 105,8% при 11799,7 МДж/т, до 54,8% при 13817 МДж/т, 21% - при 15862,7 МДж/т и 5,7% при 17908,5 МДж/т (рис. 14).

Таблица 48 – Зависимость экономической себестоимости (руб/т) от энергетической себестоимости (МДж/т) производства зерна яровой твердой пшеницы

| № п/п | Корреляционные величины | Параметры величин (M±G) | V% | η_{yx} | F | |
|--|--|--|--------|-------------|------|--------------------|
| | | | | | факт | теор ₀₁ |
| За 3 года (2006,2008, 2009 гг.) | | | | | | |
| 1 | Энергетическая себестоимость (МДж/т) (x) | $\frac{5634-21543,5}{11416,7 \pm 4242,4}$ | 37,16 | - | - | - |
| 2 | Экономическая себестоимость, руб/т (y) | $\frac{2318-7249,4}{3776,0 \pm 1450,3}$ | 38,41 | 0,962 | 3,09 | 1,76 |
| $y = 19,888 + 0,329x \pm 400,9$ МДж/т, для 92,62% случаев | | | | | | |
| За 4 года (2006,2008 - 2010 гг.) | | | | | | |
| 3 | Энергетическая себестоимость (МДж/т) (x ₁) | $\frac{5634-90760,6}{23958,2 \pm 24314,2}$ | 101,48 | - | - | - |
| 4 | Экономическая себестоимость, руб/т (y ₁) | $\frac{2318-39157}{8996,9 \pm 10104,6}$ | 112,3 | 0,996 | 07,6 | 1,76 |
| $y_1 = -147,544 + 0,334x_1 + 8,425E-0,7x_1^2 \pm 1115,7$ МДж/т, для 99,12% случаев | | | | | | |

При вычислениях за 4 года, с учетом экстремально засушливого года, тесная связь между энергетической себестоимостью и уровнем рентабельности производства 1 т зерна яровой твердой пшеницы подтвердилась. При этом расширились пределы их параметров.

Согласно уравнению вида: $y = -122,406 + \frac{2850275}{x} \pm 24,6\%$ в 96,70% случаев она

адекватна при $F_{\text{факт}} = 29,51 > F_{\text{теор}} = 1,76$ для параметров $x = \frac{5634 - 109571,8}{26110,5 \pm 27574,2}$

МДж/т и $y = \frac{-83,3 \pm 327,8}{98,74 \pm 133,67} \%$.

Графический анализ полученного уравнения свидетельствовал о снижении уровня рентабельности производства 1 т зерна яровой твердой пшеницы с 376,8% при энергетической себестоимости 5634 МДж/т до 266% при 7651,3 МДж/т, до 174,4% при 9782,3 МДж/т, до 105,8% при 11799,7 МДж/т, до 54,8% при 13817 МДж/т, до 21,2% при 15862,7 МДж/т и до 5,7% при 17908,5 МДж/т (рис. 14).

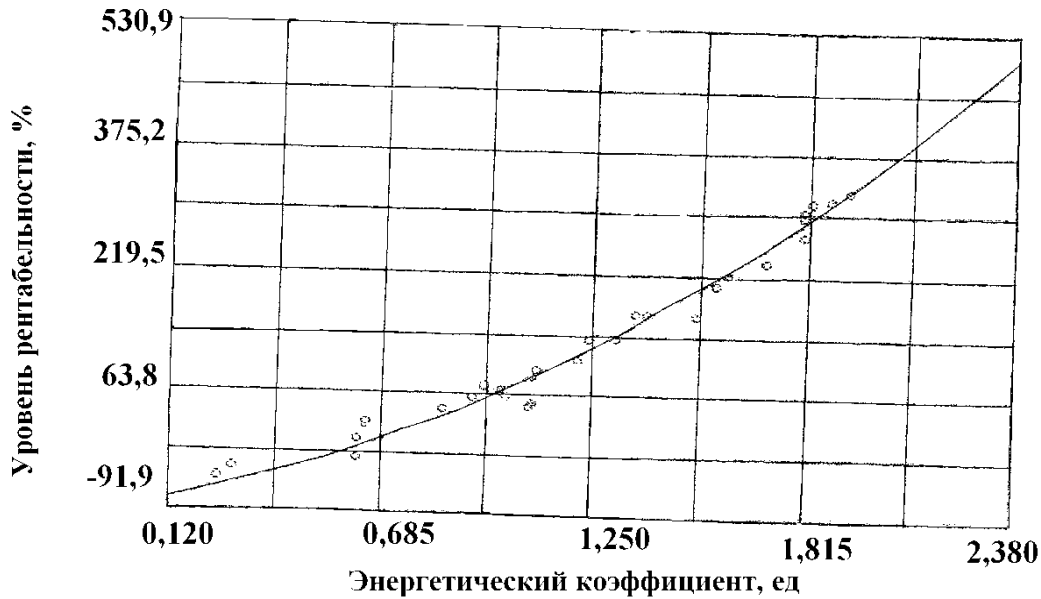


Рис. 14. Зависимость уровня рентабельности производства яровой твердой пшеницы от величины энергетического коэффициента (2006, 2008-2010 гг.)

Это уравнение хорошо иллюстрировало величину убытка при росте энергетической себестоимости.

В соответствии с ним уровень рентабельности 0,78% достигнут при энергетической себестоимости 23137,4 МДж/т, при 23317,9 МДж/т он принял отрицательные значения -0,17%, при 31818,4 МДж/т = -32,26%, при 57660,2 МДж/т = -72,9%, при 96760 МДж/т = -92,9% и при 109571 МДж/т = -96,4%.

Далее нас интересовало, как связан энергетический коэффициент (K_3) с уровнем рентабельности.

Выявлено, что уровень рентабельности тесно ($\eta_{yx} = 0,994$) коррелировал с энергетическим коэффициентом. Связь описана уравнением регрессии вида: $y = -85,773 + 84,904x + 67,911x^2 \pm 15,09\%$, где x - энергетический коэффициент, ед. y - уровень рентабельности, в %. Уравнение при

$$x = \frac{0,12 - 1,92}{1,00 \pm 0,59} \text{ ед, } y = \frac{-84,8 - 327,8}{90,9 \pm 129,4} \% \text{ адекватно для } 98,71\% \text{ случаев при } F_{\text{факт}} = 73,5 > F_{\text{теор}} = 1,76.$$

В соответствии с ним при энергетическом коэффициенте 0,5 ед. уровень рентабельности упал до убытка в 26,2%, при 1,0 ед. он достигает 67,7%, 1,1 ед. = 90%, 1,2 ед. = 114,6%, 1,3 ед. = 139,6%, 1,5 ед. = 194,7%, и при 1,8 ед. = 288,2%.

Полученные уравнения энергетических и экономических связей необходимо использовать для оценки эффективности применяемых технологий выращивания яровой твёрдой пшеницы в степной зоне при уровнях урожайности от 2,17 до 0,16 т с 1 га.

Тем не менее, проблема нуждается в дальнейшей углубленной проработке.

Принятая и широко используемая практика оценки эффективности технологий на базе экономических показателей, несмотря на обнаруженную сильную связь отдельных из них (энергетическая и экономическая себестоимость 1 т продукции, энергетическая себестоимость и уровень рентабельности, энергетический коэффициент и уровень рентабельности) не может считаться главной, поскольку цены на продукцию сельского хозяйства устанавливаются с учётом стихийности рынка, из-за чего истинная оценка энергетических затрат оказывается скрытой и неучтенной. Кроме того, цены на продукцию не учитывают энергетическое повышение плодородия почв при внесении повышенных доз удобрений в целях поддержания положительного баланса питательных веществ в почве. Не учитывает этого и применяемая методика биоэнергетической оценки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На фоне без внесения удобрений баланс питательных веществ в почве сложился отрицательно: по азоту, фосфору и калию. При использовании двойных сочетаний элементов он был отрицателен по тому элементу, который не вносился и где доза была недостаточна: в варианте $N_{40}P_{40}$ – по калию, $N_{40}K_{20}$ – по фосфору и калию, $P_{40}K_{20}$ – по азоту и калию, в варианте с половиной доз $N_{20}P_{20}K_{10}$ по азоту и калию. На фоне полных и двойных доз в тройных сочетаниях элементов наиболее заметно повысился положительный баланс по азоту или фосфору и снизился отрицательный баланс по калию.

Лучшими показателями баланса выделились варианты: $N_{80}P_{80}K_{40}$, $N_{80}P_{40}K_{20}$, $N_{40}P_{80}K_{20}$, а также $N_{80}P_{260}K_{140}$ (в запас на ротацию).

Урожайность яровой твёрдой пшеницы за четыре года экспериментов (2006, 2008 - 2010 гг.) в среднем по опыту составила 1,12 т с 1 га. Наибольшую урожайность в опыте обеспечили следующие варианты: $N_{80}P_{40}K_{20}$, $P_{40}K_{20}$, $N_{40}P_{80}K_{20}$ и $N_{40}P_{40}$. В вариантах: $N_{20}P_{20}K_{10}$, $N_{40}K_{20}$, $N_{80}P_{80}K_{40}$, $N_{120}P_{80}K_{40}$ и $N_{20}P_{40}K_{20}$ урожайность ниже, чем в лучших вариантах, но выше, чем в контроле.

Удобрения оказали неоднозначное влияние на сбор белка, его содержание в зерне яровой твёрдой пшеницы и вероятность формирования высококлассного зерна на содержание белка. Повышенным содержанием белка 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 превысили контроль на 1,55% (контроль – 11,43%), по сбору белка на 0,46 ц с 1 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 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 $P_{40}K_{20}$ снижают вероятность получения высококлассного зерна. Худшим вариантом был контрольный.

Технологические качества зерна яровой твёрдой пшеницы в большинстве изученных вариантов удобрения повышались в сравнении с контролем. Стекловидность зерна выше контроля на 3-7%, содержание сырой клейковины на 2,2-3,9%,

качество клейковины по показателю ИДК – 1 на 1,9-5,5 ед. лучше, по натуре за исключением $N_{40}K_{20}$, $N_{20}P_{20}K_{10}$ и $N_{40}P_{80}K_{20}$, на 0-10 г/л выше во всех вариантах.

По комплексу технологических качеств большей вероятностью формировать высококлассное зерно обладали варианты: $N_{40}P_{40}$, $N_{40}P_{40}K_{20}$, $N_{80}P_{40}K_{20}$. Варианты: $N_{80}P_{260}K_{140}$, $N_{80}P_{80}K_{40}$ и $N_{20}P_{20}K_{10}$ формировали высококлассное зерно реже. Удвоение дозы фосфора ($N_{40}P_{80}K_{20}$) сопровождалось получением зерна II класса в 100% лет, а при сочетаниях: $P_{40}K_{20}$ и $N_{40}K_{20}$ наблюдалось дальнейшее снижение возможности получения высококлассного зерна. Контрольный вариант оказался в этом плане наихудшим.

Лучшими показателями качества характеризовались макароны из урожаев с вариантов: по их прочности на излом - $N_{40}P_{40}$, $N_{40}K_{20}$, $N_{80}P_{40}K_{40}$, $N_{40}P_{80}K_{20}$. В остальных вариантах она была ниже, но выше контроля.

Различия по коэффициенту развариваемости были невелики на фоне контроля, за исключением двух вариантов. При удвоении доз - $N_{80}P_{80}K_{40}$ и половинных дозах - $N_{20}P_{20}K_{10}$ он ухудшился.

По общей балльной оценке выделились варианты: $N_{40}P_{40}$, $N_{80}P_{40}K_{20}$, $N_{40}P_{80}K_{20}$, $P_{40}K_{20}$ и $N_{40}K_{20}$. Остальные варианты превысили контроль балла, но в меньшей степени.

Применяемые варианты удобрений, несмотря на увеличение под их действием содержания нитратов при повышении доз со 100 мг/кг в контроле до 122 мг/кг (ПДК = 500 мг/кг) не привели к превышению предельно допустимых концентраций этих веществ в зерне яровой твёрдой пшеницы. Оно – экологически чистая продукция.

Наиболее рентабельными вариантами применения удобрений стали $P_{40}K_{20}$ – 136,4% с условно-чистым доходом 5725,9 руб. с 1 га, $N_{20}P_{20}K_{10}$ -136,4% и условно-чистым доходом 5516,3 руб. с 1 га, $N_{40}P_{40}K_{20}$ – 125,7% при условно-чистом доходе 6028,4 руб. с 1 га и $N_{40}P_{40}$ – 124,4% и условно-чистом доходе 5778 руб. с 1 га. Вариант $N_{40}K_{20}$ с уровнем рентабельности 96,2% равным контролю – 96,2% превысил его по условно-чистому доходу – 3887,4 руб. с 1 га, в контроле – 3059,3 руб. с 1 га. Варианты с повышенными дозами удобрений, рассчитанные на поддержание

плодородия полей, уступили контролю по уровню рентабельности: $N_{40}P_{80}K_{20}$ – 85,2%, $N_{80}P_{40}K_{20}$ – 78,3%.

На черноземах обыкновенных степной зоны Оренбургского Предуралья при размещении яровой твёрдой пшеницы после озимых затраты совокупной энергии в среднем за четыре года опытов изменялись от 10184,9 МДж в контроле и от 11127,8 до 18761,9 МДж на 1 га по вариантам удобрений.

Наименьшими затратами совокупной энергии характеризовались варианты: $P_{40}K_{20}$ и $N_{20}P_{20}K_{10}$. Среднее положение заняли: $N_{40}K_{20}$, $N_{40}P_{40}$, $N_{40}P_{40}K_{20}$ и $N_{40}P_{80}K_{20}$. Наиболее высокие затраты энергии сложились при дозах: $N_{80}P_{40}K_{20}$, $N_{80}P_{260}K_{140}$ и $N_{80}P_{80}K_{40}$.

Количество энергии, накопленной в урожае, изменялось от 13753,2 до 16135 МДж/га по удобренным вариантам при показателе на контроле – МДж/га. Наибольшим её количеством выделялись дозы: $P_{40}K_{20}$, $N_{40}P_{40}K_{20}$, $N_{40}P_{80}K_{20}$, $N_{40}P_{40}$ и $N_{20}P_{20}K_{10}$. Дозы: $N_{40}K_{20}$, $N_{80}P_{80}K_{40}$ и $N_{80}P_{40}K_{20}$ содержала её меньше, а $N_{80}P_{260}K_{140}$ – меньше всех.

Наиболее высокий энергетический коэффициент имел вариант $P_{40}K_{20}$, за ними следовал $N_{20}P_{20}K_{10}$ и контроль. Дозы: $N_{40}P_{40}K_{20}$, $N_{40}P_{40}$, $N_{40}K_{20}$ и $N_{40}P_{80}K_{20}$ энергетически окупались, но хуже, чем контроль. Варианты: $N_{80}P_{40}K_{20}$, $N_{80}P_{80}K_{40}$ и $N_{80}P_{260}K_{140}$ энергетически не оправдались.

Удобрения в связи с дозами их внесения меняли соотношения долей затрат. В контроле большую долю заняли затраты на семена (54,6%), ГСМ и амортизация. На фоне $P_{40}K_{20}$ доля энергозатрат на удобрения составила 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: $N_{80}P_{40}K_{20}$ (42,1%), $N_{80}P_{260}K_{140}$ (43,5%) и $N_{80}P_{80}K_{40}$ (44,1%) достигла наиболее высоких величин в структуре энергозатрат.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

В условиях засушливой степной зоны Оренбургского Предуралья на черноземах обыкновенных в посевах после озимых яровой твёрдой пшенице минеральные удобрения при основном внесении следует применять дифференцированно с учётом экономических возможностей хозяйства: для поддержания плодородия почвы целесообразно применять полные дозы тройных сочетаний NPK в размерах до 40 кг/га д.в. по азоту, фосфору и особенно калию (до 60 кг/га); в целях получения повышенной урожайности и сбора белка с наиболее частым формированием зерна первого класса по содержанию белка и лучшими технологическими качествами применять повышенные дозы удобрений ($N_{80}P_{40}K_{20}$, $N_{80}P_{80}K_{40}$); макароны лучшего качества рекомендуем получать из зерна с фонов ($N_{40}P_{40}$, $N_{40}P_{40}K_{20}$, $N_{80}P_{40}K_{20}$, $N_{40}P_{80}K_{20}$).

Энергетически окупаемы варианты: $P_{40}K_{20}$ (1,44 ед.), $N_{20}P_{20}K_{10}$ (1,20 ед.), и контроль (1,17 ед.). Хуже контроля окупаются дозы: $N_{40}P_{40}K_{20}$, $N_{80}P_{40}$, $N_{40}K_{20}$ и $N_{40}P_{80}K_{20}$ (1,10-1,03 ед.).

Литература

1. Абдрашитов, Р.Х. Особенности формирования оптимальных агроценозов яровой пшеницы в степной зоне Южного Урала / Р.Х. Абдрашитов // Оренбург, 2003; Вестник РАСХН – М, 2003. – 391 с.
2. Абдрашитов, Р.Х. Проблемы аналитической агрономии и производственный процесс / Р.Х. Абдрашитов, А.Г. Крючков, В.Ф. Мерзликин // Оренбург; Вестник РАСХН – М; 2004. – 458 с.
3. Авдониин, Н.С. Почва и белок. Влияние свойств почв и удобрений на качество растений. / Под ред. акад. ВАСХНИЛ Н.С. Авдониина. – М.: Изд-во МГУ, 1978. – 273 с.
4. Агроклиматические ресурсы Оренбургской области. – Л.: Гидрометеиздат, 1971. – 120 с.
5. Агропромышленный комплекс России. Состояние, место в АПК мира / Г.А. Романенко и др. – М., 1999. – 540 с.
6. Агрохимия / Под ред. П.М. Смирнова и А.В. Петербургского. Изд. 3-е. перераб. и доп. – М.: Колос, 1975. – 512 с. с илл.
7. Алпатьев, А.М. Влагооборот культурных растений / А.М. Алпатьев. – Л.: Гидрометеиздат, 1954. – 248 с.
8. Андреева, В.М. Урожай и качество зерна яровой пшеницы в зависимости от минеральных удобрений. В кн.: Труды Оренбургской обл. госуд. с.-х. опытной станции. / В.М. Андреева. – Челябинск: Южно-Уральск. кн. изд-во, 1972. – Вып. 3. – 122 с.
9. Андреева, В.М. Азот и урожай пшеницы. Информационный листок / В.М. Андреева. – Оренбург, 1976.
10. Андреева, В.М. Влияние 10-летнего применения минеральных удобрений на плодородие почвы и продуктивность зерновых культур. В кн.: Агрохимические и биологические параметры роста урожайности зерновых культур в Оренбургской области / В.М. Андреева // Всероссийское отд. ВАСХНИЛ Башкирский НИИСХ; Оренбургский НИИСХ. – Уфа, 1988. – 58 с.

11. Аникст, Д.М. Влияние минеральных удобрений на урожай и валовой сбор зерна яровой пшеницы в Зауралье и Сибири. Тезисы докладов Всесоюзного семинара / Д.М. Аникст. – М., 1981. – С.161-163
12. Арзыбов, Н.А. Эффективность минеральных удобрений в полевом севообороте северной части Центрально-черноземной зоны. Тезисы докладов Всесоюзного семинара / Н.А. Арзыбов. – М., 1981. – С.127-128
13. Арзыбов, Н.А. Влияние длительного внесения удобрений на свойства почвы и урожай полевых культур. Свойства почв Центрально-Черноземной зоны и удобрения / Н.А. Арзыбов. – Воронеж, 1983. – 44 с.
14. Ахметшин, Х.С. Эффективность удобрений в севообороте на выщелоченном чернозёме южной лесостепи Башкирии. Тезисы докладов Всесоюзного семинара «Совершенствование систем удобрения в севооборотах в различных зонах страны» / Х.С. Ахметшин, Б.П. Шиленко, К.З. Халиуллин. – М., 1981. – С.137-139
15. Бараев, А.И., Яровая пшеница / Под ред. А.И. Бараева, Н.М. Бакаев, М.Л. Веденеева и др. – М.: Колос, 1978. – 429 с. с ил.
16. Бесалиев, И.Н. К методике оценки сортов ячменя по реакции на погодные условия периода вегетации. Проблемы целинного земледелия. Сборник научных трудов к 50-летию целинных земель / И.Н. Бесалиев, А.Г. Крючков. – Оренбург: РАСХН, ГНУ Оренбургский НИИСХ, 2004. – 270 с.
17. Бляхерева, Р.М. Пшеница / Р.М. Бляхерева, П.А. Забазный, М.Г. Пруцкова. – Изд. 2-ое перераб. и доп. – М.: Колос, 1973. – С. 4-5
18. Большая Советская энциклопедия. Т. 20, изд. 3-е. – М.: Издательство «Советская энциклопедия», 1975. – 4 с.
19. Волков, Г.Д. Система удобрений в полевых и кормовых севооборотах / Г.Д. Волков, П.Л. Сычев и др. // Почвозащитное земледелие – М.: Колос, 1975. – С. 195-200
20. Волынкин, В. Влияние доз и способов распределения фосфорного удобрения между культурами в севообороте на их продуктивность и агрохимические свойства солонцеватого чернозёма. Резервы увеличения производства

- зерна в Курганской области / В. Волынкин, А. Попов. – Уфа, 1979. – С. 50-57
21. Гайнуллин, Ф.М. Влияние удобрений на урожай яровой пшеницы / Ф.М. Гайнуллин, А.Г. Марковский // Известия Куйбышевского с.-х. института, 1967. – Т.20. – С. 128-131
 22. Гирфанов, В.К. Яровая пшеница в Башкирии (Биоэкология, водный и питательный режим, агротехника) / В.К. Гирфанов. – Уфа: Башк. кн. изд-во, 1976. – 284 с.
 23. Глуховцева, Н.И. Сорт, удобрение и качество зерна яровой пшеницы. Проблемы повышения качества зерна / Н.И. Глуховцева, Ф.Н. Тимохин; под ред. В.Н. Ремесло и А.А. Сазонова. – М: Колос, 1977. – (Науч. тр. / ВАСХНИЛ).
 24. ГОСТ 10840-64. Зерно. Методы определения натурной массы. Зерновые, бобовые и масличные культуры. – М.: Изд-во стандартов, 1980. – С. 258-259
 25. ГОСТ 12037-81. Методы определения чистоты и отхода семян. Взамен ГОСТ 12037-66. Семена с.-х. культур. Методы определения качества. – М.: Изд-во стандартов. – 4.2., 1991. – С. 18-43
 26. ГОСТ 12041-82. Метод определения влажности. Взамен ГОСТ 12041-66. Семена с.-х. культур. Методы определения качества. – М.: Изд-во стандартов. – 4.2., 1991. – С. 180-186
 27. ГОСТ 12042-80. Методы определения массы 1000 семян. Взамен ГОСТ 12042-66. Семена с.-х. культур. Методы определения качества. – М.: Изд-во стандартов. – 4.2., 1991. – С. 187-190
 28. ГОСТ Р 52554-2006. Пшеница. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2006.
 29. Гридасов, И.И. Перспективы развития сельского хозяйства Оренбургской области. В кн.: Достижения науки в практику / И.И. Гридасов, В.Е. Кремин. – Челябинск: Южно-Уральск. кн. изд-во, 1976. – С. 10-14
 30. Гридасов, И.И. Удобрение яровой пшеницы в Оренбургской области / И.И. Гридасов, В.М. Андреева. – Челябинск: Южно-Уральск. кн. изд-во, 1977.

