

На правах рукописи

КВАШИН АЛЕКСАНДР АЛЕКСЕЕВИЧ

**ПОВЫШЕНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ АГРОЦЕНОЗОВ И
ВОСПРОИЗВОДСТВО ПЛОДОРОДИЯ ЧЕРНОЗЕМА
ОБЫКНОВЕННОГО ЗАПАДНОГО
ПРЕДКАВКАЗЬЯ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ПРИМЕНЕНИИ
МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ**

Специальность: 06.01.04 – агрохимия
06.01.01 – общее земледелие

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
доктора сельскохозяйственных наук

Краснодар – 2011

Работа выполнена в ГНУ «Северокубанская сельскохозяйственная опытная станция» Краснодарского НИИСХ Россельхозакадемии в 1999-2006 гг.

Научный консультант: Малюга Николай Григорьевич

доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Официальные оппоненты:

Шеуджен Асхад Хазретович

доктор биологических наук,
профессор, член-Корреспондент РАСХН

Петрова Людмила Николаевна

доктор сельскохозяйственных наук,
профессор, академик РАСХН

Агафонов Евгений Васильевич

доктор сельскохозяйственных
наук, профессор

Ведущая организация:

ГНУ Всероссийский
научно-исследовательский институт
масличных культур имени В.С. Пустов
Россельхозакадемии

Защита состоится «24» ноября 2011 г. в 9 часов на заседании диссертационного совета Д 220.038.03 в ФГОУ ВПО «Кубанский государственный аграрный университет» по адресу: 350044 г. Краснодар, ул. Калин 13, тел/факс (8-861) 221-57-93

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Кубанского государственного аграрного университета и на сайте университета <http://www.kubsau.ru>.

Автореферат разослан «___» _____ 2011 г.

Ученый секретарь

диссертационного совета,
доктор биологических наук, профессор

Цаценко Л.В.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Краснодарский край является ведущим регионом по производству зерна озимой пшеницы и семян подсолнечника. Здесь размещается более 1 млн. га посевов озимой пшеницы и около 0,5 млн. га подсолнечника, в том числе в зоне неустойчивого увлажнения на обыкновенном черноземе Западного Предкавказья – около 600 тыс. га озимой пшеницы и более 290 тыс. га подсолнечника.

В процессе сельскохозяйственного использования чернозема обыкновенного происходит деградация почвы, что ведет к снижению продуктивности агроэкосистем и ослаблению устойчивости урожаев полевых культур. В связи с этим необходим поиск агроприемов, позволяющих сохранить и приумножить плодородие почвы и повысить продуктивность пашни, а также эффективность различных систем удобрения, применяемых с целью оптимизации продуктивности и стабилизации урожаев важнейших зерновых и технических культур.

Имеется объективная необходимость уточнения приемов применения минеральных удобрений с целью повышения их эффективности в различных видах севооборотов с учетом прямого действия и последействия удобрений, а также поддержания уровня плодородия почвы в соответствии с потребностями сельскохозяйственных культур. Позитивное решение этой проблемы является чрезвычайно актуальным и важным для народного хозяйства.

Цель и задачи исследований. Цель работы – Обосновать приемы повышения продуктивности озимой пшеницы и подсолнечника и сохранение эффективного плодородия чернозема обыкновенного Западного Предкавказья при длительном применении удобрений в различных севооборотах.

В соответствии с поставленной целью решались следующие задачи:

- изучить особенности азотного, фосфорного и калийного режимов почвы при длительном применении удобрений в севообороте;
- установить роль предшественников и различных систем удобрений в севообороте на накопление и эффективное использование доступной влаги растениями озимой пшеницы и подсолнечника;
- уточнить потребление и вынос основных элементов питания изучаемыми культурами в севообороте;
- выявить особенности роста, развития и формирование продуктивности озимой пшеницы и подсолнечника при различных системах удобрения в севообороте;
- определить влияние длительного использования удобрений в севообороте на продуктивность и качество зерна озимой пшеницы и семян подсолнечника;
- дать экономическую и биоэнергетическую оценку эффективности длительного использования удобрений озимой пшеницы и подсолнечника.

Научная новизна заключается в том, что впервые в стационарном длительном опыте в условиях недостаточного увлажнения изучено комплексное влияние экологических факторов и агротехнических приемов (севооборо-

та, предшественника и различных систем удобрения) на продуктивность сортов озимой пшеницы и гибрида подсолнечника, а также эффективное плодородие чернозема обыкновенного Западного Предкавказья.

Впервые в зависимости от видов севооборота и предшественника установлены нормы и состав удобрений, обеспечивающие высокую продуктивность озимой пшеницы и подсолнечника и сохранение эффективного плодородия чернозема обыкновенного, уточнен потенциал продуктивности пашни на не удобренном фоне.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Продуктивность озимой пшеницы и подсолнечника при различных системах удобрений в зернопропашном и зернотравяно-пропашном севооборотах.

2. Динамика потребления и выноса азота, фосфора и калия основными полевыми культурами в зависимости от используемых агроприемов.

3. Изменение эффективного плодородия чернозема обыкновенного при длительном применении минеральных удобрений в изучаемых севооборотах.

4. Биоэнергетическая и экономическая эффективность применения удобрений в севооборотах под озимую пшеницу и подсолнечник.

Практическую значимость работы представляют результаты многолетних исследований, позволяющие рекомендовать сельскохозяйственному производству экономически и энергетически обоснованные системы удобрения при возделывании озимой пшеницы и подсолнечника, предусматривающие экономически оправданный уровень урожайности соответственно финансово-экономического, организационно-технического уровня хозяйства и почвенно-климатических условий.

Реализация результатов исследований. Положения и выводы по результатам исследований использованы в «Системах земледелия Краснодарского края» (методические рекомендации, Краснодар, 2009), рекомендациях «Системы удобрения основных полевых культур» (Краснодар, 2004), «Агроэкологический мониторинг в Земледелии Краснодарского края», 2007), при разработке краевой программы «Плодородие», в ежегодных рекомендациях по агротехническим мероприятиям выполнения полевых работ в Краснодарском крае (2003-2010 гг.)

Производственная проверка разработанных технологических приемов возделывания озимой пшеницы по различным предшественникам, а также подсолнечника проводилась в ОАО им. Ильича Ленинградского района, СПК (колхоз) «Знамя Ленина» Щербиновского района, ОАО «Нива Кубани» Брюховецкого района. Внедрение научных разработок осуществлялось в 2002-2009 гг.

Озимая пшеница по предлагаемым технологиям в крае возделывалась на площади 370 тыс. га, подсолнечник – на 52 тыс.га. За счет повышения урожайности этих культур общий экономический эффект получен в сумме 480 млн. руб.

Апробация работы. Материалы диссертационной работы докладывались на ежегодных совещаниях-семинарах руководителей и специалистов хозяйств Краснодарского края по вопросам технологии возделывания и ухода за посевами озимых и яровых культур, при подготовке сборника «Агроэкологический мониторинг в земледелии Краснодарского края» (Краснодар, 2002), при разработке систем земледелия в различных агроландшафтах Краснодарского края (Краснодар, 2008), а также на международной научно-практической конференции «Пути повышения и стабилизации производства высококачественного зерна» (Краснодар, 2002), международной научно-практической конференции 6–9 февраля 2007 г. «Инновационные пути развития АПК–магистральное направление научных исследований для сельского хозяйства» (п. Персиановский, 2007 г.).

Публикация в печати. По материалам диссертации опубликованы 44 научные работы, в том числе 20 работ в изданиях, рекомендованных ВАК.

Структура и объем диссертации. Диссертация изложена на 636 страницах компьютерного текста и состоит из введения, 8 глав, выводов и предложений производству. Включает 17 рисунков, 129 таблиц и 82 приложений. Список используемой литературы насчитывает 651 наименование, в том числе 59 – иностранных авторов.

Автор признателен и выражает благодарность профессору Н.Г. Малюге за разработку программы стационара и консультирование данной работы, доктору с.-х. наук С.И. Баршадской и коллективам отдела земледелия Северо-Кубанской с.-х. опытной станции и кафедры растениеводства КубГАУ за помощь в проведении НИР и обработку экспериментального материала.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1. ВЛИЯНИЕ СИСТЕМЫ УДОБРЕНИЯ И ПРЕДШЕСТВЕННИКОВ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ И ПОДСОЛНЕЧНИКА (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

На основе анализа научной литературы рассмотрено состояние изученности влияния отдельных элементов технологии: севооборота, предшественника и систем удобрения на плодородие почв, рост, развитие и продуктивность озимой пшеницы и подсолнечника в различных почвенно-климатических условиях РФ, а также в ближнем и дальнем зарубежье. Обсуждаются вопросы биологизации технологий возделывания культур, возможность повышения эффективности удобрений для получения высококачественной конкурентно способной продукции при одновременном сохранении плодородия почвы и окружающей среды.

2. УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились в 1999–2006 гг. в третьей ротации 10-ти полных севооборотов многофакторного стационарного опыта Северокубанской сельскохозяйственной опытной станции, расположенной в северной,

недостаточного увлажнения, зоне края на черноземе обыкновенном Западного Предкавказья (№ государственной регистрации 01.2001.15507).