31. Гридасов, И. И. Роль минеральных удобрений в повышении качества твёрдых пшениц / И.И. Гридасов, В.М. Андреева, В.Н. Кравченко // Информ. листок. № 89-84. Оренб. меж. терр. центр.
32. Гридасов, И.И. Плодородие почв и эффективность удобрений в Оренбургской области. Новое в агротехнике полевых культур / И.И. Гридасов, А.И. Клементьев, В.П. Шуваев. – Уфа, 1978. – С. 59-66
33. Гридасов, И.И. Пути повышения урожая и качества зерна в условиях Оренбуржья / И.И. Гридасов, В.Ф. Аникович // Земледелие, 1979. – №4. – С. 18-19
34. Гридасов, И.И. Проблемы увеличения урожаев и повышения качества продукции в растениеводстве. / И.И. Гридасов, В.М. Андреева, В.Н. Кравченко. – Уфа, 1985. – (Сб. науч. тр.)
35. Гупало, М.С. Влияние длительного применения удобрений на продуктивность некоторых культур при бессменном посеве и на агротехнические свойства черноземной почвы лесостепи УССР. В кн.: Влияние длительного применения удобрений на плодородие почвы и продуктивность севооборотов / М.С. Гупало, Ю.К. Кудзин, В.Н. Ремесло, С.В. Сухобрус. – М., 1964. – вып.2. – С. 250-276
36. Державин, Л.М. Эффективность удобрений на почвах Удмуртской АССР: Автореф. дис... докт. / Л.М. Державин. – М., 1975. – 39 с.
37. Дорофеев, В.Ф. Пшеница мира / В.Ф. Дорофеев. – Л.: Колос, 1976. – 486 с.
38. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. – М.: Колос, 1968. – 336 с.
39. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М.: Колос, 1973. – 336 с.
40. Доспехов, Б.А. Планирование полевого опыта и статистическая обработка его данных / Б.А. Доспехов. – М.: Колос, 1979. – 205 с.
41. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М.: Колос, 1985. – 365 с.
42. Жанибеков, К.М. Реакция сортов твердой яровой пшеницы на уровень ми-

- нерального питания и способ внесения удобрений / К.М. Жанибеков // Интенсификация земледелия в Поволжье. – Саратов, 1989. – С. 118-124 – (Сб. науч. тр. / НИИСХ Юго-Востока)
43. Жуков, М.С. Изменение основных свойств почвы под влиянием тридцатилетнего применения удобрений. Влияние длительного применения удобрений на плодородие почвы и продуктивность севооборотов / М.С. Жуков, Н.П. Грабовский. – 1968. – (Сборник. Вып. 8)
44. Жуков, А.И. Регулирование баланса гумуса в почве / А.И. Жуков, П.Д. Попов. – М.: Росагроиздат, 1988.
45. Жукова, Л.М. Влияние систематического применения удобрений на физико-химические свойства различных почв. В кн.: Влияние длительного применения удобрений на плодородие почвы и продуктивность севооборотов / Л.М. Жукова. – М., 1960. – 41 с.
46. Жуковский, П.М. Пшеницы в СССР / Ботаническая характеристика пшениц / П.М. Жуковский. – М.; Л., 1957.
47. Зуев, А.А. Превращение соединений фосфора в созревающем зерне яровой пшеницы / А.А. Зуев, В.И. Парутчикова // ДАН СССР – 1949. – Т. 70, №3. – С. 39-54
48. Иванов, И.Н. Отчеты Бузулукского опытного поля за 1941-1945 гг. Рукопись / И.Н. Иванов.
49. Иванов, Б.К. Основная обработка почвы на Юго-Востоке / Б.К. Иванов. – Саратов: Приволжское кн. изд-во, 1967. – 211 с.
50. Казаков, Е.Д. Биохимия зерна и продуктов переработки / Е.Д. Казаков, В.Л. Кретович. – М.: Колос, 1980.
51. Калугин, В. Эффективность минеральных удобрений под яровую пшеницу / В. Калугин. – 1979. – №26. – С. 83-86 – (Тр. / Целиноградского СХИ)
52. Кирюшин, В.И. Нитраты и качество продукции растениеводства / В.И. Кирюшин. – Новосибирск, 1991. – 65 с.
53. Коданев, И.И. Агротехника и качество зерна / И.И. Коданев. – М.: Колос, 1976.

54. Концепция формирования современных ресурсосберегающих комплексов возделывания зерновых культур в Среднем Поволжье / Науч. ред., сост. В.А. Корчагин. Самарский НИИСХ, изд-е 2-ое, перераб. – Самара, 2008.
55. Королёва, Н.Е. Расширенное воспроизводство почвенного плодородия / Н.Е. Королёва. – М., 1983. – 64 с.
56. Костров, К.А. Влияние основных видов удобрений и их сочетаний в севообороте на урожайность культур, качество продукции и свойства выщелоченного чернозёма в Мордовской АССР. Влияние длительного применения удобрений на плодородие почвы и продуктивность севооборотов. Результаты многолетних опытов научно-исследовательских учреждений / К.А. Костров, А.В. Малова. – М.: Колос, 1973. – Вып. 4.– С. 279-304
57. Костров, К.А. Разработка рациональной системы удобрения в зернопашных севооборотах на выщелоченном чернозёме Мордовской АССР. Тезисы докладов Всесоюзного семинара «Совершенствование систем удобрения в севооборотах в различных зонах страны» / К.А. Костров, А.В. Малова, А.В. Ивойлов, М.Н. Бессонова. – М., 1981. – С. 37-38
58. Кравченко, В.Н. Влияние систематического применения минеральных удобрений в севообороте на пищевой режим почвы и урожайность яровой сильной пшеницы. Юбилейный сборник трудов учёных Оренбургского государственного аграрного университета / В.Н. Кравченко, В.И. Елисеев. – Оренбург, 2000. – С. 222-224
59. Крючков, А.Г. Урожайность и качество зерна яровой пшеницы при возделывании на различных агрофонах в степи Оренбургского Предуралья. Современные технологии в сельском хозяйстве: Материалы межд. науч.-практ. конф., посвящённой 70-летию Оренбургского НИИ сельского хозяйства / А.Г. Крючков, Г.Н. Сандакова. – Оренбург, 2007. – С. 112-123
60. Крючков, А.Г. Твёрдая пшеница. Современные технологии возделывания / А.Г. Крючков, П.П. Тейхриб, А.Н. Попов. – Оренбург: ООО «Оренбургское книжное издательство», 2008. – 704 с.
61. Крючков, А.Г. Удобрение и урожайность яровой твёрдой пшеницы в цен-

- тре Оренбургского Предуралья: Инновация и модернизация сельскохозяйственного производства в условиях меняющегося климата: Материалы межд. науч.-практ. конф. / А.Г. Крючков, В.И. Елисеев, Р.Р. Абдрашитов. – Оренбург, 2011. – С. 197-207
62. Крючков, А.Г. Удобрение яровой твердой пшеницы и её урожайность в Оренбургском Предуралье / А.Г. Крючков, В.И. Елисеев, Р.Р. Абдрашитов // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук, 2012. – №1. – С. 53-57
63. Крючков, А.Г. 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 ОГАУ, 2012. – №2. – С. 10-13
64. Крючков, А.Г. 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 ОГАУ, 2012. – №5. – С. 52-55
65. Крючков, А.Г. 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
66. Крючков, А.Г. 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
67. Крючков, А.Г. 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
68. Крючков, А.Г. Дозы, вынос, баланс элементов питания в связи с урожайностью яровой твердой пшеницы / А.Г. Крючков, В.И. Елисеев, Р.Р. Абдрашитов // Известия ОГАУ, 2012. – №6. – С. 42-46

69. Крючков, А.Г. 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
70. Крючков, А.Г. 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
71. Крючков, А.Г. 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
72. Крючков, А.Г. 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 ОГАУ, 2013. – №3. – С. 53-58
73. Кудзин, Ю.К. Влияние длительного применения удобрений на некоторые свойства чернозема и продуктивности растений. В кн.: Влияние длительного применения удобрений на плодородие почвы и продуктивность севооборотов / Ю.К. Кудзин. – М., 1960. – Вып. 1. – 322 с.
74. Кумаков, В.А. Физиологические аспекты модели сорта яровой пшеницы для условий Поволжья / В.А. Кумаков // С.-х. биология, 1978. – Т. 13., №5. – С. 60-67
75. Кучеренко, В.Д. Почвы Оренбургской области / В.Д. Кучеренко. – Челябинск: Южно-Уральск. кн. изд-во, 1972. – 126 с.
76. Ладонин, В.Ф. Комплексное применение гербицидов и удобрений в интенсивном земледелии / В.Ф. Ладонин. – М.: Агропромиздат, 1991. – 271 с.
77. Лебедева, Л.А. Влияние длительного применения удобрений и извести на содержание фосфора в растениях. Влияние свойств почв и удобрений на качество растений / Л.А. Лебедева, Е.К. Прудников. – М: Изд-во МГУ, 1974. – Вып. 3.

78. Лесогорова, А.И. Урожай и качество зерна твёрдой и мягкой пшеницы в зависимости от уровня питания / А.И. Лесогорова // *Агрохимия*, 1974. – №12, – С. 77-84
79. Лигум, С.Т. Действие и последствие удобрений в связи с системой их применения на плодородие выщелоченных черноземов, химический состав растений и урожай: автореф. дисс... докт. / С.Т. Лигум. – М., 1972. – 42 с.
80. Лухменев, В.П. Биоэнергетическая оценка технологий выращивания зерновых, кормовых культур и подсолнечника в адаптивной земледелии Южного Урала / В.П. Лухменев, К.В. Шпартаков, М.С. Чугунова. – Оренбург: Изд. Центр ОГАУ, 1998. – 86 с.
81. Любарская, Л.С. Влияние навоза и минеральных удобрений при длительном систематическом применении на урожай культур и плодородие почвы. В кн.: Влияние длительного применения удобрений на плодородие почвы и продуктивность севооборотов / Л.С. Любарская. – М., 1960. – Вып. 1. – 430 с.
82. Любарская, Л.С. Влияние длительного систематического применения органических и минеральных удобрений на урожай культур и свойства почвы. В кн.: Влияние длительного применения удобрений на плодородие почвы и продуктивность севооборотов / Л.С. Любарская. – М.: Колос, 1968. – Вып. 3. – 436 с.
83. Любарская, Л.С. Влияние длительного применения удобрений на плодородие почвы и урожай культур. В кн.: Удобрение и плодородие почв / Л.С. Любарская. – М.: Колос, 1974. – 139 с. – (Тр. / ВИУА; вып. 2).
84. Лягалина, З.Ф. Важнейшие проблемы фотосинтеза в растениеводстве / З.Ф. Лягалина. – М.: Наука, 1970. – 270 с.
85. Лясковский, Н.Е. О химическом составе пшеничного зерна / Н.Е. Лясковский. – М.: 1865.
86. Максюттов, Н.А. Итоги длительных стационарных исследований отдела земледелия и ресурсосберегающих технологий. Современные технологии в сельском хозяйстве. Материалы международной научно-практической кон-

ференции / Н.А. Максютов, В.М. Жданов, В. Матвеев. – Оренбург, 2007. – 239 с.

87. Марковский, А.Г. Влияние длительного применения удобрений на продуктивность пятипольного севооборота. Повышение культуры земледелия в южной части лесостепи Заволжья / А.Г. Марковский. – Ульяновск, 1974.
88. Марушев, А.И. Об оценке качества зерна яровой пшеницы / А.И. Марушев // Сельское хозяйство Поволжья, 1961. – №5.
89. Медведев, А.М. Селекционно-генетический потенциал зерновых культур и его использование в современных условиях / А.М. Медведев, Л.М. Медведева. – М., 2007. – 11 с.
90. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Зерновые, зернобобовые, кукуруза, масличные, эфиромасличные и кормовые культуры. – М., 1965. – Вып. 2. – 304 с.
91. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Общая часть. – М., 1971. – Вып. 1. – 248 с.
92. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Зерновые, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры. – М., 1971. – Вып. 2. – 239 с.
93. Минеев, В.Г. Удобрение твёрдой яровой пшеницы при возделывании её по пропашным предшественникам на выщелоченном чернозёме / В.Г. Минеев, В.А. Гончаров // Химия в сельском хозяйстве, 1970. – №2.
94. Минеев, В.Г. Влияние длительного применения удобрений на продуктивность севооборотов и урожайность отдельных культур. Влияние длительного применения удобрений на плодородие почвы и продуктивность севооборотов / В.Г. Минеев и др. – М., 1978. – № 6. – С. 5-29
95. Минеев, В.Г. Влияние степени насыщения севооборотов органическими и минеральными удобрениями на продуктивность культур и баланс питательных веществ. В кн.: Влияние длительного применения удобрений на плодородие почв и продуктивность севооборотов / В.Г. Минеев, А.И. Хабарова и др. – М., 1980. – 3 с.

96. Минеев, В.Г. Удобрение зерновых культур / В.Г. Минеев, М.М. Ивлев. – М.: Россельхозиздат, 1980. – 160 с.
97. Михайлина, В.И. Влияние длительного применения органических и минеральных удобрений на плодородие почвы и урожай культур. Сельское хозяйство за рубежом / В.И. Михайлина // Растениеводство, 1974. – №4.
98. Михарев, В.А. Удобрения - могучая сила / В.А. Михарев. – Челябинск, 1965. – С. 61-66
99. Мишустин, Е.Н. Изменение состава почвенной микрофлоры в результате длительного применения удобрений. Микробиология / Е.Н. Мишустин, В.Н. Прокошев. – М.: Колос, 1949. – Т.18, вып. 1.
100. Московских, В.Г. Эффективность различных систем удобрений в зернопропашном севообороте. Тезисы докладов Всесоюзного семинара «Совершенствование систем удобрения в севооборотах в различных зонах страны» / В.Г. Московских, В.А. Прошкин. – М., 1981. – С. 135-136
101. Московских, В.Г. Влияние систематического применения удобрений на урожай культур и продуктивность зернопропашного севооборота. Химизация в интенсивном земледелии / В.Г. Московских // Куйбышевское кн. изд-во., 1987. – 23 с.
102. Мосолов, И.В. Действие минеральных удобрений на урожай и качество зерна пшеницы в зависимости от степени увлажнения почвы. Питание растений азотом и некоторыми зольными элементами / Под ред. акад. Д.Н. Прянишникова; И.В. Мосолов, Д.К. Воробьев. – 1940. – (Сб. тр. ВИУА, вып. 2)
103. Мосолов, И.В. Физиологические основы применения минеральных удобрений / И.В. Мосолов // Изд. 2-е, перераб. и дополн. – М.: Колос, 1979. – 255 с.
104. Мусиенко, Г.А. Влияние 22-летнего применения удобрений на плодородие почвы и урожай зерновых культур севооборота. В кн.: Влияние длительного применения удобрений на плодородие почвы и продуктивность севооборотов / Г.А. Мусиенко, С.Т. Мусиенко, А.И. Третьяк. – М.: Колос,

1974. – Вып. 4. – 16 с.
105. Найдин, П.Г. Удобрение зерновых и зернобобовых культур / П.Г. Найдин // Изд-во с.-х. литературы, журналов и плакатов. – М., 1963. – 264 с.
106. Назаров, Ю.И. Условия питания и применение минеральных удобрений под яровую пшеницу в Кокчетавской области: автореф. дисс. ... канд. / Ю.И. Назаров. – Уфа, 1989.
107. Носатовский А.И. Пшеница / А.И. Носатовский. – М.: Колос, 1965.
108. Овсянников, В.И. Эффективность азота в полевых севооборотах. Тезисы докладов Всесоюзного семинара / В.И. Овсянников, С.М. Овсянникова, Г.Н. Харин, К.И. Никифорова и др. – 1981. – С. 160-161
109. Отчёты Оренбургской опытной станции за 1937-1941гг.
110. Отчеты Бузулукской опытной станции за 1927-1939 и 1946-1962 гг. Рукопись.
111. Павлов, А.Н. Закономерности влияния условий минерального питания на качество урожая зерновых культур. Тезисы докладов Всесоюзного научно-методического совещания участников географической сети опытов с удобрениями / А.Н. Павлов. – М., 1967. – С. 82-83
112. Панников, В.Д. Почва, климат, удобрение и урожай / В.Д. Панников, В.Г. Минеев. – М.: Колос, 1977. – 416 с. с илл.
113. Панников, В.Д. Удобрение яровой пшеницы / В.Д. Панников, В.Г. Минеев. – М.: Колос, 1977. – С. 298-316
114. Петербургский, А.В. Агрохимия и физиология питания растений / А.В. Петербургский. – М.: Россельхозиздат, 1971. – 334 с.
115. Петин, Н.С. Состояние воды в растительной ткани на базе современных физико-химических данных / Н.С. Петин, Н.А. Аскоченская // Водообмен растений при неблагоприятных условиях среды. – Кишинев: Штинница, 1975. – С. 4-13
116. Петин, Н.С. Физиология орошаемой пшеницы / Н.С. Петин. – М.: Изд. АН СССР, 1959. – 144 с.
117. Петрова, Л.И. Сравнительная эффективность минеральных удобрений и

- навоза в льняном севообороте на дерново-подзолистой почве. Влияние длительного применения удобрений на плодородие почвы и продуктивность севооборотов / Л.И. Петрова. – 1973. – Вып. IV.
118. Петрова В. и др. Биологическая активность обыкновенных черноземов при длительном применении удобрений в севообороте / В. Петрова и др. // Каменная степь, 1977. – Вып. 2, № 14. – 30 с. – (Науч. тр. / НИИСХ ЦЧП).
119. Постников, А.В. Влияние длительного применения минеральных удобрений на продуктивность севооборотов и агрохимические показатели почвы / А.В. Постников и др. // Химия в сельском хозяйстве, 1981. – № 10 – 49 с.
120. Потатурина, Н.В. Влияние систематического применения удобрений на плодородие южного чернозема. В кн.: Эффективность удобрений и повышение плодородия почв в засушливом Поволжье / Н.В. Потатурина. – Саратов, 1986. – 29 с.
121. Природно-сельскохозяйственное районирование земельного фонда СССР. – М.: Колос, 1975. – С. 68-70 – (Науч. тр. / ВАСХНИЛ).
122. Производство высококачественного зерна яровой твёрдой пшеницы в Среднем Поволжье / Научно-практическое руководство. – Самара, 2010.
123. Прянишников, Д.Н. Избранные сочинения в 3-х т. / Д.Н. Прянишников. – М.: Колос, 1963. – Т. 3. – 633 с.
124. Прянишников, Д.Н. Азот в жизни растений и в земледелии СССР. Избранные сочинения / Д.Н. Прянишников. – М.: Изд. АН СССР, 1965. – Т. 3
125. Пчелкин, В.У. Почвенный калий и калийные удобрения / В.У. Пчелкин. – М.: Колос, 1966. – 334 с.
126. Пшеница и оценка её качества / Пер. с англ. под ред. Н.П. Козьминой и Л.Н. Любарского. – М.: Колос, 1968.
127. Русакова, Л. Систематическое применение минеральных удобрений и их влияние на агрохимические свойства выщелоченного чернозёма Зауралья. / Л. Русакова // Научно-технический бюллетень Сибирского НИИ химизации сельского хозяйства, 1980. – Вып.1. – С. 15-17
128. Ряховский, А.В. Оптимизация минерального питания яровой пшеницы /

- А.В. Ряховский // Уральские Нивы, 1985. – №9.
129. Ряховский, А.В. Особенности плодородия почв и эффективность удобрений в степных районах Южного Урала / А.В. Ряховский. – Челябинск: Южно-Уральск. кн. изд-во, 1992. – 79 с.
130. Ряховский, А.В. Параметры и условия эффективного использования удобрений в степных районах Южного Урала / А.В. Ряховский, И.Ш. Зарипов. – Оренбург, 1998. – С. 25-32
131. Ряховский, А.В. Агрономическая химия в приложении к условиям степных районов Российской Федерации / А.В. Ряховский, И.А. Батулин, А.П. Березнёв. – Оренбург, 2004. – 283 с.
132. Сборник нормативных материалов на работы, выполняемые машинно-технологическими станциями (МТС). – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2001. – 190 с.
133. Сдобникова, О.В. Систематическое применение удобрений, продуктивность культур севооборота и плодородие серой лесной почвы / О.В. Сдобникова, Л.Л. Яговенко // Агрехимия, 1987. – № 8. – 17 с.
134. Синягин, И.И. Площади питания растений / И.И. Синягин. – М.: Россельхозиздат, 1975. – 232 с.
135. Система ведения сельского хозяйства Оренбургской области. – Челябинск: Южно-Уральск. кн. изд-во, 1981. – 300 с.
136. Система ведения сельского хозяйства Оренбургской области. – Челябинск: Южно-Уральск. кн. изд-во, 1986. – 240 с.
137. Система удобрения зерновых культур. В сборнике «Система сухого земледелия Оренбургской области». – Оренбург, 1992.
138. Система сухого земледелия Оренбургской области. – Уфа, 1992. – 242 с.
139. Система устойчивого ведения сельского хозяйства. – Оренбург, 1999.
140. Скорилов, Э.А. Урожай и качество зерна проса в зависимости от минерального питания и предшественников: «Эколого-технологическая, правовая и социально-экономическая политика в сельском хозяйстве: история и современность: Материалы межд. науч.-практ. конф., посвященной 75-

- летию Оренбургского государственного аграрного университета / Э.А. Скориков, В.И. Елисеев. – Оренбург, 2005. – С. 12-11
141. Скориков, Э.А. Влияние азотно-фосфорных удобрений и предшественников на урожай и качество яровой пшеницы: автореф. дисс. ... канд. / Скориков Эдуард Александрович. – Краснодар, 1982. – 22 с.
142. Собянин, Б.Н. Агрохимические показатели выщелоченного чернозёма при систематическом применении удобрений / Б.Н. Собянин, О.Б. Рябенская // Химизация сельского хозяйства, 1988. – №4. – С. 58-61
143. Созинов, А.А. Проблемы увеличения белковости зерна пшеницы. Проблемы повышения качества зерна / Под ред. В.Н. Ремесло и А.А. Созинова; А.Н. Хохлов, Ф.А. Попереля. – М.: Колос, 1977.
144. Соколов, А.В. Агрохимия фосфора / А.В. Соколов. – М., 1950.
145. Солнцева, А.Е. Удобрение посевов яровой пшеницы. Яровая пшеница в Оренбургской области / А.Е. Солнцева. – Оренбург, 1963. – С. 89-99
146. Спиридонова, Н.К. Урожай и качество культур севооборота при разной насыщенности удобрениями. Тезисы докладов Всесоюзного семинара / Н.К. Спиридонова, М.И. Ходько. – М., 1981. – 142 с.
147. Старостенко, В.П. Влияние возрастающих доз удобрений на продуктивность зернопропашного севооборота. Тезисы докладов Всесоюзного семинара / В.П. Старостенко. – М., 1981. – С. 166-167
148. Суднов, П.Е. Агрохимические приёмы повышения качества зерна пшеницы / П.Е. Суднов // – М.: Колос, 1965.
149. Справочник агронома / Под ред. А.Г. Крючкова. – Челябинск: Южно-Уральск. кн. изд-во, 1989. – С. 288
150. Тимирязев, К.А. Земледелие и физиология растений. Избранные сочинения / К.А. Тимирязев. – М.: Сельхозиздат, 1948. – Т. 2. – 424 с.
151. Тихонов, В.Е. Природно-климатические ресурсы. Система устойчивого ведения сельского хозяйства Оренбургской области / В.Е. Тихонов, В.М. Кононов. – Оренбург, 1999. – С. 19-20
152. Тищенко, А.Т. Влияние длительного применения удобрений на содержа-

- ние органического вещества в почве. Удобрение и плодородие почв / А.Т. Тищенко. – М., 1974. – С. 59-64 – (Тр. / ВИУА; вып. 2)
153. Туева, О.Ф. Последствия азотного и фосфорного голодания на растения / О.Ф. Туева, С.А. Самойлова // ДАН СССР, 1948. – Т. 59, №3. – 24 с.
154. Туева, О.Ф. Фосфор в питании растений / О.Ф. Туева. – М.: Наука, 1966. – 312 с.
155. Турчин, Ф.В. Азотное питание растений и применение азотных удобрений / Ф.В. Турчин. – М.: Колос, 1972. – 336 с.
156. Халиуллин, К.З. Влияние систематического применения удобрений в севообороте на пищевой режим и физико-химические свойства выщелоченного чернозема. Пути эффективного использования удобрений в Башкирии / К.З. Халиуллин. – Уфа, 1981. – 110 с.
157. Хлистовский, А.Д. Влияние длительного применения удобрений на плодородие почвы и продуктивность севооборотов. Влияние концентрированных и балластных минеральных удобрений на агрохимические свойства почвы и химический состав растений / А.Д. Хлистовский, З.М. Осипова. – М.: Колос, 1973. – 98 с. – (Науч. тр. / ВИУА; вып. 4).
158. Холмов, Ю.Г. Система удобрений в севооборотах. В кн.: Земля и рациональное её использование. Материалы XIX Курганской областной научно-производственной конференции агрономов / Ю.Г. Холмов. – 1971.
159. Хомко, В. Зависимость пищевого режима, плодородия почвы и продуктивности полевых севооборотов от систематического внесения минеральных удобрений / В. Хомко, З. Орлова. – 1980. – С. 44-50 – (Тр. / Ставропольского НИИСХ; вып. 41а).
160. Хурчакова, А. Применение удобрений в севообороте на выщелоченных чернозёмах / А. Хурчакова, М. Островляничик, Э. Бурбах. – 1979. – (Тр. / Алтайского СХИ; вып. 33).
161. Чижов, Б.А. Использование азота и фосфора удобрений растениями при различной влажности почвы / Б.А. Чижов // Социалистическое зерновое хозяйство, 1941. – №1.