Климат умеренно-континентальный с гидротермическим коэффициентом 0,85–0,90. Среднегодовое количество осадков – 569 мм, среднегодовая температура воздуха 10,9°C. Сумма положительных температур выше 10°C составляет 3200–3400°C.

Распределение осадков крайне неравномерное. Анализ данных метеонаблюдений за 30-летний период показал, что за теплый период (апрель–октябрь) выпадает от 198,3 до 692,6 мм, что соответствует 49,4–82,0% среднегодового количества. За годы исследований (1999–2006) при количестве осадков за сельскохозяйственный год 499,2–764,2 мм 278–598,6 мм 44,4–77,1% выпало за теплый период года. Небольшое количество осадков в допосевной и послепосевной периоды в сочетании с высокой температурой воздуха, как правило, сдерживали появление всходов осенью и последующее развитие растений озимой пшеницы.

Почва – чернозем обыкновенный, мощный, малогумусный, тяжелосуглинистый на лессовидном суглинке. Содержание гумуса в пахотном (0 – 30 см) слое почвы на начало проведения опытов 1999 г. составило 3,88 – 3,93%, общего азота – 0,18–0,22%, валового фосфора – 0,16–0,22%, калия – 1,7–2,0%. Обеспеченность подвижными формами азота – 0,18–17,4 мг/кг почвы, фосфора – 10,2–47,9, калия – 345–380 мг/кг почвы. Реакция почвенного раствора слабощелочная (рН 7,99–8,02).

Опыт развернут одновременно в двух десятипольных севооборотах – зернопропашном (ЗП) и зернотравяно-пропашном (ЗТП). В структуре посевных площадей озимая пшеница занимает 40%, подсолнечник – 10%. В севооборотах предусмотрено следующее чередование культур в зернопропашном севообороте; 1 – кукуруза на зерно, 2- озимая пшеница, 3 – озимая пшеница, 4 – сахарная свекла, 5 – озимая пшеница, 6 – кукуруза на зерно, 7 – горох, 8 – озимая пшеница, 9 – подсолнечник, 10 – яровой ячмень; в ЗТП севообороте в поле 10 – яровой ячмень с подсевом эспарцета, в поле 1 – эспарцет, а на остальных полях – такие же культуры, как в ЗП севообороте.

Схема опыта представлена восемью вариантами, условно обозначенными: 1 – без удобрений (контроль); 2 – средняя доза РК; 3 – средняя доза НК; 4 – средняя доза NP; 5 – минимальная доза NPK; 6 – средняя доза NPK; 7 – повышенная доза NPK; 8 – высокая доза NPK (таблицы 1–2).

Общая площадь делянки озимой пшеницы и подсолнечника 190,4 м² (5,6 м × 34 м), учетная – 108 м² (3,6 м × 30 м), у подсолнечника – 126 м² (4,2 м × 30 м). Повторность четырехкратная. Расположение делянок систематическое. Удобрения в полной дозе вносили под основную обработку почвы. В вариантах 7 и 8 50% азота использовали под основную обработку, вторую половину – в подкормку рано весной.

Агротехника возделывания озимой пшеницы и подсолнечника общепринятая. В опыте использовались районированные для данной почвенно-климатической зоны сорта Лира, Краснодарская 99 и гибрид Арена. Наблюдения, учеты и анализы проводились по общепринятым методикам.

Таблица 1 – Схема внесения удобрений под озимую пшеницу, СКСХОС, 1999-2006 гг.

Вариант	Удобрения по предшественникам, кг/га д. в.				
	эспар- цет	кукуруза	сахарная свекла	озимая пшеница	горох
Без удобрений (к)	0	0	0	0	0
Средняя доза РК	P ₄₀	P ₆₀ K ₆₀	P ₆₀ K ₆₀	P ₆₀ K ₆₀	P ₄₀
Средняя доза НК	N ₂₀	N ₆₀ K ₆₀	N ₄₀ K ₆₀	N ₆₀ K ₆₀	N ₂₀
Средняя доза NP	N ₂₀ P ₄₀	N ₆₀ P ₆₀	N ₄₀ P ₆₀	N ₆₀ P ₆₀	N ₂₀ P ₄₀
Минимальная доза NPK	N ₁₀ P ₂₀	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	N ₂₀ P ₃₀ K ₃₀	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	N ₁₀ P ₂₀
Средняя доза NPK	N ₂₀ P ₄₀	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	N ₄₀ P ₆₀ K ₆₀	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	N ₂₀ P ₄₀
Повышенная доза NPK	N ₂₀ P ₄₀ + N ₂₀	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + N ₆₀	N ₄₀ P ₆₀ K ₆₀ + N ₄₀	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + N ₆₀	N ₂₀ P ₄₀ + N ₂₀
Высокая доза NPK	N ₂₀ P ₈₀ + N ₂₀	N ₆₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ + N ₆₀	N ₄₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ + N ₄₀	N ₆₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ + N ₆₀	N ₂₀ P ₈₀ + N ₂₀

Примечание: Дозы удобрений под озимую пшеницу по предшественникам в ЗП и ЗТП севооборотах идентичны. Удобрения в вариантах 2-6 вносились под основную обработку, в вариантах 7 и 8 под основную обработку и в подкормку.

Таблица 2 – Схема внесения удобрений под подсолнечник, кг/га д.в.

Вариант	Всего	В т.ч. элементов питания		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Без удобрений - контроль	0	0	0	0
Средняя доза P	60	0	60	0
Средняя доза N	40	40	0	0
Средняя доза NP	100	40	60	0
Минимальная доза NP	50	20	30	0
Средняя доза NP	100	40	60	0
Повышенная доза NP	140	80	60	0
Высокая доза NP	200	80	120	0

Примечание: Дозы удобрений под подсолнечник в ЗП и ЗТП севооборотах идентичны. Удобрения в вариантах 2-6 вносились под основную обработку, в вариантах 7 и 8 под основную обработку и весной до посева.

Растительные и почвенные образцы отбирали в основные фазы развития растений. Содержание основных элементов питания в растениях определяли методом ускоренного мокрого озоления: азот по методу Кельдаля, фосфор – колориметрически (с хлористым оловом), калий – на пламенном фотометре. Технологическое качество зерна определяли в лаборатории Краснодарского НИИСХ им. П.П. Лукьяненко, содержание жира в семенах подсолнечника –

методом ядерно-магнитного резонанса в лаборатории отдела биохимии ВНИИМК им. В.С. Пустовойта.

В почвенных образцах содержание нитратного и аммонийного азота проводилось соответственно ГОСТу 26489-85, 26951-86, подвижных фосфатов и обменного калия – по методике Мачигина (ГОСТ 26205-84).

Фенологические наблюдения, густоту стояния и биометрические показатели растений накопление сырой и сухой массы – определяли по методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1971, 1972) и в соответствии с «Рекомендациями по методике проведения наблюдений и исследований в полевом опыте» (1975). Показатели фотосинтетической деятельности растений в посевах: площадь листовой поверхности, фотосинтетический потенциал, продуктивность работы листьев - рассчитывали по методике А.А. Ничипоровича (1977), коэффициент водопотребления – по методике И.С. Шатилова (1986).

Влажность почвы измеряли термостатно-весовым методом в двухметровом слое почвы в основные фазы вегетации культур.

Структуру урожая озимой пшеницы определяли по «Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур» (1972); подсолнечника – по методике ВНИИМК им. В.С. Пустовойта. Учет урожая обеих культур проводили в фазу полной спелости, после комбайновой уборки.

Урожайность культур пересчитывали на 100%-ную чистоту и стандартную влажность зерна озимой пшеницы – 14%, семян подсолнечника – 12%.

Математическая обработка экспериментальных данных проводилась методом множественного регрессионного и дисперсионного анализа в вычислительном центре КубГАУ (Доспехов, 1965; Адлер и др., 1976; Дрейнер, 1986).

Экономическую эффективность изучаемых систем удобрения и других приемов рассчитывали в соответствии с рекомендациями по определению экономической эффективности использования научных разработок в земледелии (1986), биоэнергетическая оценка – по методике КубГАУ (1995).

3. РОЛЬ ПРЕДШЕСТВЕННИКОВ И СИСТЕМЫ УДОБРЕНИЯ В НАКОПЛЕНИИ И ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПРОДУКТИВНОЙ ВЛАГИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЕЙ И ПОДСОЛНЕЧНИКОМ

3.1 Влияние агротехнических приемов возделывания озимой пшеницы на эффективность накопления и использования влаги в почве

Наличие влаги в почве нередко определяет уровень урожайности культур, особенно в зоне недостаточного увлажнения. Одним из способов регулирования этого фактора является чередование культур в севообороте, которое способствует накоплению ее в почве и продуктивному использованию.