162. Чичкин, А.П. Экономические основы рационального использования удобрений на черноземах Заволжья. Система сухого земледелия Самарской области / А.П. Чичкин, В.П. Московских. – 1992. – 22 с.
163. Чуб, М.П. Влияние степени насыщения севооборота удобрениями на его продуктивность и элементы плодородия в черноземной степи Поволжья. Тезисы докладов Всесоюзного семинара «Совершенствование систем удобрения в севооборотах в различных зонах страны» / М.П. Чуб, Н.В. Потатурина. – М., 1981. – С. 133-134
164. Чуб, М.П. Влияние длительного применения удобрений на урожай культур зернопропашного севооборота и плодородие южного чернозёма в засушливой степи Поволжья. В кн.: Влияние длительного применения на плодородие почвы и продуктивность севооборотов / М.П. Чуб и др. – М., 1985. – 126 с.
165. Шарапов, Н.И. Химизм растений и климат / Н.И. Шарапов. – М.; Л.: Изд. АН СССР, 1954.
166. Шарапов, Н.И. Повышение качества урожая сельскохозяйственных культур / Н.И. Шарапов. – Л.: Колос, 1973. – 223 с.
167. Шарошникова, И.М. Изменение органического вещества почв при их сельскохозяйственном использовании / И.М. Шарошникова, А.А. Новиков // Почвоведение, 1986. – № 8. – 52 с.
168. Шеленбергер, И.А. Производство и использование пшеницы. Пшеница и оценка ее качества / Пер. с англ. под ред. Н.П. Козьминой и Л.Н. Любарского. – М.: Колос, 1968.
169. Шконде, Э.И. Влияние растений и удобрений на характер распределения фосфатов по профилю почвы. Питание растений и применение удобрений / Э.И. Шконде. – 1974. – С. 96-99 – (Тр. / ВИУА; вып. 48)
170. Шкурихина, А.К. Потребление и вынос питательных веществ яровой пшеницы в зависимости от экологических условий и режима питания. Формирование урожая и минеральное питание растений / А.К. Шкурихина, В.К. Гирфанов. – Уфа, 1971. – 81 с.

171. Шмук, А.А. Биохимические изменения привитых растений. Успехи современной биологии / А.А. Шмук. – 1946. – Т. 21, вып. 1.
172. Шугля, З.М. Система удобрения в севообороте. В кн.: Результаты исследований в длительных опытах с удобрениями по зонам страны / З.М. Шугля. – М., 1982. – Вып. II. – 94 с.
173. Эверсман, Э.А. Оренбургские степи в трудах П.И. Рычкова, Э.А. Эверсман, С.С. Неуструева. – М., 1949. – 414 с.
174. Ярошевич И.В. Влияние 50-летнего применения удобрений в севообороте на биологическую активность чернозема / И.В. Ярошевич // Агрохимия, 1966. – №6.

Иностранная литература

175. Bagnott, K., Puri, J. (1979) Отзывчивость сортов твёрдой и мягкой пшеницы на азотные удобрения. Responst of durum and bread wheats to nitrogen fertilizes. Calif. Agr., 33, 7 / 8 : 21-22 (англ.).
176. Boon, R. (1979) Влияние азотных удобрений на урожайность сельскохозяйственных культур и содержание нитратов. Resultaten van stikstofen-zockingen // Agrikultura, 27 S.
177. Byers, M., Bolton, J. (1979) Влияние доз азотных и серосодержащих удобрений на урожай пшеницы. Effects of nitrogen and sulphur fertilizers on the yield, N and S content, and amino acid composition of the grain of spring wheat. J. Food. Agr., 30, 3 : 251-263 (англ.).
178. Применение комплексных фосфорно-калийных удобрений в Дании. (1979) Korrekt grundgodskning med det store sortiment af PK-godninger. Godningen, 71: S. 3-5 (датск.).
179. Велчев, В. (1979) Эффективность возрастающих удобрений под пшеницу на выщелоченной лугово-коричневой почве. Ефективност на азотното торе при пшеницата на излужена ливадно-канелена почва в Софийско-Почвознание // Агрохимия, 14, 6 : 49-57 (болг.).
180. Rasmussen, A. (1980) Оптимизация норм внесения азотных удобрений под зерновые культуры. Godskning af korn. Landbonyt, 34, 2 : S. 74-85

(датск.).

181. Haunold, E. (1979) Зависимость между содержанием минерального азота в почве весной, потребностью зерновых культур в минеральных удобрениях и урожаем. Die Beziehung zwischen dem Stickstoffnachlieferungsvermögen von Chtmisch, 13 : S. 77-81 (нем.).

ПРИЛОЖЕНИЯ

Таблица 1 – Метеорологические условия периода вегетации твердой пшеницы за годы исследований

| Месяц | Декада | Температура воздуха, °С | | | | Осадки, мм | | Влажность воздуха | | Число дней с минимальной влажностью, 30% и < | ГТК |
|----------|--------|-------------------------|------------|--------------|-------------|------------|------------|--------------------------|---------------------|--|-----|
| | | Средняя | Отклонение | Максимальная | Минимальная | Сумма | % от нормы | Средняя относительная, % | Средний дефицит ГПа | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 2006 год | | | | | | | | | | | |
| Май | I | 11,3 | -1,3 | 25 | -2 | 0,6 | 5 | 47 | 9 | 8 | |
| | II | 14,9 | -0,5 | 24 | 5 | 20 | 154 | 59 | 8 | 4 | |
| | III | 19,4 | 2,5 | 34 | 9 | 16 | 123 | 57 | 11 | 3 | |
| За месяц | | 15,2 | 0,2 | 28 | 4 | 36,6 | 94 | 54 | 9,3 | 15 | |
| Июнь | I | 25,0 | 7,1 | 37 | 8 | - | - | 46 | 20 | 7 | |
| | II | 22,7 | 2,4 | 38 | 6 | 20 | 133 | 53 | 16 | 4 | |
| | III | 22,5 | 1,4 | 32 | 13 | 7 | 47 | 62 | 13 | 1 | |
| За месяц | | 23,4 | 3,6 | 36 | 9 | 27 | 90 | 54 | 16,3 | 12 | |
| Июль | I | 17,9 | -3,9 | 32 | 7 | 10 | 71 | 57 | 10 | 2 | |
| | II | 25,0 | 2,9 | 37 | 13 | 36 | 257 | 54 | 17 | 5 | |
| | III | 17,0 | -4,9 | 28 | 7 | 21 | 162 | 62 | 8 | 7 | |
| За месяц | | 20,0 | 2,0 | 32 | 9 | 67 | 163 | 42 | 11,7 | 14 | |
| Август | I | 19,3 | -2,2 | 36 | 9 | 10 | 91 | 62 | 10 | 1 | |
| | II | 22,4 | 2,3 | 37 | 8 | - | - | 45 | 18 | 6 | |
| | III | 23,0 | 4,5 | 36 | 12 | 8 | 80 | 51 | 16 | 4 | |
| За месяц | | 21,6 | 1,5 | 36 | 10 | 18 | 86 | 53 | 14,7 | 11 | |
| 2008 год | | | | | | | | | | | |
| Май | I | 11,2 | -1,4 | 23 | 0 | 31 | 258 | 51 | 7 | 6 | |
| | II | 15,7 | 0,3 | 29 | 4 | 5 | 38 | 57 | 9 | 5 | |
| | III | 19,5 | 2,6 | 34 | 9 | 22 | 169 | 59 | 11 | 4 | |
| За месяц | | 15,5 | 0,5 | 29 | 7 | 58 | 155 | 56 | 9 | 15 | |
| Июнь | I | 12,7 | -5,2 | 23 | 2 | 10 | 71 | 60 | 7 | 1 | |
| | II | 22,9 | 2,6 | 35 | 7 | 0,4 | 3 | 46 | 17 | 8 | |
| | III | 20,9 | 0,1 | 36 | 8 | 19 | 127 | 58 | 13 | 4 | |
| За месяц | | 18,8 | -0,8 | 31 | 6 | 29,4 | 67 | 55 | 12,3 | 13 | |
| Июль | I | 21,3 | -0,5 | 33 | 12 | 49 | 350 | 65 | 11 | 1 | |
| | II | 25,1 | 3,0 | 35 | 14 | 0,1 | 1 | 56 | 16 | 1 | |
| | III | 24,6 | 2,7 | 36 | 13 | 1 | 8 | 52 | 17 | 7 | |
| 2008 год | | | | | | | | | | | |
| За месяц | | 23,7 | 1,7 | 35 | 13 | 50,1 | 120 | 58 | 14,7 | 9 | |
| Август | I | 19,3 | -2,2 | 34 | 9 | 16 | 145 | 57 | 12 | 6 | |
| | II | 25,5 | 5,4 | 37 | 11 | 0 | 0 | 43 | 22 | 9 | |
| | III | 22,7 | 4,2 | 35 | 12 | 12 | 120 | 47 | 17 | 8 | |
| За месяц | | 22,5 | 2,5 | 35 | 11 | 28 | 133 | 49 | 17 | 23 | |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|----------|-----|------|------|----|----|------|-----|----|------|----|----|
| 2009 год | | | | | | | | | | | |
| Май | I | 15,4 | 2,8 | 26 | 1 | 0,8 | 7 | 46 | 11 | 8 | |
| | II | 14,1 | -1,3 | 26 | 4 | 20 | 154 | 64 | 7 | 4 | |
| | III | 15,7 | -1,2 | 27 | 2 | 14 | 108 | 54 | 10 | 7 | |
| За месяц | | 15,1 | 0,1 | 26 | 2 | 34,8 | 90 | 55 | 9 | 19 | |
| Июнь | I | 22,3 | 4,4 | 34 | 9 | 1 | 7 | 43 | 18 | 9 | |
| | II | 24,9 | 4,6 | 37 | 13 | 19 | 127 | 45 | 20 | 8 | |
| | III | 21,3 | 0,5 | 32 | 9 | 0 | 0 | 45 | 16 | 8 | |
| За месяц | | 22,8 | 3,2 | 34 | 10 | 20 | 67 | 44 | 18 | 25 | |
| Июль | I | 18,6 | -3,2 | 29 | 9 | 12 | 86 | 52 | 12 | 6 | |
| | II | 24,4 | 2,3 | 35 | 10 | - | - | 46 | 19 | 9 | |
| | III | 23,9 | 2,0 | 35 | 12 | 2 | 15 | 43 | 19 | 10 | |
| За месяц | | 22,3 | 0,4 | 33 | 10 | 17 | 50 | 47 | 16,7 | 25 | |
| Август | I | 18,7 | -2,8 | 32 | 6 | 12 | 109 | 56 | 11 | 4 | |
| | II | 20,3 | 0,2 | 34 | 9 | 13 | 118 | 62 | 11 | 5 | |
| | III | 18,9 | 0,4 | 33 | 9 | 36 | 360 | 68 | 9 | 2 | |
| За месяц | | 19,3 | -0,7 | 33 | 8 | 61 | 196 | 62 | 10,3 | 11 | |
| 2010 год | | | | | | | | | | | |
| Май | I | 18,8 | 6,2 | 31 | 3 | 0,3 | 3 | 47 | 14 | 8 | |
| | II | 20,0 | 4,6 | 32 | 6 | 0,1 | 1 | 42 | 15 | 6 | |
| | III | 16,8 | -0,1 | 29 | 3 | 0,5 | 6 | 40 | 13 | 9 | |
| За месяц | | 18,5 | 3,6 | 31 | 4 | 0,9 | 3 | 43 | 14 | 23 | |
| Июнь | I | 23,3 | 5,4 | 38 | 9 | - | - | 27 | 24 | 10 | |
| | II | 23,9 | 3,6 | 37 | 8 | 0,7 | 6 | 39 | 21 | 9 | |
| | III | 27,1 | 6,3 | 38 | 10 | 0,4 | 3 | 31 | 28 | 10 | |
| За месяц | | 24,8 | 5,1 | 38 | 9 | 1,1 | 5 | 32 | 24,3 | 29 | |
| Июль | I | 26,2 | 4,4 | 37 | 13 | 2 | 14 | 34 | 25 | 9 | |
| | II | 24,3 | 2,2 | 37 | 14 | 8 | 57 | 49 | 18 | 6 | |
| | III | 28,4 | 6,5 | 38 | 13 | 1 | 6 | 32 | 29 | 10 | |
| За месяц | | 26,3 | 4,4 | 37 | 13 | 11 | 26 | 38 | 24 | 25 | |
| Август | I | 29,0 | 7,5 | 38 | 19 | 6 | 60 | 38 | 27 | 10 | |
| | II | 24,8 | 4,7 | 38 | 12 | 17 | 170 | 43 | 21 | 9 | |
| | III | 21,6 | 3,1 | 37 | 6 | 11 | 110 | 47 | 17 | 8 | |
| За месяц | | 25,1 | 5,1 | 38 | 12 | 11 | 113 | 43 | 21,7 | 27 | |

Таблица 2 – Количество всходов яровой твердой пшеницы
Оренбургская 21 на разных фонах питания

| № п/п | Доза удобрения, кг д.в. на 1 га | Количество, шт/м ² по годам | | | | Среднее за 4 года | ± к контролю | |
|------------------|--|--|---------|---------|---------|----------------------|-----------------|------|
| | | 2006 г. | 2008 г. | 2009 г. | 2010 г. | | шт. | % |
| | | | | | | | | |
| 2 | N ₄₀ P ₄₀ | 344 | 382 | 304 | 298 | 332 | +31 | 103 |
| 3 | N ₄₀ K ₂₀ | 368 | 365 | 282 | 338 | 338 | +37 | 12,3 |
| 4 | P ₄₀ K ₂₀ | 369 | 343 | 312 | 268 | 323 | +22 | 7,3 |
| 5 | N ₄₀ P ₄₀ K ₂₀ | 356 | 368 | 305 | 300 | 332 | +31 | 10,3 |
| 6 | N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀ | 351 | 340 | 302 | 318 | 328 | +27 | 9,0 |
| 7 | N ₂₀ P ₂₀ K ₁₀ | 360 | 327 | 318 | 260 | 316 | +15 | 5,0 |
| 8 | N ₈₀ P ₄₀ K ₂₀ | 352 | 358 | 268 | 266 | 311 | +10 | 3,3 |
| 9 | N ₂₀ P ₄₀ K ₂₀ | 372 | 385 | 318 | 294 | 342 | +41 | 13,6 |
| 10 | N ₄₀ P ₈₀ K ₂₀ | 320 | 358 | 322 | 268 | 317 | +16 | 5,3 |
| 11 | N ₄₀ P ₂₀ K ₂₀ | 384 | 348 | 320 | 272 | 331 | +30 | 10,0 |
| 12 | N ₈₀ P ₁₂₀ K ₄₀ | 352 | 364 | 302 | 314 | 333 | +32 | 10,6 |
| 13 | N ₁₂₀ P ₈₀ K ₄₀ | 374 | 398 | 312 | 286 | 343 | +42 | 14,0 |
| 14 | N ₈₀ P ₂₆₀ K ₄₀ | 383 | 326 | 322 | 292 | 331 | +30 | 10,0 |
| Среднее по опыту | | 359 | 356 | 304 | 290 | 327 | - | - |

Таблица 3 – Полевая всхожесть семян яровой твердой пшеницы
Оренбургская 21 на разных фонах питания, %.

| № п/п | Доза удобрения, кг д.в. на 1 га | Полевая всхожесть, % по годам | | | | Средняя | ± к контролю |
|------------------|--|-------------------------------|---------|---------|---------|---------|-----------------|
| | | 2006 г. | 2008 г. | 2009 г. | 2010 г. | | |
| 1 | Контроль | 73,8 | 72,2 | 58,9 | 62,7 | 66,9 | 0,0 |
| 2 | N ₄₀ P ₄₀ | 76,4 | 84,9 | 67,6 | 66,2 | 73,8 | +6,9 |
| 3 | N ₄₀ K ₂₀ | 81,8 | 81,1 | 62,7 | 75,1 | 75,1 | +8,2 |
| 4 | P ₄₀ K ₂₀ | 82,0 | 76,2 | 69,3 | 59,6 | 71,8 | +4,9 |
| 5 | N ₄₀ P ₄₀ K ₂₀ | 79,1 | 81,8 | 67,8 | 66,7 | 73,8 | +6,9 |
| 6 | N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀ | 78,0 | 75,6 | 67,1 | 70,7 | 72,9 | +6,0 |
| 7 | N ₂₀ P ₂₀ K ₁₀ | 80,0 | 72,7 | 70,7 | 57,8 | 70,2 | +3,3 |
| 8 | N ₈₀ P ₄₀ K ₂₀ | 78,2 | 79,6 | 59,6 | 59,1 | 69,1 | +2,2 |
| 9 | N ₂₀ P ₄₀ K ₂₀ | 82,7 | 85,6 | 70,7 | 65,3 | 76,0 | +9,1 |
| 10 | N ₄₀ P ₈₀ K ₂₀ | 71,1 | 79,6 | 71,6 | 59,6 | 70,4 | +3,5 |
| 11 | N ₄₀ P ₂₀ K ₂₀ | 85,3 | 77,3 | 71,1 | 60,4 | 73,5 | +6,6 |
| 12 | N ₈₀ P ₁₂₀ K ₄₀ | 78,2 | 80,9 | 67,1 | 69,8 | 74,0 | +7,1 |
| 13 | N ₁₂₀ P ₈₀ K ₄₀ | 83,1 | 88,4 | 69,3 | 63,6 | 76,1 | +9,2 |
| 14 | N ₈₀ P ₂₆₀ K ₄₀ | 85,1 | 72,4 | 71,6 | 64,9 | 73,5 | +6,6 |
| Средняя по опыту | | 79,6 | 79,2 | 67,5 | 64,4 | 72,7 | - |

Таблица 4 – Количество растений яровой твердой пшеницы
Оренбургская 21, сохранившихся к уборке на разных фонах питания

| № п/п | Доза удобрения, кг д.в. на 1 га | Количество, шт/м ² по годам | | | | Среднее за 4 года | ± к контролю | |
|------------------|--|---|---------|---------|---------|-------------------------|--------------|-------|
| | | 2006 г. | 2008 г. | 2009 г. | 2010 г. | | шт. | % |
| 1 | Контроль | 236 | 187 | 254 | 199 | 219 | 0,00 | 0,00 |
| 2 | N ₄₀ P ₄₀ | 326 | 213 | 260 | 226 | 256 | +37 | +16,9 |
| 3 | N ₄₀ K ₂₀ | 236 | 177 | 231 | 276 | 230 | +11 | +5,0 |
| 4 | P ₄₀ K ₂₀ | 275 | 187 | 286 | 237 | 246 | +27 | +12,3 |
| 5 | N ₄₀ P ₄₀ K ₂₀ | 306 | 211 | 289 | 191 | 249 | +30 | +13,7 |
| 6 | N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀ | 260 | 170 | 276 | 202 | 227 | +8 | +3,7 |
| 7 | N ₂₀ P ₂₀ K ₁₀ | 314 | 211 | 293 | 194 | 253 | +34 | +15,5 |
| 8 | N ₈₀ P ₄₀ K ₂₀ | 248 | 216 | 258 | 197 | 230 | +11 | +5,0 |
| 9 | N ₂₀ P ₄₀ K ₂₀ | 277 | 204 | 291 | 233 | 251 | +32 | +14,6 |
| 10 | N ₄₀ P ₈₀ K ₂₀ | 268 | 233 | 257 | 217 | 244 | +25 | +11,4 |
| 11 | N ₄₀ P ₂₀ K ₂₀ | 254 | 235 | 287 | 250 | 256 | +37 | +16,9 |
| 12 | N ₈₀ P ₁₂₀ K ₄₀ | 265 | 176 | 258 | 264 | 241 | +22 | +10,0 |
| 13 | N ₁₂₀ P ₈₀ K ₄₀ | 245 | 186 | 290 | 214 | 236 | +17 | +7,8 |
| 14 | N ₈₀ P ₂₆₀ K ₄₀ | 264 | 187 | 307 | 226 | 246 | +27 | +12,3 |
| Среднее по опыту | | 270 | 200 | 274 | 233 | 242 | - | - |

Таблица 5 – Сохранность растений яровой твердой пшеницы
на разных фонах питания

| № п/п | Доза удобрения, кг д.в. на 1 га | Сохранность, % по годам | | | | Средняя | ± к контролю |
|------------------|--|-------------------------|---------|---------|---------|---------|-----------------|
| | | 2006 г. | 2008 г. | 2009 г. | 2010 г. | | |
| 1 | Контроль | 71,1 | 57,5 | 95,8 | 70,6 | 73,8 | - |
| 2 | N ₄₀ P ₄₀ | 94,8 | 55,8 | 85,5 | 75,8 | 78,0 | +4,2 |
| 3 | N ₄₀ K ₂₀ | 64,1 | 48,5 | 81,9 | 81,7 | 69,0 | - 4,8 |
| 4 | P ₄₀ K ₂₀ | 74,5 | 54,5 | 91,7 | 88,4 | 77,3 | +3,5 |
| 5 | N ₄₀ P ₄₀ K ₂₀ | 86,0 | 57,3 | 94,8 | 63,7 | 75,5 | +1,7 |
| 6 | N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀ | 74,1 | 50,0 | 91,4 | 63,5 | 69,8 | - 4,0 |
| 7 | N ₂₀ P ₂₀ K ₁₀ | 87,2 | 64,5 | 92,1 | 74,6 | 79,6 | +5,8 |
| 8 | N ₈₀ P ₄₀ K ₂₀ | 70,5 | 60,3 | 96,3 | 74,1 | 75,3 | +1,5 |
| 9 | N ₂₀ P ₄₀ K ₂₀ | 74,5 | 53,0 | 91,5 | 79,3 | 74,6 | +0,8 |
| 10 | N ₄₀ P ₈₀ K ₂₀ | 83,8 | 65,1 | 79,8 | 68,5 | 74,3 | +0,5 |
| 11 | N ₄₀ P ₂₀ K ₂₀ | 66,1 | 67,5 | 89,7 | 91,9 | 78,8 | +5,0 |
| 12 | N ₈₀ P ₁₂₀ K ₄₀ | 75,3 | 48,4 | 85,4 | 84,1 | 73,3 | - 0,5 |
| 13 | N ₁₂₀ P ₈₀ K ₄₀ | 65,5 | 46,7 | 92,9 | 74,8 | 69,9 | +3,9 |
| 14 | N ₈₀ P ₂₆₀ K ₄₀ | 68,9 | 54,4 | 95,3 | 77,4 | 74,0 | +0,2 |
| Среднее по опыту | | 75,5 | 56,2 | 90,3 | 76,3 | 72,8 | - |

Таблица 6 – Выживаемость растений яровой твердой пшеницы на разных фонах питания

| № п/п | Доза удобрения, кг д.в. на 1 га | Выживаемость, % по годам | | | | Средняя за 4 года | ± к контролю % |
|------------------|--|--------------------------|---------|---------|---------|-------------------|----------------|
| | | 2006 г. | 2008 г. | 2009 г. | 2010 г. | | |
| 1 | Контроль | 52,4 | 41,6 | 56,4 | 44,2 | 48,7 | 0,00 |
| 2 | N ₄₀ P ₄₀ | 72,4 | 47,3 | 57,8 | 50,2 | 56,9 | +8,2 |
| 3 | N ₄₀ K ₂₀ | 52,4 | 39,3 | 51,3 | 61,3 | 51,01 | +2,4 |
| 4 | P ₄₀ K ₂₀ | 61,1 | 41,6 | 63,6 | 52,7 | 54,8 | +6,1 |
| 5 | N ₄₀ P ₄₀ K ₂₀ | 68,0 | 46,9 | 64,2 | 42,4 | 55,4 | +6,7 |
| 6 | N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀ | 57,8 | 37,8 | 61,3 | 44,9 | 50,5 | +1,8 |
| 7 | N ₂₀ P ₂₀ K ₁₀ | 69,8 | 46,9 | 65,1 | 43,1 | 56,2 | +7,5 |
| 8 | N ₈₀ P ₄₀ K ₂₀ | 55,1 | 48,0 | 57,3 | 43,8 | 51,0 | +2,3 |
| 9 | N ₂₀ P ₄₀ K ₂₀ | 61,6 | 45,3 | 64,7 | 51,8 | 55,9 | +7,2 |
| 10 | N ₄₀ P ₈₀ K ₂₀ | 59,6 | 51,8 | 57,1 | 48,2 | 54,1 | +5,4 |
| 11 | N ₄₀ P ₂₀ K ₂₀ | 56,4 | 52,2 | 63,8 | 55,6 | 57,0 | +8,3 |
| 12 | N ₈₀ P ₁₂₀ K ₄₀ | 58,9 | 39,1 | 57,3 | 58,7 | 53,5 | +4,8 |
| 13 | N ₁₂₀ P ₈₀ K ₄₀ | 54,4 | 41,3 | 64,4 | 49,8 | 52,5 | +3,8 |
| 14 | N ₈₀ P ₂₆₀ K ₄₀ | 58,7 | 41,6 | 68,2 | 50,2 | 54,7 | +6,0 |
| Средняя по опыту | | 59,9 | 44,3 | 60,8 | 49,7 | 53,7 | - |