Вопросам водного режима чернозема обыкновенного большое внимание уделяли Е. С. Блажний, 1958; А. И. Носатовский, 1965; Н. Н. Бородин, 1967; И. М. Шапашникова, 1975; Б. И. Тарасенко; Н.Г. Малюга, 1992. Однако

приемы накопления и эффективного потребления влаги в зависимости от вида севооборота, предшественника и системы удобрения недостаточно изучены в длительных стационарных опытах.

Проведенные нами наблюдения за динамикой накопления и использования продуктивной влаги в слое почвы 0 – 200 см показали, что после уборки культур севооборота остается различное ее количество, наибольшее – 87,9 мм в зернотравяно-пропашном севообороте, обеспечивающее на дату посева озимой пшеницы запасы в 176 мм и минимальные значения в зернопропашном севообороте после сахарной свеклы и кукурузы 124,9мм.

За годы проведенных исследований 28,5% лет отличались недостаточной влагообеспеченностью слоя почвы 0-30 см – 7,5-10,8 мм и 43,0% лет характеризовались оптимальными параметрами по содержанию влаги, что обеспечивало получение своевременных всходов.

Изуемые системы удобрения не оказывали существенного влияния на накопление влаги, но способствовали большему ее потреблению на формирование биологической массы и урожая.

Суммарное водопотребление озимой пшеницы за годы исследований составило по предшественнику эспарцет 3663 м³/га, по озимой пшенице – 3395 – 3871, по гороху – 3348 – 3393 м³/га. При этом следует отметить, что 58 – 59% общего потребления влаги происходило из слоя 0 – 100 см и 40 – 42% - из слоя 100 – 200 см.

На создание 1 т зерна на неудобренном фоне зернопропашного севооборота было потреблено 968 – 1618 м³ влаги, зернотравяно-пропашного – 745 – 1053 м³. Минимальными показатели водопотребления были по предшественнику эспарцет – 745 м³/т и по гороху – 725 – 968 т/га, максимальными – 1618 м³/га – по кукурузе. При внесении удобрений общий расход влаги изменялся мало. На удобренных вариантах имела место тенденция к его увеличению. Однако удобренные растения использовали влагу на создание единицы товарной продукции на 17,8-48,3 % более продуктивно.

3.2 Агротехнические приемы, повышающие эффективность использования влаги подсолнечником

Накопление влаги в почве предопределялось остаточным количеством после уборки предшествующей культуры и осадками осенне-зимнего периода. Остаточное количество продуктивной влаги после уборки озимой пшеницы, предшествующей подсолнечнику, составляло в метровом слое почвы соответственно севооборотам 101,7-105,6 мм, в двухметровом – 170,0 - 174,6 мм. На дату посева количество влаги за счет осадков возросло до 282 мм (слой 200 см) с варьированием по годам от 237 до 372мм. Суммарный расход влаги и эвако-транспирационный коэффициент определяли рост, развитие и продуктивность культуры (рисунок 1) от всходов до уборки подсолнечника.

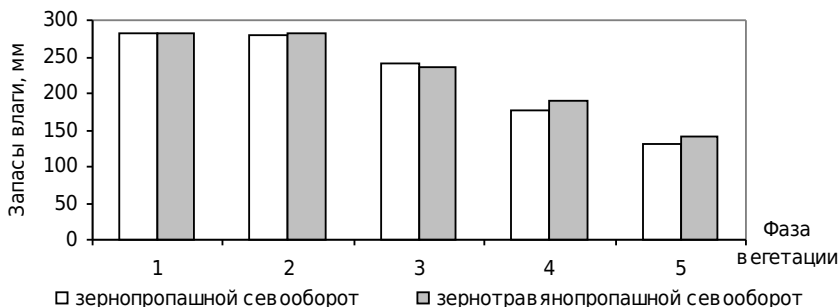


Рисунок 1 – Динамика содержания доступной влаги под посевом подсолнечника по фазам вегетации в зависимости от севооборота, мм (1 – посев, 2 - всходы, 3 – образование корзинки, 4 – цветение, 5 – полная спелость)

За период вегетации подсолнечника с единицы площади расходовалось 53 – 54% весенних запасов влаги, при суммарном водопотреблении с учетом выпадающих осадков 3192 – 3303 м³/га, в том числе на создание единицы товарной продукции, 1045–1378 и 1092–1291 м³/т соответственно вариантам опыта с интервалом по годам от 721– 2143 и 971–2152 м³/т. Минеральные удобрения снижали коэффициент водопотребления на 11,6-26,0%. Более высокий коэффициент водопотребления 1378-1291 м³/т был на контрольных вариантах, а также при внесении только фосфорных (P₆₀) и азотных (N₄₀) удобрений– 1215 и 1141 м³/т.

Проведенный дисперсионный анализ зависимости между содержанием продуктивной влаги в слое почвы 0 – 200 см и урожайностью подсолнечника показал их тесную прямую связь, при этом коэффициент корреляции составил 0,612±0,280 в зернопропашном и 0,661±0,261 – в зернотравяно-пропашном севообороте.

4. ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ В СЕВООБОРОТЕ НА ПОВЫШЕНИЕ ПОЧВЕННОГО ПЛОДОРОДИЯ ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО

4.1. Влияние вида севооборота, возделываемой культуры и системы удобрения на содержание и баланс гумуса

Положительное влияние удобрений на накопление общего гумуса определялось их высокой эффективностью в накоплении корневых и пожнивных остатков.

На систематически неободряемых контрольных вариантах возмещение в почву органического вещества растительных остатков культур севооборота в среднем за предыдущие ротации составило 3,2-5,6 т/га. Минеральные удобрения увеличивали количество растительных остатков на

19,1-44,6 %. Строгое чередование культур в севооборотах равномерное соответственно систем удобрения поступление органического вещества корневых и пожнивных остатков способствовало стабилизации содержания гумуса на уровне 3,76-3,98 и 3,79-4,01% (таблица 3).

Таблица 3 - Содержание гумуса в обыкновенном черноземе (2000-2006 гг.)

Вариант опыта	Содержание гумуса в слое 0-30 см, %	Прибавка гумуса, %
Исходное содержание гумуса, % (1979-1980 гг.)	3,86-3,88	
зернопропашной севооборот (1999-2006 гг.)		
Контроль, без удобрений	3,76	-0,12
Минимальная доза NPK	3,89	+0,01
Средняя доза NPK	3,96	-0,08
Повышенная доза NPK	3,98	+0,10
зернотравянопропашной севооборот		
Контроль, без удобрений	3,79	-0,09
Минимальная доза NPK	3,92	+0,04
Средняя доза NPK	3,99	+0,11
Повышенная доза NPK	4,01	+0,13

Вид севооборота и удобрения оказали различное влияние на накопление гумуса в слое почвы 0-30 см. За 27 лет проведенных исследований на варианте без применения удобрений этот показатель был ниже исходного уровня в начале закладки опыта. При ежегодном внесении удобрений в севообороте без трав имела место тенденция к некоторому повышению гумуса в пахотном слое почвы.

4.2. Агрохимические приемы, способствующие повышению эффективного плодородия почвы в посевах озимой пшеницы

Исследованиями установлено значительное различие в содержании основных элементов питания под озимой пшеницей, размещенной по различным предшественникам, поскольку естественный фон почвенного плодородия на неудобренных фонах складывается под влиянием растительных остатков культур севооборота, а на удобряемых – от сформировавшегося уровня плодородия посредством систематического внесения удобрений в течение предыдущих двух ротаций.

По уровню обеспеченности слоя почвы 0–90 см доступными формами азота предшественники располагались в следующей последовательности: эспарцет – 14,8 мг/ кг почвы; озимая пшеница – 11,8–12,8; горох – 10,8–12,5; сахарная свекла – 12,6–12,8; кукуруза – 9,9 мг/кг почвы. Удобрения увеличивали содержание N-NO₃ + N-NH₄ в среднем в зернопропашном севообороте на 0,9 – 39,1 %, в зернотравяно-пропашном – на 6,2 – 40,6%, с минимальными значениями при систематическом внесении только фосфорных и фосфорно-калийных удобрений (P₄₀, P₆₀K₆₀, P₆₀K₄₀), максимальными – при высоких дозах полного минерального удобрения (N₄₀P₈₀, N₈₀P₁₂₀K₈₀ и N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀).

Лучшие условия по азотному питанию складывались при наличии в составе удобрений средних и высоких доз азота (таблица 4).

Таблица 4 – Динамика содержания минерального азота в слое почвы 0-90 см под посевом озимой пшеницы по фазам вегетации в зависимости от севооборота и системы удобрения, мг/кг почвы (среднее по предшественникам за 2000-2006 гг.)

Система удобрения	Возобновле- ние весенней вегетации	Выход растений в трубку	Колоше- ние	Полная спелость
зернопропашной севооборот				
Без удобрений (контроль)	11,5	7,6	7,2	8,7
Средняя доза РК	11,6	7,9	7,7	8,7
Средняя доза НК	13,9	9,1	8,7	9,9
Средняя доза NP	14,0	9,0	8,4	9,0
Минимальная доза NPK	13,1	7,5	8,3	7,8
Средняя доза NPK	14,2	7,8	8,6	8,4
Высокая доза NPK	16,0	8,5	9,4	9,9
зернотравяно-пропашной севооборот				
Без удобрений (контроль)	12,8	7,3	7,4	9,8
Средняя доза РК	13,6	8,8	9,3	10,9
Средняя доза НК	15,7	8,5	8,5	10,0
Средняя доза NP	15,5	9,2	8,1	10,6
Минимальная доза NPK	13,7	7,3	8,0	10,3
Средняя доза NPK	16,5	7,8	8,4	11,3
Высокая доза NPK	18,0	8,9	8,7	10,4

К фазе колошения концентрация минерального азота снизилась до уровня 7,2-9,43 мг/кг почвы в зернопропашном и 7,4 – 9,3 – в зернотравяно-пропашном, или на 31,6 – 45,2% и 31,6–51,7%, в том числе на естественном агрохимическом фоне контрольных вариантов на 37,4 и 51,7%.

Динамика подвижных фосфатов и обменного калия в пахотном слое почвы (0-30 см) находилась в меньшей зависимости от предшественника, но значительно изменялась под влиянием удобрений (таблица 5).

Низким было содержание подвижного фосфора на неудобренных вариантах 10,0–13,3 и 9,9–12,5 мг/кг почвы. При длительном возделывании культур и систематическом, в том числе и под озимую пшеницу, исключении из состава удобрений фосфора оно так же было не высоко (11,1–14,4 и 10,6–14,0 мг/кг почвы). Внесение полного минерального удобрения в средних, повышенных и высоких дозах увеличивало содержание P_2O_5 в сравнении с контрольным вариантом на 16,9–31,1 и 17,0–38,3 мг/кг почвы, или на 127,5–233,8 и 136,0–306,4%, в начале весенней вегетации и поддерживалось на достаточно высоком уровне на протяжении всего вегетационного периода. Более высокой концентрацией P_2O_5 24,2–34,5 и 23,9–31,2 мг/кг почвы отличался ва-

риант с систематическим внесением фосфорно-калийных удобрений (P₄₀, P₆₀K₆₀).

Таблица 5 – Динамика содержания подвижного фосфора в слое почвы 0-30 см под озимой пшеницей в зависимости от севооборота и системы удобрения, мг/кг почвы (среднее по предшественникам за 2000-2006 гг.)

Система удобрения	Возобновле- ние весенней вегетации	Выход растений в трубку	Коло- шение	Полная спелость
зернопропашной севооборот				
Без удобрений(контроль)	13,3	10,0	10,0	10,6
Средняя доза РК	34,5	29,5	28,4	24,2
Средняя доза НК	14,4	12,7	12,3	11,1
Средняя доза NP	24,5	18,5	20,6	18,6
Минимальная доза NPK	18,4	15,2	11,4	13,3
Средняя доза NPK	30,2	23,7	20,4	20,4
Повышенная доза NPK	33,7	28,8	25,6	26,6
Высокая доза NPK	44,4	39,1	37,0	36,5
зернотравяно-пропашной севооборот				
Без удобрений (контроль)	12,5	11,6	10,5	9,9
Средняя доза РК	31,2	27,9	25,3	23,9
Средняя доза НК	14,0	12,7	10,6	10,6
Средняя доза NP	23,8	17,7	15,9	17,2
Минимальная доза NPK	21,5	16,6	14,5	13,8
Средняя доза NPK	29,5	23,7	22,0	22,5
Повышенная доза NPK	31,9	29,0	25,4	27,7
Высокая доза NPK	50,8	38,3	36,7	40,8

На естественном фоне питания в пахотном слое почвы содержание K₂O колебалось в пределах 292–352 и 277–357 мг/кг почвы. Внесение калия с удобрениями в дозе 60 кг/га увеличивало содержание обменного калия на 5,7–14,5 и 4,8–13,6% в начале весенней вегетации и на 13,0–21,2 и 11,9–20,6% в фазу колошения в зависимости от севооборота.

Установлена тесная прямая корреляция между вносимыми дозами фосфорных удобрений и содержанием этого элемента питания в почве, $r = 0,99$. Динамика обменного калия в почве обоих севооборотов в течение вегетации озимой пшеницы выражена слабее, чем подвижных фосфатов.

Корреляционная связь между содержанием элементов питания в почве и урожайностью зерна озимой пшеницы выразилась следующими уравнениями регрессии (таблица 6).

4.3. Агрохимические приемы повышения эффективного плодородия почвы в посевах подсолнечника

Динамика минерального азота в слое почвы 0–30 см определялась остаточным количеством данного элемента питания после уборки предшеству-

ющей культуры, вносимыми дозами удобрений под подсолнечник, погодными условиями и степенью минерализации пожнивных остатков.

Таблица 6 – Зависимость урожайности зерна озимой пшеницы от содержания макроэлементов в почве (среднее за 2000–2006 гг.)

Предшественник	Уравнение регрессии	Коэффициент корреляции, R
зернопропашной севооборот		
Кукуруза	$Y = 4,943 + 0,168x_1 + 0,0587x_2 + 0,018x_3$	0,758
Озимая пшеница	$Y = 4,232 + 0,0074x_1 + 0,0213x_2 + 0,0245x_3$	0,766
Горох	$Y = 3,816 + 0,461x_1 + 0,065x_2 + 0,0094x_3$	0,833
Сахарная свекла	$Y = 6,687 + 0,233x_1 + 0,414x_2 + 0,233x_3$	0,815
зернотравяно-пропашной севооборот		
Эспарцет	$Y = 4,232 + 0,0074x_1 + 0,0213x_2 + 0,0245x_3$	0,900
Озимая пшеница	$Y = 6,817 + 0,0379x_1 + 0,052x_2 + 0,0088x_3$	0,849
Горох	$Y = 7,283 - 0,0325x_1 + 0,506x_2 - 0,00715x_3$	0,851
Сахарная свекла	$Y = 4,831 + 0,437x_1 + 0,090x_2 + 0,0175x_3$	0,864

Примечание: x_1 – содержание минерального азота, мг/кг почвы; x_2 – содержание подвижных фосфатов, мг/кг почвы; x_3 – содержание обменного калия, мг/кг почвы.

На дату получения всходов содержание минерального азота увеличилось с 7,4 – 10,3; 9,3 – 13,7 мг/кг почвы до 10,5–13,4; 12,3– 14,5 мг/кг почвы в зависимости от севооборота.

Используемые в севообороте системы удобрения в совокупности с внесенными под подсолнечник обеспечили содержание P_2O_5 в слое почвы 0 – 30 см в начале вегетации культуры на уровне 13,0–42,6 и 13,8–46,6 мг/кг почвы, в течение вегетации оно снижалось на 8,4–36,7 и 15,2–40,1% в зависимости от севооборота. За годы исследований более высоким содержанием подвижных фосфатов во все периоды определения отличались варианты с внесением $N_{40}P_{60}$, $N_{80}P_{60}$ и $N_{80}P_{120}$, а также при внесении только фосфорных удобрений P_{60} .

Потребность растений в калии удовлетворялась за счет содержания его в почве созданного посредством внесения этого элемента питания под предыдущие культуры севооборота на протяжении длительного времени, обеспечивших содержание его в 0-30 см слое почвы в пределах 331–389 и 322–401 мг/кг почвы с временной и сезонной динамикой.

Сезонная динамика K_2O и P_2O_5 несколько различалась, содержание K_2O уменьшалась вплоть до полного созревания подсолнечника.

Во все годы исследований как на удобренном, так и на неудобренном фоне содержание обменного калия соответствовало средней и повышенной обеспеченности характерной для чернозема обыкновенного Западного Предкавказья.

При определении уровня содержания основных элементов питания в почве под подсолнечником нами установлена прямая средняя корреляционная

связь: с вносимыми дозами азота – $r = 0,559-0,556$, фосфора – $r = 0,664-0,728$. Корреляционная связь между обеспеченностью почвы макроэлементами и урожайностью подсолнечника выразилась следующими коэффициентами: с минеральным азотом – $0,823$, с подвижными фосфатами – $0,771-0,724$, с обменным калием – $0,788-0,702$.

5. ВЛИЯНИЕ СЕВОБОРОТА, ПРЕДШЕСТВЕННИКА, СИСТЕМЫ УДОБРЕНИЯ НА СТРУКТУРУ ПОСЕВА И ФОТОСИНТЕТИЧЕСКУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ РАСТЕНИЙ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ И ПОДСОЛНЕЧНИКА

5.1. Динамика густоты стояния растений озимой пшеницы и их фотосинтетическая деятельность

Проведенными исследованиями установлено значительное изменение количества растений на единице площади в зависимости от типа севооборота, предшественника, системы удобрений и условий года. Средний показатель густоты стояния растений озимой пшеницы на неудобренных фонах, выявляющих роль предшественника, более высоким был по эспарцету – 405 шт./м^2 , на $2,0-2,5\%$ меньшим ($391-395 \text{ шт./м}^2$) по гороху и самым низким – 376 шт./м^2 по кукурузе убираемой на зерно. За весенне-летний период вегетации большая сохранность растений – $95,8-99,6\%$ – отмечена также по предшественнику эспарцет. Удобрения увеличивали сохранность растений на $4,2-13,0\%$ в зерно-пропашном севообороте и на $3,7-11,2\%$ – в зернотравяно-пропашном.