Таблица 7 – Содержание азота (N – NO₃) в разных слоях почвы перед посевом яровой твердой пшеницы на разных фонах минерального удобрения, мг на 100 г абсолютно сухой почвы

| № п/п | Доза удобрения, кг д. в. на 1 га | Содержание азота по годам | | | | Среднее за 4 года | ± к контролю | | |
|-----------------------------|--|---------------------------|---------|---------|---------|-------------------|--------------|------|------|
| | | 2006 г. | 2008 г. | 2009 г. | 2010 г. | | мг | % | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| Слой почвы 0 – 30 см | | | | | | | | | |
| 1 | Контроль | 1,8 | 2,4 | 3,3 | 4,1 | 2,9 | 0,00 | К | |
| 2 | N ₄₀ P ₄₀ | 3,2 | 3,0 | 4,8 | 5,7 | 4,2 | +1,3 | 44,8 | |
| 3 | N ₄₀ K ₂₀ | 3,0 | 2,9 | 4,9 | 5,7 | 4,1 | +1,2 | 41,4 | |
| 4 | P ₄₀ K ₂₀ | 1,9 | 2,3 | 3,4 | 4,2 | 3,0 | +0,1 | 3,4 | |
| 5 | N ₄₀ P ₄₀ K ₂₀ | 3,6 | 3,0 | 5,3 | 6,2 | 4,5 | +1,6 | 55,2 | |
| 6 | N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀ | 5,1 | 4,3 | 5,7 | 6,4 | 5,4 | +2,5 | 86,2 | |
| 7 | N ₂₀ P ₂₀ K ₁₀ | 3,0 | 2,8 | 5,1 | 5,3 | 4,1 | +1,2 | 41,4 | |
| 8 | N ₈₀ P ₄₀ K ₂₀ | 6,1 | 4,4 | 5,6 | 6,2 | 5,6 | +2,7 | 93,0 | |
| 9 | N ₄₀ P ₈₀ K ₂₀ | 3,5 | 3,0 | 5,2 | 5,4 | 4,3 | +1,4 | 48,3 | |
| 10 | N ₈₀ P ₂₆₀ K ₁₄₀ (в запас) | 5,3 | 4,4 | 5,7 | 6,1 | 5,4 | +2,5 | 86,2 | |
| Среднее по опыту | | 3,65 | 3,25 | 4,90 | 5,53 | 4,4 | - | - | |
| Среднее по удобренным фонам | | 4,10 | 3,48 | 5,29 | 5,88 | 4,7 | - | - | |
| ± к контролю | | мг | +2,30 | +1,08 | +1,99 | +1,78 | - | +1,8 | - |
| | | % | 127,8 | 45,0 | 60,3 | 43,3 | - | - | 62,1 |
| Слой почвы 30 – 60 см | | | | | | | | | |
| 1 | Контроль | 1,6 | 1,4 | 2,2 | 3,6 | 2,0 | 0,00 | К | |
| 2 | N ₄₀ P ₄₀ | 2,8 | 2,3 | 3,4 | 4,2 | 3,2 | +1,0 | 45,4 | |
| 3 | N ₄₀ K ₂₀ | 2,7 | 2,3 | 3,3 | 4,0 | 3,1 | +0,9 | 40,9 | |
| 4 | P ₄₀ K ₂₀ | 1,6 | 1,6 | 3,2 | 3,7 | 2,5 | +0,3 | 13,6 | |
| 5 | N ₄₀ P ₄₀ K ₂₀ | 3,0 | 2,3 | 4,5 | 4,4 | 3,6 | +1,4 | 63,6 | |
| 6 | N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀ | 4,8 | 3,2 | 4,6 | 4,4 | 4,2 | +2,0 | 90,9 | |
| 7 | N ₂₀ P ₂₀ K ₁₀ | 2,4 | 2,3 | 4,3 | 4,0 | 3,2 | +1,0 | 45,4 | |
| 8 | N ₈₀ P ₄₀ K ₂₀ | 4,0 | 3,4 | 4,2 | 4,8 | 4,1 | +1,9 | 86,4 | |
| 9 | N ₄₀ P ₈₀ K ₂₀ | 3,3 | 2,1 | 4,0 | 3,9 | 3,3 | +1,1 | 50,0 | |
| 10 | N ₈₀ P ₂₆₀ K ₁₄₀ (в запас) | 4,2 | 3,3 | 4,4 | 4,4 | 4,1 | +1,9 | 86,4 | |
| Среднее по опыту | | 3,04 | 2,42 | 3,81 | 4,14 | 3,35 | - | - | |
| Среднее по удобренным фонам | | 3,40 | 2,65 | 4,09 | 4,26 | 3,60 | - | - | |
| ± к контролю | | мг | +1,80 | +1,25 | +1,89 | +0,66 | - | +1,4 | - |
| | | % | 112,5 | 89,3 | 85,9 | 18,4 | - | - | 63,6 |
| Слой почвы 0 – 60 см | | | | | | | | | |

Продолжение приложения 7

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|--------------------------------|--|-------|-------|-------|-------|------|-------|------|
| 1 | Контроль | 1,7 | 1,9 | 2,8 | 3,8 | 2,6 | 0,00 | К |
| 2 | N ₄₀ P ₄₀ | 3,0 | 2,6 | 4,1 | 5,0 | 3,7 | +1,1 | 42,3 |
| 3 | N ₄₀ K ₂₀ | 2,8 | 2,6 | 4,1 | 4,8 | 3,6 | +1,0 | 38,5 |
| 4 | P ₄₀ K ₂₀ | 1,8 | 2,0 | 3,3 | 4,0 | 2,8 | +0,2 | 7,7 |
| 5 | N ₄₀ P ₄₀ K ₂₀ | 3,3 | 2,6 | 4,9 | 5,3 | 4,0 | +1,4 | 53,8 |
| 6 | N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀ | 5,0 | 3,8 | 5,2 | 5,4 | 4,8 | +2,2 | 84,6 |
| 7 | N ₂₀ P ₂₀ K ₁₀ | 2,7 | 2,6 | 4,7 | 4,6 | 3,6 | +1,0 | 38,5 |
| 8 | N ₈₀ P ₄₀ K ₂₀ | 5,1 | 3,9 | 4,9 | 5,5 | 4,8 | +2,2 | 84,6 |
| 9 | N ₄₀ P ₈₀ K ₂₀ | 3,4 | 2,6 | 4,6 | 4,6 | 3,8 | +1,2 | 46,2 |
| 10 | N ₈₀ P ₂₆₀ K ₁₄₀ (в запас) | 4,8 | 3,8 | 5,1 | 5,2 | 4,7 | +2,1 | 80,8 |
| Среднее по опыту | | 3,34 | 2,84 | 4,37 | 4,82 | 3,88 | - | - |
| Среднее по удобренным фонам | | 3,75 | 3,06 | 4,69 | 5,05 | 4,12 | - | - |
| ± к контролю | мг | +2,05 | +1,16 | +1,89 | +1,25 | - | +1,52 | - |
| | % | 120,6 | 61,0 | 67,5 | 32,9 | - | - | 58,5 |

Таблица 8 – Содержание азота (N – NO₃) в разных слоях почвы в фазу полной спелости яровой твердой пшеницы на разных фонах минерального удобрения, мг на 100 г абсолютно сухой почвы

| № п/п | Доза удобрения, кг д. в. на 1 га | Содержание азота, мг по годам | | | | Среднее за 4 года | ± к контролю | | |
|-----------------------------|--|-------------------------------|---------|---------|---------|-------------------|--------------|-------|------|
| | | 2006 г. | 2008 г. | 2009 г. | 2010 г. | | кг/га | % | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| Слой почвы 0 – 30 см | | | | | | | | | |
| 1 | Контроль | 0,9 | 1,5 | 2,2 | 2,6 | 1,8 | 0,00 | К | |
| 2 | N ₄₀ P ₄₀ | 1,0 | 2,2 | 3,0 | 3,2 | 2,4 | +0,6 | 33,3 | |
| 3 | N ₄₀ K ₂₀ | 1,0 | 2,1 | 3,1 | 3,2 | 2,4 | +0,6 | 33,3 | |
| 4 | P ₄₀ K ₂₀ | 0,9 | 1,5 | 2,3 | 2,6 | 1,8 | ±0,0 | 0,00 | |
| 5 | N ₄₀ P ₄₀ K ₂₀ | 1,2 | 2,3 | 3,2 | 3,3 | 2,5 | +0,7 | 38,9 | |
| 6 | N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀ | 1,1 | 2,8 | 3,3 | 3,4 | 2,6 | +0,8 | 44,4 | |
| 7 | N ₂₀ P ₂₀ K ₁₀ | 1,2 | 2,0 | 3,4 | 3,0 | 2,4 | +0,6 | 33,3 | |
| 8 | N ₈₀ P ₄₀ K ₂₀ | 1,0 | 2,8 | 3,6 | 3,8 | 2,8 | +1,0 | 55,5 | |
| 9 | N ₄₀ P ₈₀ K ₂₀ | 1,4 | 2,1 | 3,4 | 2,7 | 2,4 | +0,6 | 33,3 | |
| 10 | N ₈₀ P ₂₆₀ K ₁₄₀ (в запас) | 1,5 | 2,7 | 3,4 | 3,3 | 2,7 | +0,9 | 50,0 | |
| Среднее по опыту | | 1,12 | 2,20 | 3,09 | 3,11 | 2,38 | - | - | |
| Среднее по удобренным фонам | | 1,18 | 2,38 | 3,30 | 3,24 | 2,52 | - | - | |
| ± к контролю | | МГ | +0,28 | +0,88 | +1,10 | +0,64 | - | +0,72 | - |
| | | % | 31,1 | 58,7 | 50,0 | 24,6 | - | - | 40,3 |
| Слой почвы 30 – 60 см | | | | | | | | | |
| 1 | Контроль | 0,8 | 1,2 | 0,9 | 1,1 | 1,0 | 0,00 | К | |
| 2 | N ₄₀ P ₄₀ | 0,9 | 2,1 | 1,1 | 1,5 | 1,4 | +0,4 | 40,0 | |
| 3 | N ₄₀ K ₂₀ | 1,0 | 1,8 | 1,1 | 1,4 | 1,3 | +0,3 | 30,0 | |
| 4 | P ₄₀ K ₂₀ | 0,9 | 1,1 | 1,0 | 1,1 | 1,0 | ±0,0 | 0,00 | |
| 5 | N ₄₀ P ₄₀ K ₂₀ | 1,4 | 2,0 | 1,4 | 1,5 | 1,6 | +0,6 | 60,0 | |
| 6 | N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀ | 1,7 | 2,6 | 1,4 | 1,6 | 1,8 | +0,8 | 80,0 | |
| 7 | N ₂₀ P ₂₀ K ₁₀ | 1,8 | 1,7 | 1,3 | 1,3 | 1,5 | +0,5 | 50,0 | |
| 8 | N ₈₀ P ₄₀ K ₂₀ | 1,6 | 2,4 | 1,5 | 1,4 | 1,7 | +0,7 | 70,0 | |
| 9 | N ₄₀ P ₈₀ K ₂₀ | 1,5 | 1,8 | 1,3 | 1,1 | 1,4 | +0,4 | 40,0 | |
| 10 | N ₈₀ P ₂₆₀ K ₁₄₀ (в запас) | 1,4 | 2,4 | 1,4 | 1,6 | 1,7 | +0,7 | 70,0 | |
| Среднее по опыту | | 1,30 | 1,91 | 1,24 | 1,36 | 1,45 | - | - | |
| Среднее по удобренным фонам | | 1,41 | 2,10 | 1,31 | 1,42 | 1,56 | - | - | |
| ± к контролю | | МГ | +0,61 | +0,90 | +0,41 | +0,32 | - | +0,56 | - |
| | | % | 76,2 | 75,0 | 45,6 | 29,1 | - | - | 56,0 |
| Слой почвы 0 – 60 см | | | | | | | | | |

Продолжение приложения 8

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|--------------------------------|--|-------|-------|-------|-------|------|-------|------|
| 1 | Контроль | 0,85 | 1,35 | 1,60 | 1,8 | 1,40 | 0,00 | К |
| 2 | N ₄₀ P ₄₀ | 1,0 | 2,2 | 2,1 | 2,4 | 1,9 | +0,5 | 35,7 |
| 3 | N ₄₀ K ₂₀ | 1,0 | 2,0 | 2,1 | 2,3 | 1,8 | +0,4 | 28,6 |
| 4 | P ₄₀ K ₂₀ | 0,9 | 1,3 | 1,6 | 1,8 | 1,4 | ±0,0 | 0,00 |
| 5 | N ₄₀ P ₄₀ K ₂₀ | 1,3 | 2,2 | 2,3 | 2,4 | 2,1 | +0,7 | 50,0 |
| 6 | N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀ | 1,4 | 2,7 | 2,4 | 2,0 | 2,2 | +0,8 | 57,1 |
| 7 | N ₂₀ P ₂₀ K ₁₀ | 1,5 | 1,8 | 2,4 | 2,2 | 2,0 | +0,6 | 42,8 |
| 8 | N ₈₀ P ₄₀ K ₂₀ | 1,3 | 2,6 | 2,6 | 2,6 | 2,2 | +0,8 | 57,1 |
| 9 | N ₄₀ P ₈₀ K ₂₀ | 1,4 | 2,0 | 2,4 | 1,9 | 1,9 | +0,5 | 35,7 |
| 10 | N ₈₀ P ₂₆₀ K ₁₄₀ (в запас) | 1,45 | 2,6 | 2,4 | 2,4 | 2,2 | +0,8 | 57,1 |
| Среднее по опыту | | 1,21 | 2,07 | 1,19 | 2,18 | 1,91 | - | - |
| Среднее по удобренным фонам | | 1,29 | 2,26 | 2,34 | 2,28 | 2,04 | - | - |
| ± к контролю | мг | +0,44 | +0,91 | +0,74 | +0,48 | - | +0,64 | - |
| | % | 52,2 | 67,4 | 46,2 | 26,7 | - | - | 45,9 |

Таблица 9 – Содержание фосфора (P_2O_5) перед посевом яровой твердой пшеницы в различных слоях почвы на разных фонах минерального удобрения, мг на 100 г абсолютно сухой почвы

| № п/п | Доза удобрения, кг д. в. на 1 га | Содержание фосфора, мг по годам | | | | Среднее за 4 года | ± к контролю | | |
|------------------------------|--|---------------------------------|---------|---------|---------|-------------------|--------------|-------|-------|
| | | 2006 г. | 2008 г. | 2009 г. | 2010 г. | | мг | % | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| Слой почвы 0 – 30 см | | | | | | | | | |
| 1 | Контроль | 1,9 | 2,8 | 2,2 | 2,6 | 2,4 | 0,00 | К | |
| 2 | N ₄₀ P ₄₀ | 5,2 | 4,4 | 4,8 | 4,5 | 4,7 | +2,3 | 95,8 | |
| 3 | N ₄₀ K ₂₀ | 2,3 | 2,6 | 2,2 | 2,6 | 2,4 | ±0,0 | 0,0 | |
| 4 | P ₄₀ K ₂₀ | 5,2 | 5,1 | 4,9 | 4,8 | 5,0 | +2,6 | 108,3 | |
| 5 | N ₄₀ P ₄₀ K ₂₀ | 4,4 | 4,4 | 5,2 | 4,7 | 4,7 | +2,3 | 95,8 | |
| 6 | N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀ | 6,6 | 5,0 | 6,0 | 5,8 | 5,8 | +3,4 | 141,7 | |
| 7 | N ₂₀ P ₂₀ K ₁₀ | 5,2 | 4,2 | 4,8 | 5,5 | 4,9 | +2,5 | 104,2 | |
| 8 | N ₈₀ P ₄₀ K ₂₀ | 5,1 | 4,0 | 5,3 | 4,8 | 4,8 | +2,4 | 100,0 | |
| 9 | N ₄₀ P ₈₀ K ₂₀ | 6,6 | 5,3 | 5,8 | 5,6 | 5,8 | +3,4 | 141,7 | |
| 10 | N ₈₀ P ₂₆₀ K ₁₄₀ (в запас) | 8,0 | 5,4 | 6,8 | 5,6 | 6,4 | +4,0 | 166,7 | |
| Среднее по опыту | | 5,05 | 4,32 | 4,81 | 4,65 | 4,71 | - | - | |
| Среднее по удобренным фонам | | 5,79 | 4,72 | 5,45 | 5,16 | 5,28 | - | - | |
| ± к контролю | | мг | +3,89 | +1,92 | +3,25 | +2,56 | - | +2,88 | - |
| | | % | 204,7 | 68,8 | 147,7 | 98,6 | - | - | 120,0 |
| Слой почвы 30 – 60 см | | | | | | | | | |
| 1 | Контроль | 1,0 | 1,5 | 1,6 | 1,8 | 1,5 | 0,00 | К | |
| 2 | N ₄₀ P ₄₀ | 1,6 | 2,0 | 2,8 | 2,7 | 2,3 | +0,8 | 53,3 | |
| 3 | N ₄₀ K ₂₀ | 1,3 | 1,8 | 1,6 | 1,7 | 1,6 | +0,1 | 6,7 | |
| 4 | P ₄₀ K ₂₀ | 2,1 | 2,0 | 2,9 | 2,8 | 2,4 | +0,9 | 60,0 | |
| 5 | N ₄₀ P ₄₀ K ₂₀ | 1,8 | 2,1 | 2,8 | 2,8 | 2,4 | +0,9 | 60,0 | |
| 6 | N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀ | 3,4 | 3,1 | 4,1 | 4,2 | 3,7 | +2,2 | 146,7 | |
| 7 | N ₂₀ P ₂₀ K ₁₀ | 1,6 | 1,8 | 3,3 | 2,6 | 2,3 | +0,8 | 53,3 | |
| 8 | N ₈₀ P ₄₀ K ₂₀ | 2,8 | 1,9 | 2,0 | 2,6 | 2,3 | +0,8 | 53,3 | |
| 9 | N ₄₀ P ₈₀ K ₂₀ | 4,2 | 3,0 | 4,2 | 4,2 | 3,9 | +2,4 | 160,0 | |
| 10 | N ₈₀ P ₂₆₀ K ₁₄₀ (в запас) | 4,2 | 4,0 | 3,8 | 4,5 | 4,1 | +2,6 | 1,73 | |
| Среднее по опыту | | 2,40 | 2,32 | 2,91 | 2,99 | 2,66 | - | - | |
| Среднее по удобренным фонам | | 2,56 | 2,41 | 3,06 | 3,12 | 2,79 | - | - | |

Продолжение приложения 9

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|--------------------------------|--|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|
| ± к контролю | мг | +1,56 | +0,91 | +1,46 | +1,32 | - | +1,31 | - |
| | % | 156,0 | 60,7 | 91,2 | 73,4 | - | - | 87,5 |
| Слой почвы 0 – 60 см | | | | | | | | |
| 1 | Контроль | 1,4 | 2,2 | 1,9 | 2,2 | 1,9 | 0,00 | К |
| 2 | N ₄₀ P ₄₀ | 3,4 | 3,2 | 3,8 | 3,6 | 3,5 | +1,6 | 84,2 |
| 3 | N ₄₀ K ₂₀ | 1,8 | 2,2 | 2,0 | 2,2 | 2,0 | +0,1 | 5,3 |
| 4 | P ₄₀ K ₂₀ | 3,6 | 3,6 | 3,9 | 3,8 | 3,7 | +1,8 | 94,7 |
| 5 | N ₄₀ P ₄₀ K ₂₀ | 3,1 | 3,2 | 4,0 | 3,8 | 3,6 | +1,7 | 89,4 |
| 6 | N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀ | 5,0 | 4,1 | 5,1 | 5,0 | 4,8 | +2,9 | 153,6 |
| 7 | N ₂₀ P ₂₀ K ₁₀ | 3,4 | 3,0 | 4,1 | 4,1 | 3,6 | +1,7 | 89,4 |
| 8 | N ₈₀ P ₄₀ K ₂₀ | 4,0 | 3,0 | 3,6 | 3,7 | 3,6 | +1,7 | 89,4 |
| 9 | N ₄₀ P ₈₀ K ₂₀ | 5,4 | 4,2 | 5,0 | 4,9 | 4,8 | +2,9 | 153,6 |
| 10 | N ₈₀ P ₂₆₀ K ₁₄₀ (в запас) | 6,1 | 4,7 | 5,3 | 5,1 | 5,2 | +3,3 | 173,7 |
| Среднее по опыту | | 3,72 | 3,34 | 3,87 | 4,70 | 3,91 | - | - |
| Среднее по удобренным фонам | | 3,98 | 3,47 | 4,09 | 4,98 | 4,13 | - | - |
| ± к контролю | мг | +2,58 | +1,27 | +2,19 | +2,78 | - | +2,04 | - |
| | % | 184,3 | 57,7 | 115,3 | 126,4 | - | - | 107,4 |

Таблица 10 – Содержание фосфора (P₂O₅) в фазе полной спелости яровой твердой пшеницы в различных слоях почвы на разных фонах минерального удобрения, мг на 100 г абсолютно сухой почвы

| № п/п | Доза удобрения, кг д. в. на 1 га | Содержание фосфора, мг по годам | | | | Среднее за 4 года | ± к контролю | | |
|-----------------------------|--|---------------------------------|---------|---------|---------|-------------------|--------------|-------|------|
| | | 2006 г. | 2008 г. | 2009 г. | 2010 г. | | мг | % | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| Слой почвы 0 – 30 см | | | | | | | | | |
| 1 | Контроль | 1,4 | 2,1 | 1,8 | 1,9 | 1,8 | 0,00 | К | |
| 2 | N ₄₀ P ₄₀ | 3,5 | 3,2 | 3,8 | 3,3 | 3,4 | +1,6 | 88,9 | |
| 3 | N ₄₀ K ₂₀ | 1,8 | 1,9 | 1,9 | 2,0 | 1,9 | +0,1 | 5,6 | |
| 4 | P ₄₀ K ₂₀ | 3,3 | 3,5 | 3,7 | 3,3 | 3,4 | +1,6 | 88,9 | |
| 5 | N ₄₀ P ₄₀ K ₂₀ | 3,4 | 3,2 | 3,6 | 3,4 | 3,4 | +1,6 | 88,9 | |
| 6 | N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀ | 4,4 | 3,5 | 4,0 | 3,9 | 4,0 | +2,2 | 122,2 | |
| 7 | N ₂₀ P ₂₀ K ₁₀ | 3,6 | 2,8 | 3,7 | 3,6 | 3,4 | +1,6 | 88,9 | |
| 8 | N ₈₀ P ₄₀ K ₂₀ | 3,2 | 2,9 | 3,7 | 3,4 | 3,3 | +1,5 | 83,3 | |
| 9 | N ₄₀ P ₈₀ K ₂₀ | 4,6 | 3,8 | 4,2 | 3,7 | 4,1 | +2,3 | 127,8 | |
| 10 | N ₈₀ P ₂₆₀ K ₁₄₀ (в запас) | 4,9 | 3,9 | 5,0 | 3,8 | 4,4 | +2,6 | 144,4 | |
| Среднее по опыту | | 3,01 | 3,08 | 3,54 | 3,23 | 3,22 | - | - | |
| Среднее по удобренным фонам | | 3,19 | 3,19 | 3,73 | 3,38 | 3,37 | - | - | |
| ± к контролю | | мг | +1,79 | +1,09 | +1,93 | +1,48 | - | 1,57 | - |
| | | % | 127,8 | 51,9 | 107,4 | 77,9 | - | - | 87,5 |
| Слой почвы 30 – 60 см | | | | | | | | | |
| 1 | Контроль | 0,7 | 1,2 | 1,2 | 1,1 | 1,1 | 0,00 | К | |
| 2 | N ₄₀ P ₄₀ | 1,2 | 1,9 | 2,6 | 1,8 | 1,9 | +0,8 | 72,7 | |
| 3 | N ₄₀ K ₂₀ | 1,1 | 1,2 | 1,2 | 1,1 | 1,2 | +0,1 | 9,1 | |
| 4 | P ₄₀ K ₂₀ | 1,5 | 1,8 | 2,8 | 1,9 | 2,0 | +0,9 | 31,8 | |
| 5 | N ₄₀ P ₄₀ K ₂₀ | 1,2 | 1,9 | 2,6 | 1,8 | 1,9 | +0,8 | 72,7 | |
| 6 | N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀ | 2,1 | 2,5 | 3,2 | 3,0 | 2,7 | +1,6 | 145,4 | |
| 7 | N ₂₀ P ₂₀ K ₁₀ | 1,1 | 1,7 | 2,5 | 1,7 | 1,8 | +0,7 | 63,6 | |
| 8 | N ₈₀ P ₄₀ K ₂₀ | 1,9 | 1,8 | 1,8 | 1,8 | 1,8 | +0,7 | 63,6 | |
| 9 | N ₄₀ P ₈₀ K ₂₀ | 2,0 | 2,4 | 3,2 | 3,1 | 2,7 | +1,6 | 145,4 | |
| 10 | N ₈₀ P ₂₆₀ K ₁₄₀ (в запас) | 2,1 | 2,7 | 2,5 | 3,2 | 2,6 | +1,5 | 136,4 | |
| Среднее по опыту | | 1,49 | 1,91 | 2,36 | 2,05 | 1,95 | - | - | |
| Среднее по удобренным фонам | | 1,58 | 1,99 | 2,49 | 2,16 | 2,06 | - | - | |