Между густотой стояния растений и урожайностью зерна озимой пшеницы отмечена тесная корреляционная связь с коэффициентом, равным $0,865 - 0,947$ или $0,867 - 0,921$ в зависимости от севооборота и предшественника.

Густота стояния растений, их кустистость является биологическим приспособлением к условиям внешней среды. Потенциальная возможность образования боковых побегов у озимой пшеницы достаточно высока и реализуется посредством улучшения условий произрастания. По влиянию на величину побегообразования преимущество имел эспарцет с превышением над другими предшественниками на $13,3-36,6\%$.

Большей редукции подвергался стеблестой растений вариантов с минимальной, средней и повышенной дозой минеральных удобрений. Между изучаемыми дозами удобрения и числом побегов установлена тесная корреляционная связь ($r = 0,751-0,980$).

Фотосинтетическая деятельность растений озимой пшеницы служит биологической основой формирования урожая. К числу основных показателей продукционного процесса относят площадь ассимиляционной поверхности листьев, фотосинтетический потенциал и чистую продуктивность фотосинтеза.

Улучшение условий питания растений посредством применения удобрений способствовало получению максимальных значений ассимиляционной поверхности при повышенной ($N_{40}P_{40}$, $N_{80}P_{60}K_{60}$, $N_{120}P_{60}K_{60}$) и высокой ($N_{40}P_{80}$, $N_{80}P_{120}K_{120}$ и $N_{120}P_{120}K_{120}$) дозах удобрения (рисунок 2), обеспечив к фазе колошения площадь листьев $132,7 - 134,7 \text{ см}^2/\text{растение}$.

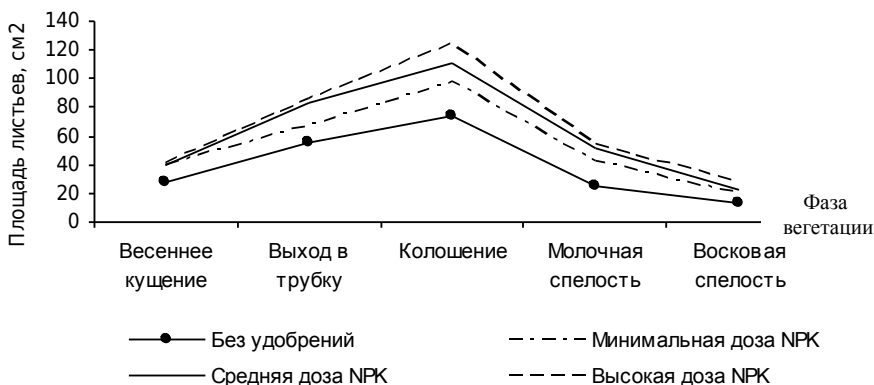


Рисунок 2 – Динамика площади листьев одного растения в зависимости от системы удобрения с полным сочетанием элементов питания, среднее по 5 предшественникам, 2000 – 2006 гг.

В комплексе факторов, влияющих на величину фотосинтетической поверхности листьев, большое влияние оказывает предшественник. Большими значения данного показателя во все периоды определения были по предшественникам эспарцет, горох и озимая пшеница, минимальными – по кукурузе, убираемой на зерно (рисунок 2).

К фазе колошения ассимиляционная поверхность листьев составила 46,52–64,86 тыс. м²/га при полном минеральном удобрении. В сравнении с показателями на период завершения весеннего кущения фотосинтетическая поверхность листьев возросла в 2,6–5,2 раза и соответствовала оптимуму согласно данным А. А. Ничипоровича (1967), И. С. Шатилова (1986).

Группировка данных по величине ассимиляционной поверхности и сбору зерна с 1 га выявила закономерность: возрастание урожайности по мере увеличения площади листьев (рисунок 3).

Исследованиями установлено, что в условиях недостаточного увлажнения северной зоны Краснодарского края на черноземе обыкновенном урожайность 5,2–5,6 т/га формируется при величине ассимиляционной поверхности листьев 40–45 тыс. м²/га, 6,0–6,3 т/га – при 50–65 тыс. м²/га. Коэффициент корреляции между этими показателями составил 0,697–0,973.

Фотосинтетическая деятельность растений оценивается также величиной накопления сухого вещества, чистой продуктивностью фотосинтеза и выходом товарной продукции. Максимальный фотосинтетический потенциал – 1767–1866,5 тыс. м²/га/сут. – имели посевы озимой пшеницы на вариантах с повышенным и высоким уровнем вносимых удобрений. Превышение над контролем составило 126,4–139,1%. Этот показатель изменялся под влиянием как удобрений, так и предшественника. Минимальными значениями фотосинтетического потенциала на контрольных вариантах были по кукурузе и сахарной

свекле – 526,3-565,3 тыс. м²/га/сут., максимальные – по эспарцету 1121,7 и гороху 1036,7 тыс. м²/га/сут.

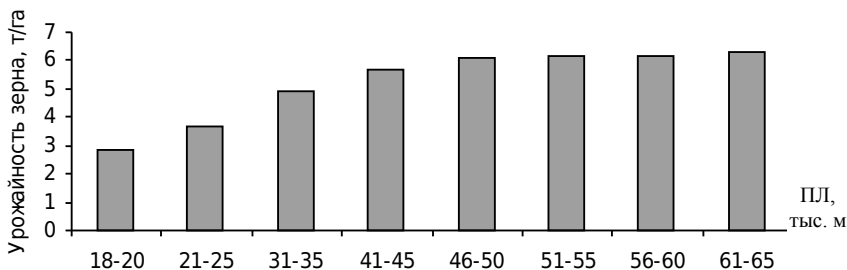


Рисунок 3 – Динамика роста урожайности озимой пшеницы в зависимости от величины фотосинтетической поверхности листьев, 2000–2006 гг.

Ведущим технологическим приемом в увеличении сухой массы органического вещества на единице площади является внесение минеральных удобрений (доля влияния – 27,5–53,3%).

Чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) менялась от 2,65-5,49 г/м² сутки в фазу весеннего кущения до 9,94-12,91 г/м².сутки – в фазу колошения. За период весеннее кущение – восковая спелость средний показатель ЧПФ составил 6,42-9,59 г/м² сутки.

Эффективность фотосинтеза определяется также выходом товарной продукции, т.е. долей биомассы, сосредоточенной в хозяйственной части урожая, с коэффициентом хозяйственной эффективности ($K_{хоз}$) 0,29–0,35 (таблица 7).

Таблица 7 – Коэффициент хозяйственной эффективности озимой пшеницы на фоне различных норм удобрений (среднее по предшественникам, 2000–2006 гг.)

Система удобрения	Урожайность сухой биомассы, г/м ²			Коэффициент хозяйственной эффективности	
	надземной	в том числе		среднее	варьирование
		соломы	зерна		
Без удобрений (контроль)	1207,3	798,8	408,5	0,34	0,29-0,40
Средняя доза РК	1387,5	897,1	490,4	0,35	0,29-0,39
Средняя доза НК	1456,1	975,9	480,2	0,33	0,29-0,36
Средняя доза NP	1742,8	1168,0	574,8	0,33	0,30-0,37
Минимальная доза NPK	1588,4	1071,8	516,6	0,32	0,29-0,36
Средняя доза NPK	1934,9	1325,8	609,1	0,31	0,28-0,36
Повышенная доза NPK	2229,4	1587,7	641,7	0,29	0,24-0,31
Высокая доза NPK	2146,0	1510,4	635,6	0,30	0,26-0,32

Интенсификация условий питания озимой пшеницы привела к формированию большей вегетативной массы, что снизило коэффициент хозяйственной эффективности.

Полученные коэффициенты корреляции между продолжительностью межфазных периодов и среднесуточной температурой воздуха выявили тесную отрицательную связь ($r = -0,741$) межфазного периода посев – всходы, возобновление весенней вегетации – выход в трубку ($r = -0,664$) с долей влияния данного метеорологического фактора 54,9 и 44,1%. Условия увлажнения также определяли взаимосвязь между продолжительностью посев – всходы ($r = -0,407$), возобновление весенней вегетации – выход в трубку ($r = 0,610$), выход в трубку – колошение ($r = 0,672$).

Это еще раз подтверждает, что в зоне недостаточного увлажнения Западного Предкавказья определяющим фактором получения своевременных всходов в первую очередь является наличие доступной влаги, а в дальнейшем оптимальное соотношение влажностного и температурного режима.

5.2. Динамика густоты стояния растений подсолнечника и их фотосинтетическая деятельность

Для обоснования формирования продуктивности подсолнечника в зависимости от изучаемых доз минеральных удобрений нами изучены и обобщены такие показатели, как продолжительность вегетационного периода от всходов до полной спелости, межфазных периодов развития, густоты стояния растений и биометрических их показателей, фотосинтетического потенциала и накопления сухого вещества.

В совокупности с погодными условиями изучаемые агроприемы возделывания подсолнечника оказывали определенное влияние на продолжительность межфазных периодов. В среднем за годы проведенных исследований продолжительность вегетационного периода подсолнечника от всходов до созревания составила 136 дней с варьированием по годам от 125 до 148 дней, что обуславливалось погодными условиями. При прослеживании взаимосвязи метеорологических условий с продолжительностью вегетационного периода отмечена прямая зависимость с коэффициентом корреляции (0,574).

Рост и развитие растений – интегральный показатель физико-биологических процессов, он тесно связан с генетическими особенностями сорта или гибрида, а степень реализации их продуктивности с внешними факторами, технологическими приемами возделывания.

Основными факторами, определяющими полевую всхожесть и первоначальную густоту стояния растений – влагообеспеченность почвы и количество осадков в межфазный период. Средняя густота стояния растений после полного появления всходов составила 42,7–44,3 в зернопропашном и 41,7–45,6 тыс. шт./га в зернотравяно-пропашном севооборотах. К концу вегетации количество сохранившихся растений снизилось до 40,1–41,0. Нами не установлено четкой зависимости между изучаемыми дозами удобрения и густотой стояния растений.

Одним из наиболее действенных агроприемов, влияющих на величину фотосинтетической поверхности листьев, являются минеральные удобрения (рисунок 4).

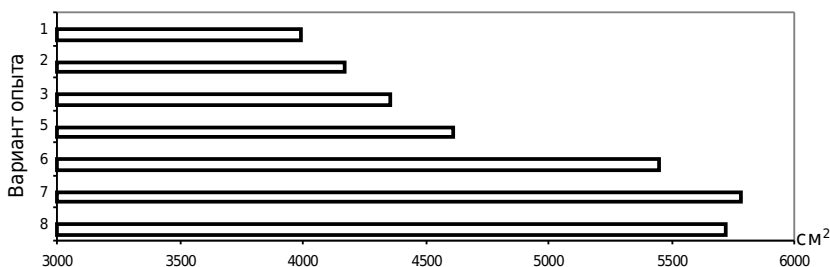


Рисунок 4 – Площадь листьев одного растения в начале цветения в зависимости от дозы удобрения, см²
 1– без удобрений, 2 –P₆₀, 3 – N₄₀, 5 – N₂₀P₃₀, 6 – N₄₀P₆₀, 7 – N₈₀P₆₀, 8–N₈₀P₁₂₀

Величина фотосинтетического потенциала изменялась аналогично площади листовой поверхности с максимальными в зернотравяно-пропашном – 1,112–1,119 млн. м²/га/сутки значениями и зернопропашном севообороте 1,064–1,099 при тех же дозах удобрения, что превышало аналогичный показатель контрольных вариантов в 1,34–1,39 и 1,48–1,49 раза.

Более интенсивным накоплением сухого вещества надземной части растений наблюдалось от образования корзинки до полной спелости (рисунок 5). Наиболее интенсивно это происходило при внесении N₄₀P₆₀ и N₄₀P₁₂₀ + N₄₀.

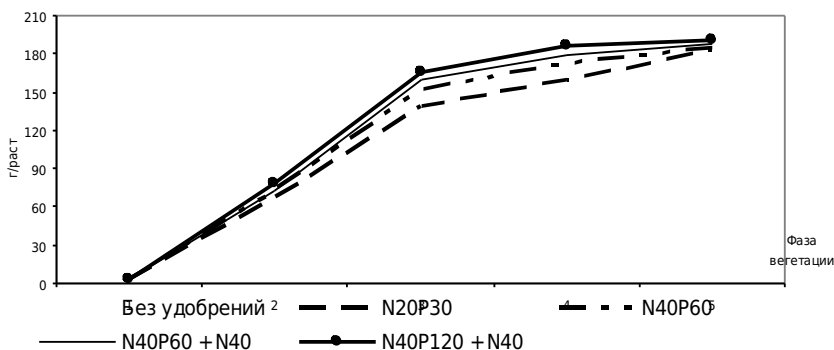


Рисунок 5 – Динамика накопления абсолютно сухого вещества надземной части растения подсолнечника в зависимости от удобрений, г/растение, (2000 – 2006 гг.)

1– 2-3 пары настоящих листьев; 2 – образование корзинки; 3 – цветение; 4 – налив семян; 5 – созревание

Между вносимыми дозами удобрения и накоплением массы сухого вещества обнаружена высокая положительная связь с коэффициентом корреляции 0,862-0,880.

Коэффициент хозяйственно полезной части растений составил в зернопропашном севообороте 0,460–0,494 в зернотравяно-пропашном – 0,385–0,438, или 31,5–33,0 и 27,9–30,5% от общей биологической сухой массы.

6. ВЛИЯНИЕ СЕВОБОРОТА, ПРЕДШЕСТВЕННИКА И СИСТЕМЫ УДОБРЕНИЯ НА СОДЕРЖАНИЕ МАКРОЭЛЕМЕНТОВ В РАСТЕНИЯХ И ИХ ВЫНОС С УРОЖАЕМ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ И ПОДСОЛНЕЧНИКА

6.1. Содержание азота, фосфора и калия в растениях и их вынос урожаем озимой пшеницы

Основные элементы питания растений, содержащиеся в основной и побочной продукции, определялись условиями произрастания и в частности изучаемыми приемами возделывания, ростом и развитием растений. Так, концентрация азота, фосфора и калия в надземной части растений изменялась под влиянием севооборота, предшественника и системы удобрения. Максимальное содержание их приходилось на фазу весеннего кушения и находилось в следующих интервалах на неудобренных фонах по изучаемым предшественникам: азота - 2,95-4,06 и 3,00-4,53%, фосфора – 0,48-0,85 и 0,55-1,08%, калия - 3,58-4,43 и 3,39-4,41%. В последующие фазы вегетации за счет ростового разбавления концентрация питательных веществ в ткани растений снизилась.

В фазу полной спелости концентрация азота в зерне озимой пшеницы зернопропашного севооборота находилась в интервале 1,74–2,04% , зернотравяно-пропашного - 1,88-2,19%, в соломе - 0,45-0,66 и 0,41-0,68%, фосфора - соответственно 0,70-0,76; 0,65-0,80 и 0,15-0,26; 0,17-0,26%, калия -0,55-0,81 и 1,19-1,48 - 1,24-1,41%. Под влиянием удобрений содержание азота в зерне озимой пшеницы увеличивалось в среднем по предшественникам на 0,5–23,0% с минимальным показателем при средней дозе фосфорно-калийных удобрений, в соломе - на 8,6-65,8%. Разница в содержании азота в зерне озимой пшеницы между предшественниками составила 1,95-22,4%, фосфора - на 1,2-12,0%.

Без применения удобрений с отчуждаемой частью урожая (зерно +солома) озимой пшеницей было вынесено: азота – 59,3-117,2 (в зернопропашном севообороте), 88,2-147,8 кг/га (в зернотравяно-пропашном севообороте), фосфора 23,1-38,6 и 31,4-48,1, калия 53,4-88,9 и 70,6-116,5 кг/га (таблицы 8, 9).

Наиболее высокий вынос азота с единицы площади отмечен при размещении озимой пшеницы по бобовым предшественникам эспарцету и гороху – 117,2–147,8 кг/га, минимальный по пропашным кукурузе и сахарной свекле – 59,3–88,2 кг/га.

Увеличивая концентрацию азота и других элементов питания в тканях растений, минеральные удобрения способствовали и выносу большего их количества с урожаем.

Таблица 8 -Вынос азота урожаем озимой пшеницы в зависимости от севооборота, предшественника и системы удобрения, кг/га (среднее за 2000–2006 гг.)

Система удобрения	Предшественник				Среднее
	кукуруза – эспарцет	озимая пшеница	горох	сахарная свекла	
зернопропашной севооборот					
Без удобрений (контроль)	59,3	86,8	117,2	68,2	82,9
Средняя доза РК	72,1	114,8	169,1	81,1	109,3
Средняя доза НК	96,4	133,3	139,5	98,3	116,9
Средняя доза NP	123,2	162,2	173,9	127,2	146,6
Минимальная доза NPK	85,0	123,6	153,1	97,5	114,8
Средняя доза NPK	126,7	170,2	168,4	121,8	146,8
Повышенная доза NPK	157,5	195,7	192,6	184,9	182,7
Высокая доза NPK	160,4	189,9	186,5	158,2	173,7
зернотравяно-пропашной севооборот					
Без удобрений (контроль)	147,8	124,8	144,8	88,2	124,6
Средняя доза РК	171,5	137,4	161,4	103,1	143,3
Средняя доза НК	163,5	136,2	148,3	117,7	141,4
Средняя доза NP	187,2	166,2	176,1	147,0	169,1
Минимальная доза NPK	166,0	137,8	165,4	119,2	147,3
Средняя доза NPK	181,8	172,6	182,6	152,8	172,4
Повышенная доза NPK	196,7	202,1	212,8	180,3	198,0
Высокая доза NPK	214,8	180,6	192,2	191,5	194,8

Под воздействием удобрений вынос азота в ЗП севообороте увеличился до 72,1–192,6 кг/га, в ЗТП – до 103,1–214,8 кг/га, или в среднем на 32,5–120,4 и 13,5–58,9%, фосфора – на 49,2–126,7 и 8,9–70,6%, калия – на 39,8–109,3 и 14,3–51,8%.