Продолжение приложения 10

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|--------------------------------|--|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|
| ± к контролю | мг | +0,88 | +0,79 | +1,29 | +1,06 | - | +1,0 | - |
| | % | 125,7 | 65,8 | 107,5 | 964 | - | - | 91,4 |
| Слой почвы 0 - 60 см | | | | | | | | |
| 1 | Контроль | 1,1 | 1,6 | 1,5 | 1,5 | 1,4 | 0,00 | К |
| 2 | N ₄₀ P ₄₀ | 2,4 | 2,6 | 3,2 | 2,6 | 2,7 | +1,3 | 92,8 |
| 3 | N ₄₀ K ₂₀ | 1,4 | 1,6 | 1,6 | 1,6 | 1,5 | +0,1 | 7,1 |
| 4 | P ₄₀ K ₂₀ | 2,4 | 2,6 | 3,2 | 2,6 | 2,7 | +1,3 | 92,8 |
| 5 | N ₄₀ P ₄₀ K ₂₀ | 2,3 | 2,6 | 3,1 | 2,6 | 2,6 | +1,2 | 85,7 |
| 6 | N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀ | 3,2 | 3,0 | 3,6 | 3,4 | 3,3 | +1,9 | 136,0 |
| 7 | N ₂₀ P ₂₀ K ₁₀ | 2,4 | 2,2 | 3,1 | 2,6 | 2,6 | +1,2 | 85,7 |
| 8 | N ₈₀ P ₄₀ K ₂₀ | 2,6 | 2,4 | 2,8 | 2,6 | 2,6 | +1,2 | 85,7 |
| 9 | N ₄₀ P ₈₀ K ₂₀ | 3,3 | 3,1 | 3,7 | 3,4 | 3,4 | +2,0 | 143,0 |
| 10 | N ₈₀ P ₂₆₀ K ₁₄₀ (в запас) | 3,5 | 3,3 | 3,8 | 3,5 | 3,5 | +2,1 | 150,0 |
| Среднее по опыту | | 2,46 | 2,50 | 2,96 | 2,64 | 2,64 | - | - |
| Среднее по удобренным фонам | | 2,61 | 2,60 | 3,12 | 2,77 | 2,78 | - | - |
| ± к контролю | мг | +1,51 | +1,00 | +1,62 | +1,27 | - | 1,35 | - |
| | % | 137,3 | 62,5 | 108,1 | 84,7 | - | - | 96,4 |

Таблица 11 – Содержание калия (K₂O) перед посевом яровой твердой пшеницы на разных фонах минерального удобрения, мг на 100 г абсолютно сухой почвы

| № п/п | Доза удобрения, кг д. в. на 1 га | Содержание калия, мг по годам | | | | Среднее за 4 года | ± к контролю | |
|-----------------------------|--|-------------------------------|---------|---------|---------|-------------------|--------------|------|
| | | 2006 г. | 2008 г. | 2009 г. | 2010 г. | | мг | % |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Слой почвы 0 – 30 см | | | | | | | | |
| 1 | Контроль | 28,4 | 25,1 | 28,8 | 27,4 | 27,4 | 0,0 | К |
| 2 | N ₄₀ P ₄₀ | 30,2 | 28,4 | 31,6 | 28,8 | 29,8 | +2,4 | 8,8 |
| 3 | N ₄₀ K ₂₀ | 27,0 | 26,5 | 33,4 | 23,8 | 27,7 | +0,3 | 1,1 |
| 4 | P ₄₀ K ₂₀ | 28,4 | 27,4 | 31,6 | 26,5 | 28,5 | +1,1 | 4,0 |
| 5 | N ₄₀ P ₄₀ K ₂₀ | 29,7 | 28,6 | 33,4 | 27,0 | 29,7 | +2,3 | 8,4 |
| 6 | N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀ | 29,3 | 29,2 | 30,6 | 28,9 | 29,5 | +2,1 | 7,7 |
| 7 | N ₂₀ P ₂₀ K ₁₀ | 31,1 | 32,0 | 29,7 | 33,8 | 31,6 | +4,2 | 15,3 |
| 8 | N ₈₀ P ₄₀ K ₂₀ | 28,4 | 27,8 | 30,6 | 29,7 | 29,1 | +1,7 | 6,2 |
| 9 | N ₄₀ P ₈₀ K ₂₀ | 29,2 | 28,8 | 31,6 | 27,0 | 29,2 | +1,8 | 6,6 |
| 10 | N ₈₀ P ₂₆₀ K ₁₄₀ (в запас) | 33,4 | 27,8 | 30,6 | 30,0 | 30,4 | +3,0 | 10,9 |
| Среднее по опыту | | 29,5 | 28,2 | 31,2 | 28,3 | 29,3 | - | - |
| Среднее по удобренным фонам | | 29,6 | 28,5 | 31,4 | 28,4 | 29,5 | - | - |
| ± к контролю | | мг | +1,2 | +3,4 | +2,6 | +1,0 | - | +2,1 |
| | | % | 4 | 13,5 | 9,0 | 3,6 | - | - |
| Слой почвы 30 – 60 см | | | | | | | | |
| 1 | Контроль | 18,0 | 16,0 | 20,0 | 19,6 | 18,4 | 0,0 | К |
| 2 | N ₄₀ P ₄₀ | 18,8 | 19,6 | 21,5 | 20,5 | 20,1 | +1,7 | 9,2 |
| 3 | N ₄₀ K ₂₀ | 19,6 | 18,0 | 18,0 | 20,1 | 18,9 | +0,5 | 2,7 |
| 4 | P ₄₀ K ₂₀ | 18,8 | 16,3 | 19,6 | 20,8 | 18,9 | +0,5 | 2,7 |
| 5 | N ₄₀ P ₄₀ K ₂₀ | 18,8 | 19,0 | 20,5 | 22,4 | 20,2 | +1,8 | 9,8 |
| 6 | N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀ | 20,5 | 19,1 | 18,3 | 24,2 | 20,5 | +2,1 | 11,4 |
| 7 | N ₂₀ P ₂₀ K ₁₀ | 18,8 | 19,8 | 20,5 | 20,0 | 19,8 | +1,4 | 7,6 |
| 8 | N ₈₀ P ₄₀ K ₂₀ | 19,6 | 16,5 | 18,0 | 19,8 | 18,5 | +0,1 | 0,5 |
| 9 | N ₄₀ P ₈₀ K ₂₀ | 20,5 | 19,5 | 18,3 | 20,2 | 19,6 | +1,2 | 6,5 |
| 10 | N ₈₀ P ₂₆₀ K ₁₄₀ (в запас) | 19,8 | 16,4 | 18,8 | 20,8 | 19,0 | +0,6 | 3,3 |
| Среднее по опыту | | 19,3 | 18,0 | 19,4 | 20,8 | 19,4 | - | - |
| Среднее по удобренным фонам | | 19,5 | 18,2 | 19,3 | 21,0 | 19,5 | - | - |

Продолжение приложения 11

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|--------------------------------|--|------|------|------|------|------|------|------|
| ± к контролю | мг | +1,5 | +2,2 | -0,7 | +1,4 | - | +1,1 | - |
| | % | 8,3 | 13,8 | 3,5 | 7,1 | - | - | 6,0 |
| Слой почвы 0 - 60 см | | | | | | | | |
| 1 | Контроль | 23,2 | 20,6 | 24,4 | 23,5 | 22,9 | 0,0 | К |
| 2 | N ₄₀ P ₄₀ | 24,5 | 24,0 | 26,6 | 24,6 | 25,0 | +2,1 | 9,2 |
| 3 | N ₄₀ K ₂₀ | 23,3 | 22,2 | 25,7 | 22,0 | 23,3 | +0,4 | 1,7 |
| 4 | P ₄₀ K ₂₀ | 23,6 | 21,8 | 25,6 | 23,6 | 23,7 | +0,8 | 3,5 |
| 5 | N ₄₀ P ₄₀ K ₂₀ | 24,2 | 23,8 | 27,0 | 24,7 | 25,0 | +2,1 | 9,2 |
| 6 | N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀ | 24,9 | 24,2 | 24,4 | 26,6 | 25,0 | +2,1 | 9,2 |
| 7 | N ₂₀ P ₂₀ K ₁₀ | 25,0 | 25,9 | 25,1 | 26,9 | 25,7 | +2,8 | 12,2 |
| 8 | N ₈₀ P ₄₀ K ₂₀ | 24,0 | 22,2 | 24,3 | 24,8 | 23,8 | +0,9 | 3,9 |
| 9 | N ₄₀ P ₈₀ K ₂₀ | 24,8 | 24,2 | 25,0 | 23,6 | 24,4 | +1,5 | 6,6 |
| 10 | N ₈₀ P ₂₆₀ K ₁₄₀ (в запас) | 26,6 | 22,1 | 24,7 | 25,4 | 24,7 | +1,8 | 7,9 |
| Среднее по опыту | | 24,4 | 23,1 | 25,3 | 22,6 | 23,8 | - | - |
| Среднее по удобренным фонам | | 24,6 | 23,4 | 25,4 | 22,5 | 24,0 | - | - |
| ± к контролю | мг | +1,4 | +2,8 | +1,0 | -1,0 | - | +1,0 | - |
| | % | 6,0 | 13,6 | 4,1 | 4,2 | - | - | 4,4 |

Таблица 12 – Содержание калия (K₂O) в фазу полной спелости яровой твердой пшеницы на разных фонах минерального удобрения, мг на 100 г абсолютно сухой почвы

| № п/п | Доза удобрения, кг д. в. на 1 га | Содержание калия, мг по годам | | | | Среднее за 4 года | ± к контролю | | |
|-----------------------------|--|-------------------------------|---------|---------|---------|-------------------|--------------|------|-----|
| | | 2006 г. | 2008 г. | 2009 г. | 2010 г. | | мг | % | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| Слой почвы 0 – 30 см | | | | | | | | | |
| 1 | Контроль | 26,5 | 23,8 | 24,6 | 23,3 | 24,6 | 0,0 | К | |
| 2 | N ₄₀ P ₄₀ | 27,9 | 24,2 | 26,5 | 25,6 | 26,1 | +1,5 | 6,1 | |
| 3 | N ₄₀ K ₂₀ | 25,8 | 22,5 | 26,8 | 22,8 | 24,5 | -0,1 | 0,4 | |
| 4 | P ₄₀ K ₂₀ | 27,0 | 23,1 | 25,5 | 24,5 | 25,0 | +0,4 | 1,6 | |
| 5 | N ₄₀ P ₄₀ K ₂₀ | 27,6 | 24,4 | 25,1 | 24,8 | 25,5 | +0,9 | 3,6 | |
| 6 | N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀ | 27,2 | 24,8 | 26,4 | 25,6 | 26,0 | +1,4 | 5,7 | |
| 7 | N ₂₀ P ₂₀ K ₁₀ | 28,2 | 25,6 | 25,5 | 26,0 | 26,3 | +1,7 | 6,9 | |
| 8 | N ₈₀ P ₄₀ K ₂₀ | 26,6 | 22,3 | 25,8 | 27,7 | 25,6 | +1,0 | 4,1 | |
| 9 | N ₄₀ P ₈₀ K ₂₀ | 27,5 | 24,0 | 26,1 | 23,8 | 25,4 | +0,8 | 3,2 | |
| 10 | N ₈₀ P ₂₆₀ K ₁₄₀ (в запас) | 28,5 | 23,1 | 25,6 | 27,1 | 26,1 | +1,5 | 6,1 | |
| Среднее по опыту | | 27,3 | 23,8 | 25,8 | 25,1 | 25,5 | - | - | |
| Среднее по удобренным фонам | | 27,4 | 23,8 | 25,9 | 25,3 | 25,6 | - | - | |
| ± к контролю | | мг | +0,9 | ±0 | +1,3 | +2,0 | - | +1,0 | - |
| | | % | 3,4 | 0,0 | 5,3 | 8,6 | - | - | 4,1 |
| Слой почвы 30 – 60 см | | | | | | | | | |
| 1 | Контроль | 15,5 | 16,3 | 15,8 | 17,1 | 16,2 | 0,0 | К | |
| 2 | N ₄₀ P ₄₀ | 16,3 | 18,8 | 19,0 | 18,0 | 18,0 | +1,8 | 11,1 | |
| 3 | N ₄₀ K ₂₀ | 17,2 | 16,8 | 17,1 | 17,8 | 17,2 | +1,0 | 6,2 | |
| 4 | P ₄₀ K ₂₀ | 17,2 | 15,9 | 16,6 | 18,3 | 17,0 | +0,8 | 4,9 | |
| 5 | N ₄₀ P ₄₀ K ₂₀ | 16,0 | 18,4 | 17,5 | 20,5 | 18,1 | +1,9 | 11,7 | |
| 6 | N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀ | 17,8 | 18,6 | 17,4 | 22,4 | 19,1 | +2,9 | 17,9 | |
| 7 | N ₂₀ P ₂₀ K ₁₀ | 16,5 | 19,0 | 17,9 | 18,1 | 17,9 | +1,7 | 10,5 | |
| 8 | N ₈₀ P ₄₀ K ₂₀ | 17,5 | 16,2 | 16,2 | 18,0 | 17,0 | +0,8 | 4,9 | |
| 9 | N ₄₀ P ₈₀ K ₂₀ | 17,8 | 18,2 | 17,3 | 18,8 | 18,0 | +1,8 | 11,1 | |
| 10 | N ₈₀ P ₂₆₀ K ₁₄₀ (в запас) | 17,1 | 15,4 | 16,0 | 18,8 | 16,9 | +0,7 | 4,3 | |
| Среднее по опыту | | 16,8 | 17,4 | 17,1 | 18,8 | 17,5 | - | - | |
| Среднее по удобренным фонам | | 17,0 | 17,5 | 17,2 | 19,0 | 17,7 | - | - | |

Продолжение приложения 12

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|--------------------------------|--|------|------|------|------|------|------|------|
| ± к контролю | мг | +1,5 | +1,2 | +1,4 | +1,9 | - | +1,5 | - |
| | % | 9,7 | 7,4 | 8,9 | 11,1 | - | - | 9,2 |
| Слой почвы 0 - 60 см | | | | | | | | |
| 1 | Контроль | 21,0 | 20,1 | 20,2 | 20,2 | 20,4 | 0,0 | К |
| 2 | N ₄₀ P ₄₀ | 22,1 | 21,5 | 22,8 | 21,8 | 22,1 | +1,7 | 8,3 |
| 3 | N ₄₀ K ₂₀ | 21,5 | 19,6 | 22,0 | 20,3 | 20,8 | +0,4 | 2,0 |
| 4 | P ₄₀ K ₂₀ | 22,1 | 19,5 | 21,1 | 21,4 | 21,0 | +0,6 | 2,9 |
| 5 | N ₄₀ P ₄₀ K ₂₀ | 21,8 | 21,4 | 21,3 | 22,6 | 21,8 | +1,4 | 6,9 |
| 6 | N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀ | 22,5 | 21,7 | 21,9 | 24,0 | 22,6 | +2,2 | 10,8 |
| 7 | N ₂₀ P ₂₀ K ₁₀ | 22,4 | 22,3 | 21,7 | 22,1 | 22,1 | +1,7 | 8,3 |
| 8 | N ₈₀ P ₄₀ K ₂₀ | 22,1 | 19,2 | 21,0 | 23,0 | 21,3 | +0,9 | 4,4 |
| 9 | N ₄₀ P ₈₀ K ₂₀ | 22,6 | 21,1 | 21,7 | 21,3 | 21,7 | +1,3 | 6,4 |
| 10 | N ₈₀ P ₂₆₀ K ₁₄₀ (в запас) | 22,8 | 19,4 | 20,8 | 23,0 | 21,5 | +1,1 | 5,4 |
| Среднее по опыту | | 22,1 | 20,6 | 21,4 | 22,0 | 21,5 | - | - |
| Среднее по удобренным фонам | | 22,2 | 20,6 | 21,6 | 22,2 | 21,6 | - | - |
| ± к контролю | мг | +1,2 | +0,5 | +1,4 | +2,0 | - | +1,3 | - |
| | % | 5,7 | 2,5 | 6,9 | 9,9 | - | - | 6,2 |

Таблица 13 – Запасы азота (N – NO₃) перед посевом яровой твердой пшеницы в почве на разных фонах минерального удобрения (кг на 1 га)

| № п/п | Доза удобрения, кг д. в. на 1 га | Запасы азота, кг/га по годам | | | | Средние за 4 года | ± к контролю | | |
|--------------------------------|--|---------------------------------|---------|---------|---------|-------------------------|--------------|-------|------|
| | | 2006 г. | 2008 г. | 2009 г. | 2010 г. | | кг/га | % | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| Слой почвы 0 – 30 см | | | | | | | | | |
| 1 | Контроль | 60,5 | 80,6 | 110,9 | 137,8 | 97,4 | 0,00 | К | |
| 2 | N ₄₀ P ₄₀ | 107,5 | 100,8 | 161,3 | 191,5 | 140,3 | +42,9 | 44,0 | |
| 3 | N ₄₀ K ₂₀ | 100,8 | 97,4 | 164,6 | 191,5 | 138,6 | +41,2 | 42,3 | |
| 4 | P ₄₀ K ₂₀ | 63,8 | 77,3 | 147,8 | 181,4 | 117,6 | +20,2 | 20,7 | |
| 5 | N ₄₀ P ₄₀ K ₂₀ | 121,0 | 101,0 | 178,0 | 208,0 | 152,0 | +54,6 | 56,1 | |
| 6 | N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀ | 171,0 | 144,0 | 191,0 | 215,0 | 180,2 | +82,8 | 85,0 | |
| 7 | N ₂₀ P ₂₀ K ₁₀ | 100,8 | 94,1 | 171,4 | 178,1 | 136,1 | +38,7 | 39,7 | |
| 8 | N ₈₀ P ₄₀ K ₂₀ | 205,0 | 147,8 | 188,2 | 208,3 | 187,3 | +89,9 | 92,3 | |
| 9 | N ₄₀ P ₈₀ K ₂₀ | 117,6 | 100,8 | 174,7 | 181,4 | 143,5 | +46,1 | 47,3 | |
| 10 | N ₈₀ P ₂₆₀ K ₁₄₀ (в запас) | 178,1 | 147,8 | 191,5 | 205,0 | 180,6 | +83,2 | 85,4 | |
| Средние по опыту | | 122,6 | 109,1 | 167,9 | 189,8 | 147,3 | - | - | |
| Средние по удобренным фонам | | 129,5 | 112,3 | 174,2 | 195,6 | 152,9 | - | - | |
| ± к контролю | | кг | +69 | +31,7 | +63,3 | +57,8 | - | +55,4 | - |
| | | % | 114,5 | 39,3 | 57,1 | 41,9 | - | - | 56,9 |
| Слой почвы 30 – 60 см | | | | | | | | | |
| 1 | Контроль | 58,0 | 50,8 | 79,9 | 130,7 | 79,8 | 0,00 | К | |
| 2 | N ₄₀ P ₄₀ | 101,6 | 83,5 | 123,4 | 152,5 | 115,2 | +35,4 | 44,4 | |
| 3 | N ₄₀ K ₂₀ | 98,0 | 83,5 | 119,8 | 145,2 | 111,6 | +31,8 | 39,8 | |
| 4 | P ₄₀ K ₂₀ | 58,1 | 58,1 | 116,2 | 134,3 | 91,7 | +11,9 | 14,9 | |
| 5 | N ₄₀ P ₄₀ K ₂₀ | 108,9 | 83,5 | 163,4 | 159,7 | 128,9 | +49,1 | 61,5 | |
| 6 | N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀ | 174,2 | 116,2 | 167,0 | 159,7 | 154,3 | +74,5 | 93,3 | |
| 7 | N ₂₀ P ₂₀ K ₁₀ | 87,1 | 83,5 | 156,1 | 145,2 | 118,0 | +38,2 | 47,9 | |
| 8 | N ₈₀ P ₄₀ K ₂₀ | 145,2 | 123,4 | 152,5 | 174,2 | 148,8 | +69,0 | 86,5 | |
| 9 | N ₄₀ P ₈₀ K ₂₀ | 117,6 | 100,8 | 174,7 | 181,4 | 143,5 | +68,7 | 86,1 | |
| 10 | N ₈₀ P ₂₆₀ K ₁₄₀ (в запас) | 152,5 | 119,9 | 159,7 | 159,7 | 148,0 | +68,2 | 85,4 | |
| Средние по опыту | | 110,1 | 90,3 | 141,3 | 154,3 | 124,0 | - | - | |
| Средние по удобренным фонам | | 115,9 | 94,7 | 148,1 | 156,9 | 128,9 | - | - | |
| ± к контролю | | кг | +57,9 | +43,9 | +68,2 | +26,2 | - | +50,9 | - |
| | | % | 99,8 | 86,4 | 85,4 | 20,1 | - | - | 63,8 |

Продолжение приложения 13

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|--------------------------------|--|--------|-------|--------|-------|-------|--------|------|
| Слой почвы 0 - 60 см | | | | | | | | |
| 1 | Контроль | 118,5 | 131,4 | 190,8 | 268,5 | 177,2 | 0,00 | К |
| 2 | N ₄₀ P ₄₀ | 209,1 | 184,3 | 284,7 | 344,0 | 255,5 | +78,3 | 44,2 |
| 3 | N ₄₀ K ₂₀ | 198,8 | 180,9 | 284,4 | 336,0 | 250,2 | +73,0 | 41,2 |
| 4 | P ₄₀ K ₂₀ | 121,9 | 135,4 | 230,4 | 275,4 | 190,8 | +13,6 | 17,7 |
| 5 | N ₄₀ P ₄₀ K ₂₀ | 229,9 | 184,5 | 341,4 | 367,7 | 280,9 | +103,8 | 58,5 |
| 6 | N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀ | 345,2 | 260,2 | 358,0 | 374,7 | 334,5 | +157,3 | 88,7 |
| 7 | N ₂₀ P ₂₀ K ₁₀ | 187,9 | 177,6 | 327,5 | 323,3 | 254,1 | +76,9 | 43,4 |
| 8 | N ₈₀ P ₄₀ K ₂₀ | 350,2 | 271,2 | 340,7 | 382,5 | 336,1 | +158,9 | 89,7 |
| 9 | N ₄₀ P ₈₀ K ₂₀ | 237,4 | 177,0 | 319,9 | 323,0 | 264,2 | +87,0 | 49,1 |
| 10 | N ₈₀ P ₂₆₀ K ₁₄₀ (в запас) | 330,6 | 267,7 | 351,2 | 364,7 | 328,6 | +151,4 | 85,4 |
| Средние по опыту | | 232,9 | 197,1 | 302,9 | 336,0 | 267,2 | - | - |
| Средние по удобренным фонам | | 245,6 | 204,4 | 319,0 | 348,0 | 279,2 | - | - |
| ± к контролю | кг | +127,1 | +73,0 | +128,2 | +79,6 | - | +102,0 | - |
| | % | 107,3 | 55,6 | 67,2 | 29,6 | - | - | 57,6 |