Более высоким вынос основных элементов питания с урожаем озимой пшеницы был в севообороте с многолетними травами. Средняя потребность в основных элементах питания на формирование единицы товарной продукции, т. е. 1 т зерна с соответствующим количеством побочной продукции на контрольных вариантах составила: в азоте 22,4–27,4 и 26,3–31,7 кг, фосфоре – 8,6–9,5 и 8,9–9,8 кг, калии – 20,4–21,8 и 21,1–22,9 кг/т. Более высокой она была в севообороте с травами, а относительно систем удобрения – при повышенной и высокой.

Методом корреляционно-регрессионного анализа выявлена взаимосвязь между содержанием основных элементов питания в растениях озимой пшеницы и уровнем урожайности зерна. Данная связь выразилась следующими коэффициентами корреляции с содержанием азота $r = 0,94-0,63$, фосфора $0,93-0,65$, калия $0,92-0,93$.

Таблица 9 – Вынос фосфора урожаем озимой пшеницы в зависимости от севооборота, предшественника и системы удобрения, кг/га (среднее за 2000-2006 гг.)

Система удобрения	Предшественник				Среднее
	кукуруза-эспарцет	озимая пшеница	горох	сахарная свекла	
зернопропашной севооборот					
Без удобрений (контроль)	23,1	31,7	38,6	26,2	29,9
Средняя доза РК	33,2	47,9	62,4	34,9	44,6
Средняя доза НК	31,5	40,4	48,5	34,7	38,8
Средняя доза NP	46,7	53,4	65,3	48,6	53,5
Минимальная доза NPK	38,4	46,2	59,1	41,2	46,2
Средняя доза NPK	56,4	61,1	62,7	48,7	57,4
Повышенная доза NPK	59,7	63,8	68,9	58,0	62,6
Высокая доза NPK	64,5	64,9	76,0	66,0	67,8
зерноотравно-пропашной севооборот					
Без удобрений (контроль)	48,1	36,6	44,7	31,4	40,2
Средняя доза РК	61,1	50,5	63,1	40,9	53,9
Средняя доза НК	46,0	41,8	50,8	36,8	43,8
Средняя доза NP	64,6	54,2	63,5	50,6	58,2
Минимальная доза NPK	56,4	48,4	59,3	45,0	52,3
Средняя доза NPK	62,9	56,6	69,7	57,2	61,6
Повышенная доза NPK	64,9	63,6	75,5	62,8	66,7
Высокая доза NPK	67,8	62,4	76,8	68,0	68,7

Наибольшее влияние на содержание и вынос элементов питания с урожаем основной и побочной продукции озимой пшеницы оказывала система удобрения.

6.2. Содержание азота, фосфора, и калия в растениях и вынос их урожаем подсолнечника

Количество элементов минерального питания, потребленных подсолнечником на формирование биологической массы растений и урожайность, определялось степенью развития растений, дозами вносимых удобрений и уровнем почвенного плодородия. Наибольшее содержание их отмечено в фазе 2–3 пар листьев, минимальное – в вегетативной части растений в период полного созревания. Средний показатель содержания азота в растениях подсолнечника в фазу 3–5 листьев соответственно дозы удобрения и севообороту варьировал в интервале 4,06–4,35 и 4,07–4,23%, фосфора – 0,95–1,61 и 0,88–1,35%, калия – 5,90 – 6,40 и 6,13–6,44%. Содержание макроэлементов по мере роста и развития растений постепенно снижалось, достигнув минимальных значений в фазу цветения. К фазе полной спелости содержание азота и фосфора в растениях в связи с оттоком пластических веществ из вегетативной части в репродуктивные органы несколько увеличивался, а калия – уменьшался, что

обусловлено, вероятно, перемещением этого элемента питания через корневую систему в почву.

Содержание в семенах составило: азота – 2,66–3,09, 2,64–3,13, фосфора 1,26–1,59 и 1,25–1,58 калия – 1,0–1,15 и 0,99–1,13%, в соломе соответственно – 0,89–1,08; 0,27–0,57; 4,17–4,66% при общем потреблении с единицы площади соответственно севооборотам и дозам удобрений: азота – 124,4–173,1 и 127,4–181,2 кг/га, фосфора – 54,4–87,6 и 49,3–94,3, калия – 282,8–334,0 и 314,3 – 385,8 кг/га.

Вынос основных элементов питания на формирование 1 т семян составил: от общего количества азота 54,9–60,7% (45,7–58,6 кг/т) фосфора – 52,1–69,6% (18,3–30,5 кг/т) и калия – 8,4–11,8% (89,8–120,8 кг/т) с соответствующим количеством побочной продукции (таблица 10). Более затратными по использованию основных макроэлементов на формирование единицы товарной продукции были системы удобрения с дробным внесением азота $N_{80}P_{60}$ и $N_{80}P_{120}$, низкзатратными P_{60} , N_{40} и $N_{20}P_{30}$, где большая часть азота 59,1–60,4, фосфора – 63,5–69,6% шла на формирование семян.

Таблица 10 – Вынос основных элементов питания на 1 т продукции подсолнечника кг (среднее за 1999–2006 гг.)

Система удобрения	Элементы питания		
	N	P	K
зернопропашной севооборот			
Без удобрения (контроль)	46,2	20,1	105,1
P_{60}	45,7	20,4	93,1
N_{40}	47,3	18,4	100,8
$N_{40}P_{60}$	51,8	23,8	116,4
$N_{20}P_{30}$	48,9	21,3	95,9
$N_{40}P_{60}$	50,0	23,7	96,6
$N_{40}P_{60}$ + N_{40} до посева	50,6	25,8	96,7
$N_{40}P_{120}$ + N_{40} до посева	51,1	25,8	101,5
зерноотравно-пропашной севооборот			
Без удобрения (контроль)	47,4	18,3	116,8
P_{60}	51,5	23,6	117,5
N_{40}	55,0	19,9	120,8
$N_{40}P_{60}$	54,4	24,5	113,8
$N_{20}P_{30}$	55,2	23,2	114,5
$N_{40}P_{60}$	55,4	26,4	116,5
$N_{40}P_{60}$ + N_{40} до посева	55,5	29,9	118,9
$N_{40}P_{120}$ + N_{40} до посева	58,6	30,5	124,8

7. ПРОДУКТИВНОСТЬ ИЗУЧАЕМЫХ КУЛЬТУР В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СЕВООБОРОТА, ПРЕДШЕСТВЕННИКА И СИСТЕМЫ УДОБРЕНИЯ

7.1 Структура урожая зерна озимой пшеницы

Последовательная интенсификация систем удобрения с различным сочетанием элементов питания способствовала сохранности количества растений к уборке, а также увеличению показателей других элементов структуры урожая.

Применение средних, повышенных и высоких доз удобрений способствовало формированию посевов с максимальной плотностью продуктивного стеблестоя 588–638 и 618–645 шт./м², что выше контрольного варианта на 37,7–49,4 и 32,0–41,5% (таблица 11).

Таблица 11 – Влияние предшественников и удобрений на продуктивный стеблестой озимой пшеницы, шт./м² (среднее за 2000–2006 гг.)

Система удобрения	Куку- руза – эспар- цет	Озимая пшени- ца	Горох	Сахар- ная свекла	Среднее	
					по системе удобрения	% к контролю
зернопропашной севооборот						
Без удобрений (контроль)	430	423	456	399	427	
Средняя доза РК	486	526	532	489	508	19,0
Средняя доза НК	469	491	511	468	485	13,6
Средняя доза NP	535	560	578	530	553	29,5
Минимальная доза NPK	480	535	559	500	518	17,6
Средняя доза NPK	558	600	613	582	588	37,7
Повышенная доза NPK	604	657	659	631	638	49,4
Высокая доза NPK	611	651	622	594	629	47,3
зерноотравяно-пропашной севооборот						
Без удобрений (контроль)	502	455	485	432	468	
Средняя доза РК	556	530	549	500	534	14,1
Средняя доза НК	549	482	524	461	504	7,7
Средняя доза NP	602	561	591	528	570	21,8
Минимальная доза NPK	586	514	562	527	547	16,9
Средняя доза NPK	635	610	628	599	618	32,0
Повышенная доза NPK	675	629	642	629	645	41,5
Высокая доза NPK	665	626	640	605	634	32,6

Анализ полученных данных показал, что для формирования оптимального количества побегов с колосом озимая пшеница нуждается во всех элементах питания, исключение одного из них ведет к снижению продуктивного сте-

блестоя на 5,9–21,5%, при этом максимальное снижение наблюдается при устранении из состава удобрений фосфора.