Таблица 14 – Запасы азота (N – NO₃) в фазе полной спелости яровой твердой пшеницы в почве на разных фонах минерального удобрения (кг на 1 га)

| № п/п | Доза удобрения, кг д. в. на 1 га | Запасы азота, кг/га по годам | | | | Средние за 4 года | ± к контролю | |
|-----------------------------|--|------------------------------|---------|---------|---------|-------------------|--------------|-------|
| | | 2006 г. | 2008 г. | 2009 г. | 2010 г. | | кг/га | % |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Слой почвы 0 – 30 см | | | | | | | | |
| 1 | Контроль | 30,2 | 50,4 | 73,9 | 87,4 | 60,5 | 0,00 | К |
| 2 | N ₄₀ P ₄₀ | 33,6 | 73,9 | 100,8 | 107,5 | 79,0 | +18,5 | 30,6 |
| 3 | N ₄₀ K ₂₀ | 33,6 | 70,6 | 104,2 | 107,5 | 79,0 | +18,5 | 30,6 |
| 4 | P ₄₀ K ₂₀ | 30,2 | 50,4 | 77,3 | 87,4 | 61,3 | +0,8 | 1,3 |
| 5 | N ₄₀ P ₄₀ K ₂₀ | 40,3 | 77,3 | 107,5 | 107,5 | 83,2 | +22,7 | 37,5 |
| 6 | N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀ | 37,0 | 94,1 | 110,9 | 114,2 | 89,1 | +28,6 | 47,3 |
| 7 | N ₂₀ P ₂₀ K ₁₀ | 40,3 | 67,2 | 114,2 | 100,8 | 80,6 | +20,1 | 33,2 |
| 8 | N ₈₀ P ₄₀ K ₂₀ | 33,6 | 94,1 | 121,0 | 127,7 | 94,1 | +33,6 | 55,5 |
| 9 | N ₄₀ P ₈₀ K ₂₀ | 47,0 | 70,6 | 114,2 | 90,7 | 80,6 | +20,1 | 33,2 |
| 10 | N ₈₀ P ₂₆₀ K ₁₄₀ (в запас) | 50,4 | 90,4 | 114,2 | 110,9 | 91,6 | +31,1 | 51,4 |
| Средние по опыту | | 37,6 | 73,9 | 103,8 | 104,1 | 79,9 | - | - |
| Средние по удобренным фонам | | 38,4 | 76,5 | 107,1 | 106,0 | 82,0 | - | - |
| ± к контролю | | кг | +8,2 | +16,1 | +33,2 | +18,6 | - | 19,0 |
| | | % | 27,0 | 31,9 | 45,0 | 21,3 | - | - |
| Слой почвы 30 – 60 см | | | | | | | | |
| 1 | Контроль | 29,0 | 43,6 | 32,7 | 39,9 | 36,3 | 0,00 | К |
| 2 | N ₄₀ P ₄₀ | 32,7 | 76,2 | 39,9 | 54,4 | 50,8 | +14,5 | 39,9 |
| 3 | N ₄₀ K ₂₀ | 36,3 | 65,3 | 39,9 | 50,8 | 48,1 | +11,8 | 32,5 |
| 4 | P ₄₀ K ₂₀ | 32,7 | 39,9 | 36,3 | 39,9 | 37,2 | +0,9 | 2,5 |
| 5 | N ₄₀ P ₄₀ K ₂₀ | 50,8 | 72,6 | 50,8 | 54,4 | 57,2 | +20,9 | 57,6 |
| 6 | N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀ | 61,7 | 94,4 | 50,8 | 58,1 | 65,3 | +29,0 | 79,9 |
| 7 | N ₂₀ P ₂₀ K ₁₀ | 65,3 | 61,7 | 7,2 | 47,2 | 55,4 | +19,1 | 52,6 |
| 8 | N ₈₀ P ₄₀ K ₂₀ | 58,1 | 87,1 | 54,4 | 50,8 | 62,6 | +26,3 | 72,4 |
| 9 | N ₄₀ P ₈₀ K ₂₀ | 54,4 | 65,3 | 47,4 | 39,9 | 51,7 | +15,4 | 42,4 |
| 10 | N ₈₀ P ₂₆₀ K ₁₄₀ (в запас) | 50,8 | 87,1 | 50,8 | 58,1 | 61,7 | +25,4 | 70,0 |
| Средние по опыту | | 47,2 | 69,3 | 45,0 | 49,3 | 52,7 | - | - |
| Средние по удобренным фонам | | 49,2 | 72,2 | 46,4 | 50,3 | 54,5 | - | - |
| ± к контролю | | кг | +20,2 | +28,6 | +13,7 | +10,4 | - | +18,2 |
| | | % | 69,6 | 65,6 | 41,9 | 26,0 | - | - |

Продолжение приложения 14

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|--------------------------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| Слой почвы 0 - 60 см | | | | | | | | |
| 1 | Контроль | 59,2 | 94,0 | 106,6 | 127,3 | 96,8 | 0,00 | К |
| 2 | N ₄₀ P ₄₀ | 66,3 | 150,1 | 140,7 | 161,9 | 129,8 | +33,0 | 34,1 |
| 3 | N ₄₀ K ₂₀ | 69,9 | 135,9 | 144,1 | 158,3 | 127,1 | +30,3 | 31,3 |
| 4 | P ₄₀ K ₂₀ | 62,9 | 90,3 | 113,6 | 127,3 | 98,5 | +1,7 | 1,7 |
| 5 | N ₄₀ P ₄₀ K ₂₀ | 91,1 | 149,9 | 158,3 | 161,9 | 140,4 | +43,6 | 45,0 |
| 6 | N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀ | 98,7 | 188,5 | 161,7 | 172,3 | 154,4 | +57,6 | 59,5 |
| 7 | N ₂₀ P ₂₀ K ₁₀ | 105,6 | 128,9 | 161,4 | 148,0 | 136,0 | +39,2 | 40,5 |
| 8 | N ₈₀ P ₄₀ K ₂₀ | 91,7 | 181,2 | 175,4 | 178,5 | 156,6 | +59,8 | 61,8 |
| 9 | N ₄₀ P ₈₀ K ₂₀ | 101,4 | 135,9 | 161,4 | 130,6 | 132,3 | +35,5 | 36,7 |
| 10 | N ₈₀ P ₂₆₀ K ₁₄₀ (в запас) | 101,2 | 177,8 | 165,0 | 169,0 | 153,3 | +56,5 | 58,4 |
| Средние по опыту | | 84,8 | 143,2 | 148,8 | 153,5 | 132,5 | - | - |
| Средние по удобренным фонам | | 87,6 | 148,7 | 153,5 | 156,4 | 136,4 | - | - |
| ± к контролю | кг | +28,4 | +54,7 | +46,9 | +29,1 | - | +39,8 | - |
| | % | 48,0 | 58,2 | 44,0 | 22,8 | - | - | 41,1 |

Таблица 15 – Запасы фосфора (P_2O_5) перед посевом яровой твердой пшеницы в слоях почвы на разных фонах минерального удобрения (кг на 1 га)

| № п/п | Доза удобрения, кг д. в. на 1 га | Запасы фосфора, кг/га по годам | | | | Средние за 4 года | ± к контролю | | |
|-----------------------------|--|--------------------------------|---------|---------|---------|-------------------|--------------|-------|-------|
| | | 2006 г. | 2008 г. | 2009 г. | 2010 г. | | кг/га | % | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| Слой почвы 0 – 30 см | | | | | | | | | |
| 1 | Контроль | 63,8 | 94,1 | 73,9 | 87,4 | 79,8 | 0,00 | К | |
| 2 | N ₄₀ P ₄₀ | 174,4 | 147,7 | 161,3 | 151,2 | 158,7 | +78,9 | 98,8 | |
| 3 | N ₄₀ K ₂₀ | 77,3 | 87,4 | 77,3 | 87,4 | 82,4 | +2,6 | 3,2 | |
| 4 | P ₄₀ K ₂₀ | 174,7 | 171,4 | 164,6 | 161,3 | 168,0 | +88,2 | 110,5 | |
| 5 | N ₄₀ P ₄₀ K ₂₀ | 147,8 | 147,8 | 174,7 | 157,9 | 157,1 | +77,3 | 96,9 | |
| 6 | N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀ | 221,8 | 168,0 | 201,6 | 194,9 | 196,6 | +116,8 | 146,4 | |
| 7 | N ₂₀ P ₂₀ K ₁₀ | 174,7 | 141,1 | 161,3 | 184,8 | 165,5 | +85,7 | 107,4 | |
| 8 | N ₈₀ P ₄₀ K ₂₀ | 171,4 | 134,4 | 178,1 | 161,3 | 161,3 | +81,5 | 102,1 | |
| 9 | N ₄₀ P ₈₀ K ₂₀ | 221,8 | 178,1 | 194,9 | 188,2 | 195,8 | +116,0 | 145,3 | |
| 10 | N ₈₀ P ₂₆₀ K ₁₄₀ (в запас) | 268,8 | 181,4 | 228,5 | 188,2 | 216,7 | +136,9 | 171,5 | |
| Средние по опыту | | 169,9 | 145,1 | 161,6 | 156,3 | 158,2 | - | - | |
| Средние по удобренным фонам | | 181,7 | 150,8 | 171,3 | 164,0 | 167,0 | - | - | |
| ± к контролю | | кг | +117,9 | +56,7 | +97,4 | +76,6 | - | 87,2 | - |
| | | % | 184,8 | 60,3 | 131,8 | 87,6 | - | - | 109,2 |
| Слой почвы 30 – 60 см | | | | | | | | | |
| 1 | Контроль | 96,3 | 54,4 | 58,1 | 65,3 | 68,5 | 0,00 | К | |
| 2 | N ₄₀ P ₄₀ | 58,1 | 78,6 | 101,6 | 98,0 | 84,1 | +15,6 | 22,8 | |
| 3 | N ₄₀ K ₂₀ | 47,2 | 65,3 | 58,1 | 61,7 | 58,1 | -10,4 | 15,2 | |
| 4 | P ₄₀ K ₂₀ | 76,2 | 72,6 | 105,3 | 101,6 | 88,9 | +20,4 | 29,8 | |
| 5 | N ₄₀ P ₄₀ K ₂₀ | 65,3 | 76,2 | 101,6 | 101,6 | 86,2 | +17,7 | 25,8 | |
| 6 | N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀ | 123,4 | 112,5 | 148,8 | 152,5 | 134,3 | +65,8 | 96,0 | |
| 7 | N ₂₀ P ₂₀ K ₁₀ | 58,1 | 65,3 | 119,8 | 94,4 | 84,4 | +15,9 | 23,2 | |
| 8 | N ₈₀ P ₄₀ K ₂₀ | 101,6 | 69,0 | 72,6 | 94,4 | 84,4 | +15,9 | 23,2 | |
| 9 | N ₄₀ P ₈₀ K ₂₀ | 177,9 | 108,9 | 152,5 | 152,5 | 148,0 | +79,5 | 116,0 | |
| 10 | N ₈₀ P ₂₆₀ K ₁₄₀ (в запас) | 152,5 | 145,2 | 137,9 | 163,4 | 150,0 | +81,5 | 119,0 | |
| Средние по опыту | | 95,7 | 84,8 | 105,6 | 108,5 | 98,7 | - | - | |
| Средние по удобренным фонам | | 102,3 | 88,2 | 110,9 | 113,3 | 103,7 | - | - | |
| ± к контролю | | кг | +66,0 | +33,8 | +52,8 | +48,0 | - | 50,2 | - |
| | | % | 181,8 | 62,1 | 90,9 | 73,5 | - | - | 73,2 |

Продолжение приложения 15

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|--------------------------------|--|--------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|
| Слой почвы 0 - 60 см | | | | | | | | |
| 1 | Контроль | 100,1 | 148,5 | 132,0 | 152,7 | 1333,3 | 0,00 | К |
| 2 | N ₄₀ P ₄₀ | 232,8 | 220,3 | 262,9 | 249,2 | 241,3 | +108 | 81,0 |
| 3 | N ₄₀ K ₂₀ | 124,5 | 152,7 | 135,4 | 149,9 | 140,6 | +7,3 | 5,5 |
| 4 | P ₄₀ K ₂₀ | 250,9 | 244,0 | 269,9 | 262,9 | 256,9 | +123,6 | 92,7 |
| 5 | N ₄₀ P ₄₀ K ₂₀ | 213,1 | 224,0 | 276,3 | 259,5 | 243,2 | +109,9 | 82,4 |
| 6 | N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀ | 345,2 | 280,5 | 350,4 | 347,4 | 330,9 | +197,6 | 148,2 |
| 7 | N ₂₀ P ₂₀ K ₁₀ | 232,8 | 206,4 | 281,1 | 379,2 | 249,9 | +116,6 | 87,5 |
| 8 | N ₈₀ P ₄₀ K ₂₀ | 273,0 | 203,4 | 250,7 | 255,7 | 245,7 | +112,4 | 84,3 |
| 9 | N ₄₀ P ₈₀ K ₂₀ | 399,7 | 287,0 | 347,4 | 340,7 | 338,7 | +205,4 | 154,1 |
| 10 | N ₈₀ P ₂₆₀ K ₁₄₀ (в запас) | 421,3 | 326,6 | 366,4 | 351,6 | 366,5 | +233,2 | 174,9 |
| Средние по опыту | | 259,3 | 227,3 | 267,2 | 264,9 | 254,7 | - | - |
| Средние по удобренным фонам | | 277,0 | 236,0 | 282,2 | 277,4 | 268,2 | - | - |
| ± к контролю | кг | +176,9 | +87,5 | +150,2 | +124,7 | - | +134,8 | - |
| | % | 176,7 | 58,9 | 113,8 | 81,7 | - | - | 101,1 |

Таблица 16 – Запасы фосфора (P_2O_5) в фазу полной спелости яровой твердой пшеницы в слоях почвы на разных фонах минерального удобрения, (кг на 1 га)

| № п/п | Доза удобрения, кг д. в. на 1 га | Запасы фосфора, кг/га по годам | | | | Средние за 4 года | ± к контролю | | |
|-----------------------------|--|--------------------------------|---------|---------|---------|-------------------|--------------|-------|------|
| | | 2006 г. | 2008 г. | 2009 г. | 2010 г. | | кг/га | % | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| Слой почвы 0 – 30 см | | | | | | | | | |
| 1 | Контроль | 47,0 | 70,6 | 60,5 | 63,8 | 60,5 | 0,00 | К | |
| 2 | N ₄₀ P ₄₀ | 117,6 | 107,5 | 127,1 | 110,9 | 115,8 | +55,3 | 91,4 | |
| 3 | N ₄₀ K ₂₀ | 60,5 | 63,8 | 63,8 | 67,2 | 63,8 | +3,3 | 5,4 | |
| 4 | P ₄₀ K ₂₀ | 110,9 | 117,6 | 124,3 | 110,9 | 115,9 | +55,4 | 91,6 | |
| 5 | N ₄₀ P ₄₀ K ₂₀ | 114,2 | 107,5 | 121,0 | 114,2 | 114,2 | +53,7 | 88,7 | |
| 6 | N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀ | 147,8 | 117,6 | 134,4 | 131,0 | 132,7 | +72,2 | 119,3 | |
| 7 | N ₂₀ P ₂₀ K ₁₀ | 121,0 | 94,1 | 124,3 | 121,0 | 115,1 | +54,6 | 90,2 | |
| 8 | N ₈₀ P ₄₀ K ₂₀ | 107,5 | 97,4 | 124,3 | 114,2 | 110,9 | +50,4 | 83,3 | |
| 9 | N ₄₀ P ₈₀ K ₂₀ | 154,6 | 127,7 | 141,1 | 124,3 | 136,9 | +76,4 | 126,3 | |
| 10 | N ₈₀ P ₂₆₀ K ₁₄₀ (в запас) | 164,6 | 131,0 | 168,0 | 127,7 | 147,8 | +87,3 | 144,3 | |
| Средние по опыту | | 114,6 | 103,5 | 118,9 | 108,5 | 111,4 | - | - | |
| Средние по удобренным фонам | | 122,1 | 107,2 | 125,4 | 113,5 | 117,0 | - | - | |
| ± к контролю | | кг | +75,1 | +36,6 | +64,9 | +49,7 | - | +56,6 | - |
| | | % | 159,8 | 51,8 | 107,3 | 77,9 | - | - | 93,5 |
| Слой почвы 30 – 60 см | | | | | | | | | |
| 1 | Контроль | 25,4 | 43,6 | 43,6 | 39,9 | 38,1 | 0,00 | К | |
| 2 | N ₄₀ P ₄₀ | 43,6 | 69,0 | 94,4 | 65,3 | 68,1 | +30,0 | 78,7 | |
| 3 | N ₄₀ K ₂₀ | 39,9 | 43,6 | 43,6 | 39,9 | 41,8 | +3,7 | 9,7 | |
| 4 | P ₄₀ K ₂₀ | 54,4 | 65,3 | 101,6 | 69,0 | 72,6 | +34,5 | 90,5 | |
| 5 | N ₄₀ P ₄₀ K ₂₀ | 43,6 | 69,0 | 94,4 | 65,3 | 68,1 | +30,0 | 78,7 | |
| 6 | N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀ | 76,2 | 90,8 | 116,2 | 108,9 | 98,0 | +59,9 | 157,2 | |
| 7 | N ₂₀ P ₂₀ K ₁₀ | 39,9 | 61,7 | 90,8 | 61,7 | 63,5 | +25,4 | 66,7 | |
| 8 | N ₈₀ P ₄₀ K ₂₀ | 69,0 | 65,3 | 65,3 | 65,3 | 66,2 | +28,1 | 73,7 | |
| 9 | N ₄₀ P ₈₀ K ₂₀ | 72,6 | 87,1 | 116,2 | 112,5 | 97,1 | +59,0 | 154,8 | |
| 10 | N ₈₀ P ₂₆₀ K ₁₄₀ (в запас) | 76,2 | 98,0 | 90,8 | 116,2 | 95,3 | +57,2 | 150,1 | |
| Средние по опыту | | 54,1 | 69,4 | 85,7 | 74,4 | 70,9 | - | - | |
| Средние по удобренным фонам | | 57,3 | 72,3 | 90,4 | 78,2 | 72,4 | - | - | |
| ± к контролю | | кг | +31,9 | +28,7 | +46,8 | +38,3 | - | +36,4 | - |
| | | % | 125,6 | 65,8 | 107,3 | 96,0 | - | - | 95,6 |

Продолжение приложения 16

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|--------------------------------|--|--------|-------|--------|-------|-------|--------|-------|
| Слой почвы 0 - 60 см | | | | | | | | |
| 1 | Контроль | 72,4 | 114,2 | 104,1 | 103,7 | 98,6 | 0,00 | К |
| 2 | N ₄₀ P ₄₀ | 161,2 | 176,5 | 221,5 | 176,2 | 183,8 | +85,2 | 86,4 |
| 3 | N ₄₀ K ₂₀ | 160,4 | 107,4 | 107,4 | 107,1 | 105,6 | +7,0 | 7,1 |
| 4 | P ₄₀ K ₂₀ | 165,3 | 132,9 | 225,9 | 179,9 | 176,0 | +77,4 | 78,5 |
| 5 | N ₄₀ P ₄₀ K ₂₀ | 157,8 | 176,5 | 215,4 | 179,5 | 182,3 | +83,7 | 89,9 |
| 6 | N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀ | 224,0 | 208,4 | 230,6 | 239,9 | 225,7 | +127,1 | 128,9 |
| 7 | N ₂₀ P ₂₀ K ₁₀ | 160,9 | 155,8 | 215,1 | 182,7 | 178,6 | +80,0 | 81,1 |
| 8 | N ₈₀ P ₄₀ K ₂₀ | 176,5 | 162,7 | 189,6 | 179,5 | 177,1 | +78,5 | 79,6 |
| 9 | N ₄₀ P ₈₀ K ₂₀ | 227,2 | 214,8 | 257,3 | 236,8 | 234,0 | +135,4 | 137,3 |
| 10 | N ₈₀ P ₂₆₀ K ₁₄₀ (в запас) | 240,8 | 229,0 | 258,8 | 243,9 | 243,1 | +144,5 | 146,5 |
| Средние по опыту | | 168,6 | 167,8 | 202,6 | 182,9 | 180,5 | - | - |
| Средние по удобренным фонам | | 179,3 | 173,8 | 213,5 | 191,7 | 189,6 | - | - |
| ± к контролю | кг | +106,9 | +59,6 | +109,4 | +88,0 | - | +91,0 | - |
| | % | 147,6 | 52,2 | 105,1 | 84,9 | - | - | 92,3 |

Таблица 17 – Запасы калия (K₂O) перед посевом яровой твердой пшеницы в различных слоях почвы на разных фонах минерального удобрения

| № п/п | Доза удобрения, кг д. в. на 1 га | Запасы калия, кг/га по годам | | | | Средние за 4 года | ± к контролю | | |
|-----------------------------|--|------------------------------|---------|---------|---------|-------------------|--------------|------|-----|
| | | 2006 г. | 2008 г. | 2009 г. | 2010 г. | | кг/га | % | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| Слой почвы 0 – 30 см | | | | | | | | | |
| 1 | Контроль | 954 | 843 | 968 | 921 | 921 | 0,00 | К | |
| 2 | N ₄₀ P ₄₀ | 1015 | 954 | 1062 | 968 | 1000 | +79 | 8,6 | |
| 3 | N ₄₀ K ₂₀ | 907 | 890 | 1122 | 800 | 930 | +9,0 | 1,0 | |
| 4 | P ₄₀ K ₂₀ | 954 | 921 | 1062 | 890 | 957 | +36 | 3,9 | |
| 5 | N ₄₀ P ₄₀ K ₂₀ | 998 | 961 | 1122 | 907 | 997 | +76 | 8,2 | |
| 6 | N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀ | 984 | 981 | 1028 | 971 | 991 | +70 | 7,6 | |
| 7 | N ₂₀ P ₂₀ K ₁₀ | 1045 | 1075 | 998 | 1136 | 1064 | +143 | 15,5 | |
| 8 | N ₈₀ P ₄₀ K ₂₀ | 954 | 934 | 1028 | 998 | 979 | +58 | 6,3 | |
| 9 | N ₄₀ P ₈₀ K ₂₀ | 981 | 968 | 1062 | 907 | 980 | +59 | 6,4 | |
| 10 | N ₈₀ P ₂₆₀ K ₁₄₀ (в запас) | 1122 | 934 | 1028 | 1008 | 1023 | +102 | 11,1 | |
| Средние по опыту | | 991 | 946 | 1048 | 950 | 984 | - | - | |
| Средние по удобренным фонам | | 995 | 957 | 1057 | 953 | 990 | - | - | |
| ± к контролю | | кг | +41 | +114 | +89 | +32 | - | +69 | - |
| | | % | 4,3 | 13,5 | 9,2 | 3,5 | - | - | 7,5 |
| Слой почвы 30 – 60 см | | | | | | | | | |
| 1 | Контроль | 653 | 581 | 726 | 711 | 668 | 0,00 | К | |
| 2 | N ₄₀ P ₄₀ | 682 | 711 | 780 | 744 | 729 | +61 | 9,1 | |
| 3 | N ₄₀ K ₂₀ | 711 | 653 | 653 | 730 | 687 | +19 | 2,8 | |
| 4 | P ₄₀ K ₂₀ | 682 | 592 | 711 | 755 | 685 | +17 | 2,5 | |
| 5 | N ₄₀ P ₄₀ K ₂₀ | 682 | 690 | 744 | 813 | 732 | +64 | 9,6 | |
| 6 | N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀ | 744 | 693 | 664 | 878 | 745 | +77 | 11,5 | |
| 7 | N ₂₀ P ₂₀ K ₁₀ | 682 | 719 | 744 | 726 | 718 | +50 | 7,5 | |
| 8 | N ₈₀ P ₄₀ K ₂₀ | 711 | 599 | 653 | 719 | 670 | +2,0 | 0,3 | |
| 9 | N ₄₀ P ₈₀ K ₂₀ | 774 | 708 | 664 | 733 | 720 | +52 | 7,8 | |
| 10 | N ₈₀ P ₂₆₀ K ₁₄₀ (в запас) | 719 | 595 | 682 | 755 | 688 | +20 | 3,0 | |
| Средние по опыту | | 704 | 653 | 702 | 756 | 704 | - | - | |
| Средние по удобренным фонам | | 710 | 661 | 699 | 761 | 708 | - | - | |
| ± к контролю | | кг | +57 | +80 | -27 | +50 | - | +40 | - |
| | | % | 8,7 | 13,8 | 3,7 | 7,0 | - | - | 6,0 |

Продолжение приложения 17

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|--------------------------------|--|------|------|------|------|------|------|------|
| Слой почвы 0 - 60 см | | | | | | | | |
| 1 | Контроль | 1607 | 1424 | 1694 | 1632 | 1589 | 0,00 | К |
| 2 | N ₄₀ P ₄₀ | 1697 | 1665 | 1842 | 1712 | 1429 | +140 | 8,8 |
| 3 | N ₄₀ K ₂₀ | 1618 | 1543 | 1775 | 1530 | 1617 | +28 | 1,8 |
| 4 | P ₄₀ K ₂₀ | 1639 | 1513 | 1773 | 1645 | 1642 | +53 | 3,3 |
| 5 | N ₄₀ P ₄₀ K ₂₀ | 1680 | 1651 | 1866 | 1720 | 1729 | +140 | 8,8 |
| 6 | N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀ | 1728 | 1674 | 1692 | 1849 | 1736 | +147 | 9,2 |
| 7 | N ₂₀ P ₂₀ K ₁₀ | 1727 | 1794 | 1742 | 1862 | 1782 | +193 | 12,1 |
| 8 | N ₈₀ P ₄₀ K ₂₀ | 1665 | 1533 | 1681 | 1717 | 1649 | +60 | 3,8 |
| 9 | N ₄₀ P ₈₀ K ₂₀ | 1755 | 1676 | 1726 | 1640 | 1700 | +111 | 7,0 |
| 10 | N ₈₀ P ₂₆₀ K ₁₄₀ (в запас) | 1841 | 1529 | 1710 | 1763 | 1711 | +122 | 7,7 |
| Средние по опыту | | 1695 | 1600 | 1750 | 1707 | 1688 | - | - |
| Средние по удобренным фонам | | 1705 | 1620 | 1756 | 1715 | 1699 | - | - |
| ± к контролю | кг | +98 | +196 | +62 | +83 | - | +110 | - |
| | % | 6,1 | 13,8 | 3,6 | 5,1 | - | - | 6,9 |

Таблица 18 – Запасы калия (K₂O) в фазу полной спелости яровой твердой пшеницы в различных слоях почвы на разных фонах минерального удобрения

| № п/п | Доза удобрения, кг д. в. на 1 га | Запасы калия, кг/га по годам | | | | Средние за 4 года | ± к контролю | | |
|--------------------------------|--|---------------------------------|---------|---------|---------|-------------------------|--------------|------|-----|
| | | 2006 г. | 2008 г. | 2009 г. | 2010 г. | | кг/га | % | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| Слой почвы 0 – 30 см | | | | | | | | | |
| 1 | Контроль | 890 | 800 | 827 | 783 | 825 | 0,00 | К | |
| 2 | N ₄₀ P ₄₀ | 937 | 813 | 890 | 860 | 875 | +50 | 6,1 | |
| 3 | N ₄₀ K ₂₀ | 867 | 756 | 900 | 766 | 822 | -3 | 0,4 | |
| 4 | P ₄₀ K ₂₀ | 907 | 776 | 857 | 823 | 841 | +16 | 1,9 | |
| 5 | N ₄₀ P ₄₀ K ₂₀ | 927 | 820 | 843 | 833 | 856 | +31 | 3,7 | |
| 6 | N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀ | 914 | 833 | 887 | 860 | 974 | +49 | 5,9 | |
| 7 | N ₂₀ P ₂₀ K ₁₀ | 948 | 860 | 857 | 874 | 885 | +60 | 7,3 | |
| 8 | N ₈₀ P ₄₀ K ₂₀ | 894 | 749 | 867 | 937 | 862 | +37 | 4,5 | |
| 9 | N ₄₀ P ₈₀ K ₂₀ | 924 | 806 | 877 | 800 | 852 | +27 | 3,3 | |
| 10 | N ₈₀ P ₂₆₀ K ₁₄₀ (в запас) | 258 | 776 | 860 | 911 | 876 | +51 | 6,2 | |
| Средние по опыту | | 917 | 799 | 866 | 845 | 857 | - | - | |
| Средние по удобренным фонам | | 920 | 799 | 870 | 852 | 860 | - | - | |
| ± к контролю | | кг | +30 | -1 | +43 | +69 | - | +35 | - |
| | | % | 3,4 | 0,1 | 5,2 | 8,8 | - | - | 4,2 |
| Слой почвы 30 – 60 см | | | | | | | | | |
| 1 | Контроль | 563 | 592 | 573 | 621 | 587 | 0,00 | К | |
| 2 | N ₄₀ P ₄₀ | 592 | 682 | 690 | 653 | 654 | +67 | 11,4 | |
| 3 | N ₄₀ K ₂₀ | 624 | 610 | 621 | 646 | 625 | +38 | 6,5 | |
| 4 | P ₄₀ K ₂₀ | 624 | 577 | 603 | 664 | 617 | +30 | 5,1 | |
| 5 | N ₄₀ P ₄₀ K ₂₀ | 581 | 668 | 635 | 744 | 657 | +70 | 11,9 | |
| 6 | N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀ | 646 | 675 | 632 | 843 | 692 | +105 | 11,9 | |
| 7 | N ₂₀ P ₂₀ K ₁₀ | 599 | 690 | 650 | 657 | 649 | +62 | 10,5 | |
| 8 | N ₈₀ P ₄₀ K ₂₀ | 635 | 588 | 588 | 653 | 616 | +29 | 4,9 | |
| 9 | N ₄₀ P ₈₀ K ₂₀ | 646 | 661 | 628 | 652 | 654 | +67 | 11,4 | |
| 10 | N ₈₀ P ₂₆₀ K ₁₄₀ (в запас) | 621 | 574 | 581 | 682 | 614 | +27 | 4,6 | |
| Средние по опыту | | 614 | 626 | 620 | 681 | 636 | - | - | |
| Средние по удобренным фонам | | 620 | 630 | 625 | 688 | 641 | - | - | |
| ± к контролю | | кг | +57 | +38 | +52 | +67 | - | 54 | - |
| | | % | 10,1 | 6,4 | 9,1 | 10,8 | - | - | 9,2 |

Продолжение приложения 18

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|--------------------------------|--|------|------|------|------|------|------|------|
| Слой почвы 0 - 60 см | | | | | | | | |
| 1 | Контроль | 1453 | 1392 | 1400 | 1404 | 1412 | 0,00 | К |
| 2 | N ₄₀ P ₄₀ | 1529 | 1495 | 1580 | 1513 | 1529 | +117 | 8,3 |
| 3 | N ₄₀ K ₂₀ | 1491 | 1366 | 1521 | 1412 | 1447 | +35 | 2,5 |
| 4 | P ₄₀ K ₂₀ | 1531 | 1353 | 1460 | 1487 | 1458 | +46 | 3,2 |
| 5 | N ₄₀ P ₄₀ K ₂₀ | 1508 | 1488 | 1478 | 1577 | 1513 | +101 | 7,1 |
| 6 | N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀ | 1560 | 1508 | 1519 | 1673 | 1566 | +156 | 10,9 |
| 7 | N ₂₀ P ₂₀ K ₁₀ | 1547 | 1550 | 1507 | 1531 | 1534 | +122 | 8,6 |
| 8 | N ₈₀ P ₄₀ K ₂₀ | 1529 | 1337 | 1455 | 1590 | 1478 | +66 | 4,7 |
| 9 | N ₄₀ P ₈₀ K ₂₀ | 1570 | 1467 | 1805 | 1482 | 1506 | +94 | 6,6 |
| 10 | N ₈₀ P ₂₆₀ K ₁₄₀ (в запас) | 1547 | 1350 | 1441 | 1593 | 1490 | +78 | 5,5 |
| Средние по опыту | | 1530 | 1430 | 1486 | 1526 | 1493 | - | - |
| Средние по удобренным фонам | | 1538 | 1434 | 1496 | 1539 | 1502 | - | - |
| ± к контролю | кг | +85 | +42 | +96 | +135 | - | 90 | - |
| | % | 5,9 | 3,1 | 6,8 | 9,6 | - | - | 6,4 |

Таблица 19 – Вынос азота с урожаем зерна и соломы яровой твердой пшеницы на разных фонах минерального удобрения, кг с 1 га.

| № п/п | Доза удобрения, кг д.в. на 1 га | Вынос с зерном, по годам | | | | Среднее за 4 года | Вынос с соломой, по годам | | | | Среднее за 4 года | Всего | | | | Среднее за 4 года |
|-----------------------------|--|--------------------------|---------|---------|---------|-------------------|---------------------------|---------|---------|---------|-------------------|---------|---------|---------|---------|-------------------|
| | | 2006 г. | 2008 г. | 2009 г. | 2010 г. | | 2006 г. | 2008 г. | 2009 г. | 2010 г. | | 2006 г. | 2008 г. | 2009 г. | 2010 г. | |
| 1 | Контроль | 20,7 | 28,4 | 14,6 | 4,2 | 17,0 | 8,8 | 10,0 | 5,8 | 7,8 | 7,4 | 29,5 | 38,4 | 20,4 | 9,0 | 24,3 |
| 2 | N ₄₀ P ₄₀ | 32,0 | 41,2 | 21,3 | 4,6 | 27,8 | 26,2 | 13,8 | 7,0 | 9,8 | 14,2 | 58,2 | 55,0 | 28,3 | 14,4 | 39,0 |
| 3 | N ₄₀ K ₂₀ | 29,3 | 39,0 | 20,9 | 5,2 | 23,6 | 16,0 | 13,5 | 7,3 | 11,8 | 12,2 | 45,3 | 52,5 | 28,2 | 17,0 | 35,8 |
| 4 | P ₄₀ K ₂₀ | 26,1 | 42,2 | 23,8 | 3,9 | 27,0 | 14,8 | 14,7 | 6,8 | 5,9 | 10,6 | 40,9 | 49,0 | 30,6 | 9,8 | 32,6 |
| 5 | N ₄₀ P ₄₀ K ₂₀ | 31,3 | 42,0 | 23,9 | 6,1 | 25,8 | 22,3 | 14,5 | 8,9 | 12,8 | 14,6 | 53,6 | 56,5 | 32,8 | 18,9 | 40,4 |
| 6 | N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀ | 32,8 | 44,0 | 17,8 | 4,1 | 24,7 | 26,6 | 22,8 | 16,6 | 9,4 | 18,8 | 59,4 | 66,8 | 34,4 | 13,5 | 43,5 |
| 7 | N ₂₀ P ₂₀ K ₁₀ | 37,4 | 37,5 | 17,0 | 3,4 | 23,8 | 23,6 | 17,7 | 13,0 | 9,8 | 16,0 | 61,0 | 55,2 | 30,0 | 13,2 | 39,8 |
| 8 | N ₈₀ P ₄₀ K ₂₀ | 30,3 | 36,3 | 25,7 | 6,4 | 24,4 | 21,6 | 16,0 | 11,2 | 8,4 | 14,3 | 51,9 | 52,3 | 35,9 | 14,8 | 38,7 |
| 9 | N ₄₀ P ₈₀ K ₂₀ | 26,2 | 42,5 | 24,1 | 3,5 | 24,1 | 17,4 | 17,3 | 8,3 | 11,2 | 13,6 | 43,6 | 59,8 | 32,4 | 14,7 | 37,6 |
| 10 | N ₈₀ P ₂₆₀ K ₁₄₀ (в запас) | 19,8 | 47,6 | 18,6 | 6,4 | 23,1 | 11,5 | 20,9 | 12,6 | 13,5 | 14,6 | 31,3 | 68,5 | 31,2 | 19,9 | 37,7 |
| Среднее по опыту | | 28,6 | 40,1 | 20,7 | 4,8 | 23,8 | 18,9 | 16,1 | 9,7 | 10,0 | 13,6 | 47,5 | 55,4 | 30,4 | 14,5 | 36,5 |
| Среднее по удобренным фонам | | 29,5 | 41,4 | 21,4 | 4,9 | 24,3 | 20,0 | 16,8 | 10,1 | 10,6 | 14,4 | 49,5 | 57,3 | 31,5 | 15,1 | 37,8 |
| ± к контролю | кг/га | +8,8 | +13,0 | +6,8 | +0,7 | +7,3 | +11,2 | +6,8 | +4,3 | +5,8 | +7,0 | +20,0 | +18,9 | +11,1 | +6,1 | +13,5 |
| | % | 42,5 | 45,8 | 46,6 | 16,7 | 43,0 | 127,3 | 68,0 | 74,7 | 120,8 | 94,6 | 67,8 | 49,2 | 54,4 | 67,8 | 55,6 |

Таблица 20 – Вынос фосфора с урожаем зерна и соломы яровой твердой пшеницы на разных фонах минерального удобрения, кг с 1 га.

| № п/п | Доза удобрения, кг д.в. на 1 га | Вынос с зерном, по годам | | | | Среднее за 4 года | Вынос с соломой, по годам | | | | Среднее за 4 года | Всего | | | | Среднее за 4 года |
|-----------------------------|---|--------------------------|---------|---------|---------|-------------------|---------------------------|---------|---------|---------|-------------------|---------|---------|---------|---------|-------------------|
| | | 2006 г. | 2008 г. | 2009 г. | 2010 г. | | 2006 г. | 2008 г. | 2009 г. | 2010 г. | | 2006 г. | 2008 г. | 2009 г. | 2010 г. | |
| 1 | Контроль | 8,0 | 12,9 | 7,7 | 2,1 | 7,7 | 2,7 | 3,9 | 1,9 | 1,9 | 2,6 | 8,7 | 16,8 | 9,6 | 4,0 | 9,8 |
| 2 | N ₄₀ P ₄₀ | 12,0 | 18,3 | 10,8 | 2,2 | 10,8 | 7,1 | 5,9 | 2,4 | 2,7 | 4,5 | 19,1 | 24,2 | 13,2 | 4,9 | 15,3 |
| 3 | N ₄₀ K ₂₀ | 10,5 | 15,5 | 9,8 | 2,3 | 9,5 | 4,4 | 4,5 | 1,9 | 2,8 | 3,4 | 14,9 | 20,0 | 11,7 | 5,1 | 12,9 |
| 4 | P ₄₀ K ₂₀ | 11,0 | 18,8 | 12,4 | 1,9 | 11,0 | 6,6 | 6,8 | 2,8 | 2,8 | 4,8 | 17,6 | 25,6 | 15,2 | 4,7 | 15,8 |
| 5 | N ₄₀ P ₄₀ K ₂₀ | 11,8 | 18,8 | 12,0 | 2,9 | 11,4 | 6,2 | 5,9 | 3,0 | 3,5 | 4,6 | 18,0 | 24,7 | 15,0 | 6,4 | 16,0 |
| 6 | N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀ | 12,1 | 18,1 | 8,3 | 2,0 | 10,1 | 8,0 | 8,7 | 4,3 | 3,1 | 6,0 | 20,1 | 26,8 | 12,6 | 5,1 | 16,1 |
| 7 | N ₂₀ P ₂₀ K ₁₀ | 14,9 | 16,6 | 8,8 | 1,8 | 10,5 | 7,0 | 5,3 | 3,3 | 2,9 | 4,6 | 21,9 | 21,9 | 12,1 | 4,7 | 15,1 |
| 8 | N ₈₀ P ₄₀ K ₂₀ | 10,8 | 15,3 | 11,2 | 2,9 | 10,1 | 5,8 | 4,7 | 2,7 | 2,3 | 3,9 | 16,6 | 20,0 | 13,9 | 5,2 | 13,9 |
| 9 | N ₄₀ P ₈₀ K ₂₀ | 10,2 | 19,3 | 11,6 | 1,7 | 10,7 | 6,7 | 7,4 | 3,8 | 3,7 | 5,4 | 16,9 | 26,7 | 15,4 | 5,4 | 16,1 |
| 10 | N ₈₀ P ₂₆₀ K ₁₄₀ | 7,5 | 21,1 | 8,5 | 3,1 | 10,1 | 3,8 | 7,6 | 3,9 | 4,3 | 4,9 | 11,3 | 28,7 | 14,4 | 7,4 | 15,4 |
| Среднее по опыту | | 10,9 | 17,5 | 10,1 | 2,3 | 10,2 | 5,8 | 6,1 | 3,0 | 3,0 | 4,4 | 16,5 | 23,5 | 13,3 | 5,3 | 14,6 |
| Среднее по удобренным фонам | | 11,2 | 18,0 | 10,4 | 2,3 | 10,5 | 6,1 | 6,3 | 3,1 | 3,1 | 4,6 | 17,4 | 24,2 | 13,7 | 5,4 | 15,1 |
| ± к контролю | кг/га | +3,2 | +5,1 | +2,7 | +0,2 | +2,8 | +3,4 | +2,4 | +1,2 | +1,2 | +2,0 | +8,7 | +7,4 | +4,1 | +1,4 | +5,3 |
| | % | 40,0 | 39,6 | 35,1 | 9,5 | 36,4 | 125,9 | 62,7 | 63,2 | 63,2 | 76,9 | 100,0 | 44,3 | 42,7 | 35,0 | 54,4 |

Таблица 21 – Вынос калия с урожаем зерна и соломы яровой твердой пшеницы на разных фонах минерального удобрения, кг с 1 га.

| № п/п | Доза удобрения, кг д.в. на 1 га | Вынос с зерном, по годам | | | | Среднее за 4 года | Вынос с соломой, по годам | | | | Среднее за 4 года | Всего | | | | Среднее за 4 года |
|-----------------------------|--|--------------------------|---------|---------|---------|-------------------|---------------------------|---------|---------|---------|-------------------|---------|---------|---------|---------|-------------------|
| | | 2006 г. | 2008 г. | 2009 г. | 2010 г. | | 2006 г. | 2008 г. | 2009 г. | 2010 г. | | 2006 г. | 2008 г. | 2009 г. | 2010 г. | |
| 1 | Контроль | 2,5 | 5,9 | 2,7 | 0,7 | 3,0 | 35,3 | 27,7 | 16,6 | 14,6 | 23,6 | 37,8 | 33,6 | 19,3 | 15,3 | 26,5 |
| 2 | N ₄₀ P ₄₀ | 4,0 | 8,3 | 5,4 | 1,1 | 4,7 | 81,9 | 33,6 | 17,6 | 26,4 | 39,9 | 85,9 | 44,9 | 23,0 | 27,5 | 44,6 |
| 3 | N ₄₀ K ₂₀ | 3,6 | 5,5 | 3,4 | 1,2 | 3,4 | 62,8 | 30,8 | 15,8 | 30,4 | 35,0 | 66,4 | 36,3 | 19,2 | 31,6 | 38,4 |
| 4 | P ₄₀ K ₂₀ | 3,8 | 8,8 | 4,5 | 1,0 | 4,5 | 74,8 | 42,2 | 19,6 | 24,4 | 40,2 | 78,6 | 51,0 | 24,0 | 25,4 | 44,7 |
| 5 | N ₄₀ P ₄₀ K ₂₀ | 3,9 | 8,6 | 4,1 | 1,4 | 4,5 | 71,2 | 31,9 | 21,8 | 33,5 | 39,6 | 75,1 | 40,5 | 25,9 | 34,9 | 44,1 |
| 6 | N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀ | 4,1 | 8,7 | 3,1 | 1,0 | 4,2 | 90,4 | 44,1 | 32,6 | 25,0 | 48,0 | 94,5 | 52,8 | 35,7 | 26,0 | 52,2 |
| 7 | N ₂₀ P ₂₀ K ₁₀ | 4,8 | 7,2 | 3,1 | 0,8 | 4,0 | 71,1 | 31,8 | 22,9 | 25,2 | 37,8 | 75,9 | 40,0 | 26,0 | 26,0 | 42,0 |
| 8 | N ₈₀ P ₄₀ K ₂₀ | 3,5 | 6,5 | 4,0 | 1,3 | 3,8 | 59,5 | 29,5 | 20,2 | 20,4 | 32,4 | 63,0 | 36,0 | 24,2 | 21,7 | 36,2 |
| 9 | N ₄₀ P ₈₀ K ₂₀ | 3,2 | 8,3 | 4,3 | 0,8 | 4,2 | 53,7 | 37,4 | 20,3 | 26,6 | 34,5 | 56,9 | 45,7 | 24,6 | 27,4 | 38,6 |
| 10 | N ₈₀ P ₂₆₀ K ₁₄₀ (в запас) | 2,5 | 8,8 | 3,1 | 1,4 | 4,0 | 37,4 | 37,6 | 24,2 | 35,4 | 33,6 | 39,9 | 46,4 | 27,3 | 36,8 | 37,6 |
| Среднее по опыту | | 3,6 | 7,7 | 3,8 | 1,1 | 4,0 | 63,8 | 34,7 | 21,2 | 26,2 | 36,5 | 67,4 | 42,4 | 24,9 | 27,3 | 40,5 |
| Среднее по удобренным фонам | | 3,7 | 8,4 | 3,9 | 1,1 | 4,1 | 67,0 | 35,5 | 21,7 | 27,5 | 37,9 | 70,7 | 43,4 | 25,5 | 28,6 | 42,0 |
| ± к контролю | кг/га | +1,2 | +2,5 | +1,2 | +0,4 | +1,1 | +31,7 | +7,8 | +5,1 | +12,9 | +14,3 | +32,9 | +9,8 | +6,2 | +13,3 | +15,5 |
| | % | 48,0 | 42,4 | 44,4 | 57,1 | 36,7 | 89,8 | 28,2 | 30,8 | 88,4 | 60,6 | 87,0 | 29,2 | 32,1 | 86,9 | 58,7 |

Таблица 22 – Вероятность урожайности разного уровня яровой твердой пшеницы при внесении доз минеральных удобрений в парных и тройных сочетаниях в центре Оренбургского Предуралья (1974-2008 гг.)

| № п/п | Удобрение, кг.д.в. на 1 га | Урожайность, т с 1 га по классам и ее вероятность в % лет | | | | | | | Всего | | Средняя уро- жайность, т с 1 га |
|----------|--|---|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-------|----------|---------------------------------------|
| | | <0,5 | 0,51- 1,00 | 1,01- 1,50 | 1,51- 2,00 | 2,01- 2,50 | 2,51- 3,00 | >3,0 | лет | % лет | |
| | | <u>т/га</u> % лет | <u>т/га</u> % лет | <u>т/га</u> % лет | <u>т/га</u> % лет | <u>т/га</u> % лет | <u>т/га</u> % лет | <u>т/га</u> % лет | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 1 | Контроль- без удобрений | <u>0,370</u> 13,3 | <u>0,738</u> 16,7 | <u>1,30</u> 23,3 | <u>1,68</u> 40,1 | <u>2,02</u> 3,3 | <u>2,74</u> 3,3 | - | 30 | 100 | 1,314 |
| 2 | N ₄₀ P ₄₀ | <u>0,293</u> 10,0 | <u>0,650</u> 13,3 | <u>1,265</u> 13,4 | <u>1,76</u> 30,0 | <u>2,13</u> 26,7 | <u>2,60</u> 3,3 | <u>3,05</u> 3,3 | 30 | 100 | 1,570 |
| 3 | P ₄₀ K ₂₀ | <u>0,235</u> 6,7 | <u>0,628</u> 16,6 | <u>1,282</u> 16,7 | <u>1,89</u> 43,3 | <u>2,25</u> 13,4 | <u>2,90</u> 3,3 | - | 30 | 100 | 1,518 |
| 4 | N ₄₀ K ₂₀ | <u>0,355</u> 13,3 | <u>0,772</u> 13,4 | <u>1,376</u> 16,7 | <u>1,80</u> 46,6 | <u>2,035</u> 6,7 | <u>2,75</u> 3,3 | - | 30 | 100 | 1,447 |
| 5 | N ₄₀ P ₄₀ K ₂₀ | <u>0,372</u> 13,3 | <u>0,580</u> 6,7 | <u>1,284</u> 16,7 | <u>1,765</u> 26,6 | <u>2,14</u> 30,0 | <u>2,90</u> 6,7 | - | 30 | 100 | 1,609 |
| 6 | N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀ | <u>0,290</u> 13,4 | <u>0,802</u> 13,4 | <u>1,248</u> 16,7 | <u>1,740</u> 26,6 | <u>2,214</u> 23,3 | - | <u>3,09</u> 6,7 | 30 | 100 | 1,541 |
| 7 | N ₈₀ P ₄₀ K ₂₀ | <u>0,350</u> 10,0 | <u>0,620</u> 10,0 | <u>1,224</u> 16,7 | <u>1,730</u> 30,0 | <u>2,290</u> 26,7 | - | <u>3,18</u> 6,7 | 30 | 100 | 1,643 |
| 8 | N ₄₀ P ₈₀ K ₂₀ | <u>0,280</u> 13,4 | <u>0,630</u> 6,7 | <u>1,036</u> 26,7 | <u>1,780</u> 33,4 | <u>2,15</u> 16,7 | <u>2,87</u> 6,7 | - | 30 | 100 | 1,505 |
| 9 | N ₈₀ P ₁₂₀ K ₄₀ | <u>0,245</u> 13,3 | <u>0,766</u> 16,7 | <u>1,250</u> 20,0 | <u>1,716</u> 23,4 | <u>2,220</u> 20,0 | - | <u>3,10</u> 6,7 | 30 | 100 | 1,462 |

Продолжение приложения 22

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|----|--|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|--------------------|----|-----|-------|
| 10 | N ₁₂₀ P ₈₀ K ₄₀ | <u>0,270</u> 13,4 | <u>0,802</u> 16,7 | <u>1,37</u> 20,0 | <u>1,772</u> 23,4 | <u>2,250</u> 16,7 | <u>2,765</u> 6,6 | <u>3,14</u> 3,3 | 30 | 100 | 1,527 |
| 11 | N ₈₀ P ₂₆₀ K ₁₄₀ | <u>0,345</u> 13,4 | <u>0,71</u> 13,4 | <u>1,229</u> 23,4 | <u>1,656</u> 16,7 | <u>2,204</u> 26,7 | - | <u>3,14</u> 6,7 | 30 | 100 | 1,497 |
| 12 | Контроль (за 1974- 1988 гг.) | <u>0,48</u> 14,3 | <u>0,745</u> 14,3 | <u>1,35</u> 7,1 | <u>1,71</u> 57,1 | - | <u>2,74</u> 7,1 | - | 14 | 100 | 1,446 |
| 13 | N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₆₀ (за 1974- 1988 гг.) | <u>0,305</u> 14,2 | <u>0,610</u> 7,1 | <u>1,18</u> 28,6 | <u>1,77</u> 21,4 | <u>2,21</u> 21,3 | - | <u>3,09</u> 7,1 | 14 | 100 | 1,500 |
| 14 | N ₁₂₀ P ₄₀ K ₂₀ (за 1974- 1988 гг.) | <u>0,440</u> 7,1 | <u>0,700</u> 14,2 | <u>1,340</u> 14,2 | <u>1,795</u> 28,6 | <u>2,16</u> 14,3 | <u>2,61</u> 14,3 | <u>3,20</u> 7,1 | 14 | 100 | 1,745 |
| 15 | N ₄₀ P ₁₂₀ K ₂₀ (за 1974-1988 гг.) | <u>0,400</u> 14,3 | <u>0,740</u> 14,2 | <u>1,253</u> 21,3 | <u>1,750</u> 28,5 | <u>2,150</u> 14,3 | - | <u>3,22</u> 7,1 | 14 | 100 | 1,474 |
| 16 | Контроль (за 1989-2008 гг.) | <u>0,270</u> 12,5 | <u>0,733</u> 18,8 | <u>1,342</u> 37,5 | <u>1,600</u> 25,0 | <u>2,020</u> 13,3 | - | - | 16 | 100 | 1,20 |
| 17 | N ₂₀ P ₂₀ K ₁₀ (за 1989-2008 гг.) | <u>0,270</u> 18,7 | <u>0,900</u> 6,2 | <u>1,362</u> 25,0 | <u>1,764</u> 31,2 | <u>2,050</u> 12,5 | <u>2,81</u> 6,2 | - | 16 | 100 | 1,430 |
| 18 | N ₂₀ P ₄₀ K ₂₀ (за 1989-2008 гг.) | <u>0,290</u> 12,5 | <u>0,755</u> 12,4 | <u>1,130</u> 18,8 | <u>1,786</u> 31,3 | <u>2,360</u> 12,5 | <u>2,84</u> 6,2 | - | 16 | 100 | 1,470 |
| 19 | N ₄₀ P ₂₀ K ₂₀ (за 1989-2008 гг.) | <u>0,400</u> 18,7 | - | <u>1,17</u> 24,9 | <u>1,773</u> 37,5 | <u>2,177</u> 18,7 | - | - | 16 | 100 | 1,414 |

Таблица 23 – Количество стеблей яровой твердой пшеницы на разных фонах минерального питания (среднее за 2006, 2008-2010 гг.)

| № п/п | Доза удобрения, кг. д. в. на 1 га | Количество всех стеблей, шт/м ² | ± к контролю | | Количество продуктивных стеблей, шт/м ² | ± к контролю | |
|-----------------------------|---|--|-------------------|------|--|-------------------|------|
| | | | шт/м ² | % | | шт/м ² | % |
| 1 | Контроль | 288 | 0,00 | 0,0 | 259 | 0,00 | 0,00 |
| 2 | N ₄₀ P ₄₀ | 333 | +45 | 15,6 | 292 | +33 | 12,7 |
| 3 | N ₄₀ K ₂₀ | 306 | +18 | 6,2 | 267 | +8 | 3,1 |
| 4 | P ₄₀ K ₂₀ | 324 | +36 | 12,5 | 289 | +30 | 11,6 |
| 5 | N ₄₀ P ₄₀ K ₂₀ | 318 | +30 | 10,4 | 291 | +32 | 12,4 |
| 6 | N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀ | 310 | +22 | 7,6 | 269 | +10 | 3,8 |
| 7 | N ₂₀ P ₂₀ K ₁₀ | 318 | +30 | 10,4 | 274 | +15 | 5,8 |
| 8 | N ₈₀ P ₄₀ K ₂₀ | 305 | +17 | 5,9 | 270 | +11 | 4,2 |
| 9 | N ₄₀ P ₈₀ K ₂₀ | 317 | +29 | 10,1 | 279 | +20 | 7,7 |
| 10 | N ₈₀ P ₂₆₀ K ₁₄₀ | 329 | +41 | 14,2 | 294 | +35 | 13,5 |
| Среднее по опыту | | 319 | - | - | 280 | - | - |
| Среднее по удобренным зонам | | 318 | +30 | 10,4 | 280 | +21 | 8,1 |

Таблица 24 – Общая и продуктивная кустистость яровой твердой пшеницы на разных фонах минерального питания (среднее за 2006, 2008-2010 гг.)

| № п/п | Доза удобрения кг. д.в на 1 га | Общая кустистость, ед. | ±к контролю | | Продуктивная кустистость, ед. | ±к контролю | | Полнота реализации кущения, % | ±к контролю, % |
|-----------------------------|---|------------------------|-------------|------|-------------------------------|-------------|------|-------------------------------|----------------|
| | | | ед. | % | | ед. | % | | |
| 1 | Контроль | 1,33 | 0,00 | 0,00 | 1,17 | 0,00 | 0,00 | 88,0 | 0,00 |
| 2 | N ₄₀ P ₄₀ | 1,31 | -0,02 | 1,5 | 1,15 | -0,02 | 1,7 | 87,8 | -0,2 |
| 3 | N ₄₀ K ₂₀ | 1,35 | +0,02 | 1,5 | 1,18 | +0,01 | 0,85 | 87,4 | -0,6 |
| 4 | P ₄₀ K ₂₀ | 1,34 | +0,01 | 0,75 | 1,19 | +0,02 | 1,7 | 88,8 | +0,8 |
| 5 | N ₄₀ P ₄₀ K ₂₀ | 1,29 | -0,04 | 3,00 | 1,15 | -0,02 | 1,7 | 89,1 | +1,1 |
| 6 | N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀ | 1,38 | +0,05 | 3,76 | 1,20 | +0,03 | 2,56 | 87,0 | -1,0 |
| 7 | N ₂₀ P ₂₀ K ₁₀ | 1,28 | -0,05 | 3,76 | 1,08 | -0,09 | 7,69 | 84,4 | -3,6 |
| 8 | N ₈₀ P ₄₀ K ₂₀ | 1,32 | -0,01 | 0,75 | 1,17 | 0,00 | 0,00 | 88,6 | +0,6 |
| 9 | N ₄₀ P ₈₀ K ₂₀ | 1,31 | -0,02 | 1,5 | 1,14 | -0,03 | 2,56 | 87,0 | -1,0 |
| 10 | N ₈₀ P ₂₆₀ K ₁₄₀ | 1,36 | +0,03 | 2,26 | 1,24 | +0,07 | 5,98 | 91,2 | +3,2 |
| Средняя по опыту | | 1,327 | - | - | 1,167 | - | - | 88,1 | - |
| Средняя по удобренным фонам | | 1,327 | -0,003 | 0,22 | 1,167 | -0,003 | 0,25 | 88,1 | +0,1 |

Таблица 25 – Высота растений и длина колоса яровой твердой пшеницы
(средние за 2006, 2008-2010 гг.)

| № п/п | Доза удобрения кг. д.в на 1 га | Высота растений, см | ±к контролю | | Длина ко- лоса, см | ±к контролю | |
|----------------------------------|---|---------------------------|-------------|------|--------------------------|-------------|------|
| | | | ед. | % | | ед. | % |
| 1 | Контроль | 66 | 0,00 | 0,00 | 5,0 | 0,00 | 0,00 |
| 2 | N ₄₀ P ₄₀ | 72 | +6 | 9,1 | 5,4 | +0,4 | 8,0 |
| 3 | N ₄₀ K ₂₀ | 68 | +2 | 3,0 | 5,3 | +0,3 | 6,0 |
| 4 | P ₄₀ K ₂₀ | 70 | +4 | 6,1 | 5,5 | +0,5 | 10,0 |
| 5 | N ₄₀ P ₄₀ K ₂₀ | 71 | +5 | 7,6 | 5,6 | +0,6 | 12,0 |
| 6 | N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀ | 73 | +7 | 10,6 | 5,3 | +0,3 | 6,0 |
| 7 | N ₂₀ P ₂₀ K ₁₀ | 72 | +6 | 9,1 | 5,4 | +0,4 | 8,0 |
| 8 | N ₈₀ P ₄₀ K ₂₀ | 69 | +3 | 4,5 | 5,5 | +0,5 | 10,0 |
| 9 | N ₄₀ P ₈₀ K ₂₀ | 73 | +7 | 10,6 | 5,7 | +0,7 | 14,0 |
| 10 | N ₈₀ P ₂₆₀ K ₁₄₀ | 71 | +5 | 7,6 | 5,7 | +0,7 | 14,0 |
| Среднее по опыту | | 70,5 | - | - | 5,44 | - | - |
| Средняя по удобренным фо- нам | | 71,0 | +5,0 | 7,9 | 5,48 | +0,48 | 9,6 |

Таблица 26 – Продуктивность колоса яровой твердой пшеницы на разных
фонах минерального питания (средняя за 2006, 2008-2010 гг.)

| № п/п | Доза удобре- ния кг. д.в на 1 га | Число зерен в колосе, шт. | ±к контролю | | Масса 1000 зе- рен, г | ±к контролю | | Масса зер- на с 1 ко- лоса, г | ±к контролю | |
|----------------------------------|---|------------------------------------|----------------|------|--------------------------------|-------------|------|--|----------------|------|
| | | | ед. | % | | ед. | % | | г | % |
| 1 | Контроль | 18 | 0,00 | 0,00 | 32,77 | 0,00 | 0,00 | 0,64 | 0,00 | 0,00 |
| 2 | N ₄₀ P ₄₀ | 20 | +2 | 11,1 | 33,88 | +1,11 | 3,4 | 0,75 | +0,11 | 17,2 |
| 3 | N ₄₀ K ₂₀ | 20 | +2 | 11,1 | 33,03 | +0,26 | 0,8 | 0,72 | +0,08 | 12,5 |
| 4 | P ₄₀ K ₂₀ | 20 | +2 | 11,1 | 33,84 | +1,07 | 3,3 | 0,74 | +0,10 | 15,6 |
| 5 | N ₄₀ P ₄₀ K ₂₀ | 21 | +3 | 16,7 | 34,83 | +2,06 | 6,3 | 0,79 | +0,15 | 23,4 |
| 6 | N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀ | 20 | +2 | 11,1 | 32,04 | -0,73 | 2,2 | 0,73 | +0,09 | 14,1 |
| 7 | N ₂₀ P ₂₀ K ₁₀ | 19 | +1 | 5,6 | 35,98 | +3,21 | 9,8 | 0,74 | +0,10 | 15,6 |
| 8 | N ₈₀ P ₄₀ K ₂₀ | 19 | +1 | 5,6 | 34,94 | +2,17 | 6,6 | 0,71 | +0,07 | 10,9 |
| 9 | N ₄₀ P ₈₀ K ₂₀ | 20 | +2 | 11,1 | 37,50 | +4,73 | 14,4 | 0,80 | +0,16 | 25,0 |
| 10 | N ₈₀ P ₂₆₀ K ₁₄₀ | 18 | ±0,00 | 0,00 | 34,52 | +1,75 | 5,3 | 0,68 | +0,04 | 6,2 |
| Средняя по опыту | | 19,5 | - | - | 34,33 | - | - | 0,724 | - | - |
| Средняя по удоб- ренным фонам | | 19,7 | +1,7 | 9,4 | 34,51 | +1,74 | +5,3 | 0,734 | 0,094 | 14,7 |

Таблица 27 – Выход зерна из урожая, отношение зерна к соломе и масса соломы яровой твердой пшеницы на разных фонах минерального питания (средние за 2006, 2008-2010 гг.)

| № п/п | Доза удобрения кг. д.в на 1 га | Выход зерна из урожая, % | ± к контролю, % | Отношение зерна к соломе, ед. | ± к контролю | | Масса со- ломы с 1 кв. м, г | ± к контролю | |
|----------------------------------|---|-----------------------------------|-----------------------|--|-----------------|------|--------------------------------------|-----------------|------|
| | | | | | ед. | % | | г | % |
| 1 | Контроль | 26,0 | 0,0 | 0,36 | 0,00 | 0,00 | 239,9 | 0,00 | 0,00 |
| 2 | N ₄₀ P ₄₀ | 27,7 | +1,3 | 0,40 | +0,04 | 11,1 | 291,7 | +51,8 | 21,6 |
| 3 | N ₄₀ K ₂₀ | 27,0 | +1,0 | 0,39 | +0,03 | 8,3 | 276,7 | +36,8 | 15,3 |
| 4 | P ₄₀ K ₂₀ | 26,9 | +0,9 | 0,40 | +0,04 | 11,1 | 304,2 | +64,3 | 26,8 |
| 5 | N ₄₀ P ₄₀ K ₂₀ | 27,3 | +1,3 | 0,40 | +0,04 | 11,1 | 297,9 | +58,0 | 24,2 |
| 6 | N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀ | 23,8 | -2,2 | 0,33 | -0,03 | 8,3 | 319,0 | +79,1 | 33,0 |
| 7 | N ₂₀ P ₂₀ K ₁₀ | 26,1 | +0,1 | 0,37 | +0,01 | 2,8 | 287,1 | +47,2 | 19,7 |
| 8 | N ₈₀ P ₄₀ K ₂₀ | 28,9 | +2,9 | 0,42 | +0,06 | 16,7 | 253,1 | +13,2 | 5,5 |
| 9 | N ₄₀ P ₈₀ K ₂₀ | 26,9 | +0,9 | 0,40 | +0,04 | 11,1 | 290,8 | +50,9 | 21,2 |
| 10 | N ₈₀ P ₂₆₀ K ₁₄₀ | 25,3 | -0,7 | 0,36 | ±0,00 | 0,00 | 288,8 | +48,9 | 20,4 |
| Средний по опыту | | 26,55 | - | 0,383 | - | - | 284,9 | - | - |
| Средний по удоб- ренным фонам | | 26,61 | +0,61 | 0,385 | +0,018 | 7,0 | 289,9 | +50,0 | 20,8 |

Таблица 28 – Объемная масса (натура) зерна яровой твердой пшеницы при выращивании на фоне разных доз удобрений

| № п/п | Доза удобрения, кг д.в. на 1 га | Объемная масса, г/л по годам | | | | Среднее за 4 года, г/л | Вероятность класса, случаев / % | | |
|---|---|---------------------------------|---------|---------|---------|------------------------------|------------------------------------|---------|--------|
| | | 2006 г. | 2008 г. | 2009 г. | 2010 г. | | 1 | 2 | 3 |
| 1 | Контроль | 780 | 765 | 769 | 761 | 769 | 1/25,0 | 3/75,0 | - |
| 2 | N ₄₀ P ₄₀ | 784 | 769 | 786 | 770 | 777 | 3/75,0 | 1/25,0 | - |
| 3 | N ₄₀ K ₂₀ | 783 | 768 | 744 | 764 | 765 | 1/25,0 | 2/50,0 | 1/25,0 |
| 4 | P ₄₀ K ₂₀ | 786 | 768 | 769 | 768 | 773 | 1/25,0 | 3/75,0 | - |
| 5 | N ₄₀ P ₄₀ K ₂₀ | 786 | 773 | 787 | 770 | 779 | 4/100 | - | - |
| 6 | N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀ | 783 | 768 | 759 | 766 | 769 | 1/25,0 | 3/75,0 | - |
| 7 | N ₂₀ P ₂₀ K ₁₀ | 788 | 768 | 746 | 764 | 767 | 1/25,0 | 3/75,0 | - |
| 8 | N ₈₀ P ₄₀ K ₂₀ | 787 | 766 | 778 | 764 | 774 | 2/50,0 | 2/50,0 | - |
| 9 | N ₄₀ P ₈₀ K ₂₀ | 783 | 767 | 753 | 764 | 767 | 1/25,0 | 3/75,0 | - |
| 10 | N ₈₀ P ₂₆₀ K ₁₄₀ | 785 | 767 | 780 | 763 | 774 | 1/25,0 | 3/75,0 | - |
| Средняя по опыту | | 781 | 768 | 765 | 765 | 770 | - | - | - |
| Всего по классам, число случаев / % случаев | 1 | 10/100 | 1/10,0 | 3/30,0 | 2/20,0 | 16/40,0 | 16/40,0 | - | - |
| | 2 | - | 9/90,0 | 6/60,0 | 8/80,0 | 23/57,5 | - | 23/57,5 | - |
| | 3 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | 4 | - | - | 1/10,0 | - | 1/2,5 | - | - | 1/2,5 |
| Итого всего | | - | 10/100 | 10/100 | 10/100 | 40/100 | 16/40,0 | 23/57,5 | 1/2,5 |

Таблица 29 – Стекловидность зерна яровой твердой пшеницы при выращивании на фоне различных доз минеральных удобрений

| № п/п | Доза удобрения, кг д.в. на 1 га | Стекловидность, % по годам | | | | Среднее за 4 года, % | Вероятность класса, число лет / % лет | | |
|---|---|----------------------------|---------|---------|---------|----------------------|---------------------------------------|---------|--------|
| | | 2006 г. | 2008 г. | 2009 г. | 2010 г. | | 1 | 2 | 3 |
| 1 | Контроль | 88 | 82 | 92 | 86 | 87 | 3/75,0 | - | 1/25,0 |
| 2 | N ₄₀ P ₄₀ | 96 | 93 | 91 | 95 | 94 | 4/100 | - | - |
| 3 | N ₄₀ K ₂₀ | 94 | 88 | 93 | 90 | 91 | 4/100 | - | - |
| 4 | P ₄₀ K ₂₀ | 90 | 84 | 93 | 92 | 90 | 3/75,0 | - | 1/25,0 |
| 5 | N ₄₀ P ₄₀ K ₂₀ | 95 | 92 | 90 | 95 | 93 | 4/100 | - | - |
| 6 | N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀ | 96 | 91 | 92 | 90 | 92 | 4/100 | - | - |
| 7 | N ₂₀ P ₂₀ K ₁₀ | 96 | 91 | 92 | 91 | 92 | 4/100 | - | - |
| 8 | N ₈₀ P ₄₀ K ₂₀ | 95 | 92 | 92 | 91 | 92 | 4/100 | - | - |
| 9 | N ₄₀ P ₈₀ K ₂₀ | 93 | 89 | 90 | 90 | 90 | 4/100 | - | - |
| 10 | N ₈₀ P ₂₆₀ K ₁₄₀ | 94 | 93 | 91 | 92 | 92 | 4/100 | - | - |
| Средняя по опыту | | 94 | 89 | 92 | 91 | 91 | - | - | - |
| Всего по классам, число случаев / % случаев | 1 | 10/100 | 8/80,0 | 10/100 | 10/100 | 38/95,0 | 16/40,0 | 38/95,0 | - |
| | 2 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | 3 | - | 2/20,0 | - | - | 2/5,0 | - | - | 2/5,0 |
| Итого всего | | - | 10/100 | 10/100 | 10/100 | 40/100 | 16/40,0 | 38/95,0 | 2/5,0 |

Таблица 31 – Содержание клейковины в зерне яровой твердой пшеницы при выращивании на фоне различных доз минеральных удобрений

| № п/п | Доза удобрения, кг д.в. на 1 га | Сырая клейковина, % по годам | | | | Среднее за 4 года, % | Вероятность класса, число лет / % лет | | |
|---|---|------------------------------|---------|---------|---------|----------------------|---------------------------------------|---------|--------|
| | | 2006 г. | 2008 г. | 2009 г. | 2010 г. | | 1 | 2 | 3 |
| 1 | Контроль | 24,5 | 23,0 | 29,0 | 24,5 | 25,2 | 1/25,0 | - | 3/75,0 |
| 2 | N ₄₀ P ₄₀ | 30,0 | 26,0 | 32,0 | 28,5 | 29,1 | 3/75,0 | 1/25,0 | - |
| 3 | N ₄₀ K ₂₀ | 27,0 | 27,0 | 31,0 | 28,0 | 28,2 | 2/50,0 | - | 2/50,0 |
| 4 | P ₄₀ K ₂₀ | 25,0 | 24,5 | 32,0 | 28,0 | 27,4 | 2/50,0 | 1/25,0 | 1/25,0 |
| 5 | N ₄₀ P ₄₀ K ₂₀ | 29,5 | 26,0 | 31,5 | 28,5 | 28,9 | 3/75,0 | 1/25,0 | - |
| 6 | N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀ | 28,0 | 26,0 | 33,0 | 27,0 | 28,5 | 2/50,0 | 2/50,0 | - |
| 7 | N ₂₀ P ₂₀ K ₁₀ | 28,5 | 26,0 | 31,5 | 28,5 | 28,6 | 3/75,0 | 1/25,0 | - |
| 8 | N ₈₀ P ₄₀ K ₂₀ | 29,5 | 26,0 | 32,0 | 27,0 | 28,6 | 2/50,0 | 2/50,0 | - |
| 9 | N ₄₀ P ₈₀ K ₂₀ | 27,0 | 26,5 | 32,0 | 29,0 | 28,6 | 2/50,0 | 2/50,0 | - |
| 10 | N ₈₀ P ₂₆₀ K ₁₄₀ | 28,5 | 26,0 | 31,5 | 30,5 | 29,1 | 3/75,0 | 1/25,0 | - |
| Средняя по опыту | | 27,7 | 25,7 | 31,5 | 27,9 | 28,2 | - | - | - |
| Всего по классам, число случаев / % случаев | 1 | 6/60,0 | - | 10/100 | 7/70,0 | 23/57,5 | 23/57,5 | - | - |
| | 2 | 2/20,0 | 7/70,0 | - | 2/20,0 | 11/27,5 | - | 11/27,5 | - |
| | 3 | 2/20,0 | 3/30,0 | - | 1/10,0 | 6/15,0 | - | - | 6/15,0 |
| Итого всего | | - | 10/100 | 10/100 | 10/100 | 40/100 | 23/57,5 | 11/27,5 | 6/15,0 |

Таблица 31 – Качество клейковины яровой твердой пшеницы на фоне различных доз минеральных удобрений

| № п/п | Доза удобрения, кг д.в. на 1 га | Качество клейковины, ед. ИДК-1 по годам | | | | Среднее за 4 года | Вероятность класса по группам, число лет / % лет | | |
|---|---|---|---------|---------|---------|-------------------|--|-------|------|
| | | 2006 г. | 2008 г. | 2009 г. | 2010 г. | | II | III | н/кл |
| 1 | Контроль | 95,0 | 102 | 105 | 100 | 100,5 | 3/75,0 | 1/2,5 | - |
| 2 | N ₄₀ P ₄₀ | 87,5 | 102 | 98,0 | 95,0 | 95,6 | 4/100 | - | - |
| 3 | N ₄₀ K ₂₀ | 97,5 | 102 | 98,0 | 95,0 | 98,1 | 4/100 | - | - |
| 4 | P ₄₀ K ₂₀ | 97,5 | 97,5 | 98,0 | 92,0 | 96,2 | 4/100 | - | - |
| 5 | N ₄₀ P ₄₀ K ₂₀ | 87,5 | 97,5 | 100 | 95,0 | 95,0 | 4/100 | - | - |
| 6 | N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀ | 95,0 | 100 | 98,0 | 95,0 | 96,5 | 4/100 | - | - |
| 7 | N ₂₀ P ₂₀ K ₁₀ | 92,5 | 97,5 | 98,0 | 98,0 | 96,5 | 4/100 | - | - |
| 8 | N ₈₀ P ₄₀ K ₂₀ | 90,0 | 102 | 103 | 95,0 | 98,0 | 4/100 | - | - |
| 9 | N ₄₀ P ₈₀ K ₂₀ | 95,0 | 100 | 100 | 98,0 | 98,2 | 4/100 | - | - |
| 10 | N ₈₀ P ₂₆₀ K ₁₄₀ | 92,5 | 102 | 102 | 98,0 | 98,6 | 4/100 | - | - |
| Среднее по опыту | | 93,0 | 100,2 | 99,9 | 96,1 | 97,3 | 39/97,5 | - | - |
| Всего по классам, число случаев / % случаев | 1 | 10/100 | 10/100 | 9/90,0 | 10/100 | - | 39/97,5 | - | - |
| | 2-4 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | 3 | - | - | 1/10,0 | - | - | - | 1/2,5 | - |
| Итого всего | | - | 10/100 | 10/100 | 10/100 | - | 39/97,5 | 1/2,5 | - |