Группировка данных урожая в зависимости от густоты продуктивного стеблестоя позволила установить оптимальное количество колосоносных стеблей, превышение которого ведет к снижению урожайности озимой пшеницы. В наших исследованиях это 651–700 продуктивных стеблей на одном квадратном метре (рисунок 6).

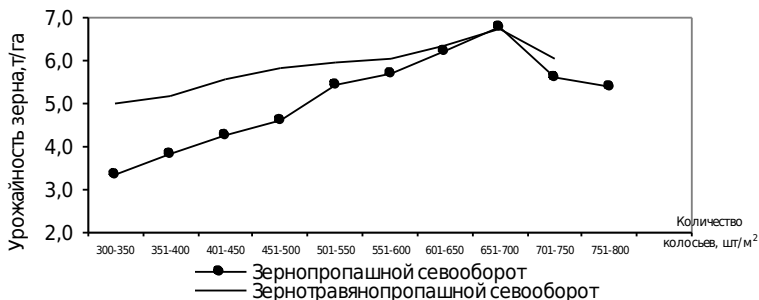


Рисунок 6 – Влияние густоты продуктивного стеблестоя на урожайность озимой пшеницы в севооборотах, 2000-2006 гг.

Взаимосвязь плотности продуктивного стеблестоя с величиной урожая на контрольных вариантах выразилось уравнением:

$$y = 18,991 + 0,0335 x$$

на вариантах с применением удобрений соответственно севооборота:

$$y = 18,991 + 0,243 x^1 + 0,002 x^2 + и$$

$$y = + 0,258 x^1 + 0,002 x^2 - 26,78.$$

где x^1 – величина продуктивного стеблестоя; x^2 – система удобрения.

Изучаемые элементы технологии возделывания озимой пшеницы оказывали неравнозначное влияние на формирование элементов структуры урожая. На варианте без применения удобрений посевы формировались с более низким количеством продуктивных стеблей – 399–456 и 432–502 шт./м², самыми низкими здесь были и озерненность колоса – 32,8–37,6 шт. и его масса 0,84–0,94 г.

Последовательное внесение более высоких доз удобрений способствовало увеличению продуктивного стеблестоя, формированию колоса с большим на 3,9–52,7 и 1,6–7,1% количеством зерен, на 5,9–22,6 и 3,2–8,5% весом зерна с одного колоса и на 2,0–7,6% более высокой массой 1000 зерен. Показатели структуры урожая выше были на вариантах со средней, повышенной и высокой дозой полного минерального удобрения. Коэффициент парной корреляции между элементами структуры урожая и урожайностью озимой пшеницы выразился следующими показателями: с густотой стояния растений – 0,805–0,943, с продуктивным стеблестоем – 0,778–0,919, с массой зерна с колоса – 0,584–0,910 и массой 1000 зерен 0,323–0,675 с долей влияния соответственно: 8,77–35,94%, 30,39–77,80, 19,41–34,68 и 0,44–6,43 %.

7.2 Структура урожая подсолнечника

Урожай семян подсолнечника обусловлен следующими показателями структуры урожая: количеством растений на единице площади, массой семян с одной корзинки и массой 1000 семян.

Основополагающим признаком является густота стояния растений, которая к концу вегетации составила по вариантам 38,3–41,0 и 37,9–41,1 тыс. шт./га и практически не зависела от применения удобрения (таблица 12).

Таблица 12 – Влияние севооборота и системы удобрения на элементы структуры урожая подсолнечника, среднее за 1999 – 2006 гг.

Система удобрения	Густота стояния растений, тыс. шт./га	Диаметр корзинки, см	Количество семян в корзинке, шт.	Масса семян с одной корзинки, г	Масса 1000 семян, г
зернопропашной севооборот					
Без удобрений (к)	38,3	17,9	1163	72,6	60,0
P ₆₀	40,2	19,6	1270	80,0	62,3
N ₄₀	38,6	18,8	1281	79,4	62,3
N ₄₀ P ₆₀	39,5	19,3	1333	80,3	62,9
N ₂₀ P ₃₀	39,7	18,8	1267	79,5	63,0
N ₄₀ P ₆₀	40,1	19,6	1301	83,2	63,5
N ₄₀ P ₆₀ + N ₄₀ до посева	41,0	19,7	1346	85,0	63,7
N ₄₀ P ₁₂₀ + N ₄₀ до посева	39,6	19,4	1334	84,4	62,8
зернотравяно-пропашной севооборот					
Без удобрений (к)	37,9	17,9	1090	67,1	61,3
P ₆₀	39,7	19,5	1207	75,5	62,7
N ₄₀	39,5	19,0	1216	74,6	61,6
N ₄₀ P ₆₀	40,8	19,5	1197	78,1	62,3
N ₂₀ P ₃₀	40,3	19,3	1246	77,5	62,8
N ₄₀ P ₆₀	39,9	19,4	1247	79,6	63,3
N ₄₀ P ₆₀ + N ₄₀ до посева	40,5	20,4	1271	79,9	62,7
N ₄₀ P ₁₂₀ + N ₄₀ до посева	41,1	19,2	1122	79,4	64,6

Система удобрения заметно повлияла на число семян в корзинке. Минимальное их количество, 1090–1163 шт. с массой 1000 зерен 67,2–72,6 г, формировалось на неудобранных фонах, максимальное – 1301–1346 и 1247–1271 – при внесении N₈₀P₆₀ и N₈₀P₁₂₀ на фоне систематического внесения под соотвествующие культуры полного минерального удобрения в средней, повышенной и высокой дозах. Здесь была и самая высокая масса семян с корзинки 83,2–85,0г и 78,8–79,9г с массой 1000 семян 62,8–63,7 и 62,7–64,6г.

Минимальные значения этих показателей на удобренных фонах получены при внесении только азотных удобрений (N₄₀), при систематическом исключении фосфора, что подтверждается большим процентом пустозерности семян – 20,5-21,5 %.

Статистическая обработка данных по урожаю выявила зависимость формирования продуктивности подсолнечника от элементов структуры урожая, которые распределились в следующей последовательности: густота стояния растений ($r = 0,483-0,588$), вес семян с корзинки ($r = 0,624-0,621$), масса 1000 семян ($r = 0,370-0,349$).

7.3 Урожайность и качество зерна озимой пшеницы

Устойчивость высокой продуктивности культур возможна при оптимальном их соотношении и чередовании в севообороте. Наивысшая урожайность озимой пшеницы на неодобренных фонах получена в севообороте с многолетними травами по эспарцету и гороху – 5,40 и 4,65 т/га (таблица 13).

Анализ полученных данных позволил отметить значительный диапазон варьирования сбора зерна с 1 га в зависимости от предшественника – 4,70–5,65 и 4,93–6,03 т/га, от системы удобрения 4,36–6,22 и 4,86–6,20 т/га. Наивысший урожай с 1 га получен по эспарцету – 6,06 т/га и гороху – 5,65–5,69 т/га. При внесении средней дозы ($N_{20}P_{40}$, $N_{40}P_{60}K_{60}$, $N_{60}P_{60}K_{60}$), урожайность составляла 5,52–6,52 и 5,55–6,36 т/га, повышенной ($N_{40}P_{40}$, $N_{80}P_{60}K_{60}$, $N_{120}P_{60}K_{60}$) – 5,94–6,24 и 5,82–6,46 т/га и высокой ($N_{40}P_{80}$, $N_{80}P_{120}K_{120}$, $N_{120}P_{120}K_{120}$) – 5,94–6,22 и 5,82–6,43 т/га.

Таблица 13 – Урожайность зерна озимой пшеницы в различных севооборотах в зависимости от предшественника и системы удобрения, т/га (среднее за 2000–2006 гг.)

Система удобрения	Предшественник				Среднее
	Кукуруза–эспарцет	Озимая пшеница	Горох	Сахарная свекла	
зернопропашной севооборот					
Без удобрений (контроль)	2,85	3,58	4,41	3,05	3,47
Средняя доза РК	3,59	4,62	5,64	3,60	4,36
Средняя доза НК	4,00	4,74	4,96	4,00	4,42
Средняя доза NP	5,15	5,71	6,00	5,15	5,50
Минимальная доза NPK	4,07	5,02	5,38	4,32	4,70
Средняя доза NPK	5,56	6,52	6,31	5,52	5,88
Повышенная доза NPK	6,20	6,16	6,30	6,24	6,22
Высокая доза NPK	6,16	5,94	6,22	6,12	6,11
НСР ₀₅	0,42	0,47	0,52	0,43	
зерноотравно-пропашной севооборот					
Без удобрений (контроль)	5,41	4,11	4,65	3,34	4,38
Средняя доза РК	6,03	5,08	5,68	4,04	5,21
Средняя доза НК	5,43	4,67	5,08	4,25	4,86
Средняя доза NP	5,99	5,34	5,76	5,53	5,65
Минимальная доза NPK	6,17	5,11	5,42	4,43	5,28
Средняя доза NPK	6,36	5,55	6,13	5,67	5,93
Повышенная доза NPK	6,41	5,81	6,46	6,12	6,20
Высокая доза NPK	6,43	5,82	6,37	6,06	6,17
НСР ₀₅	0,50	0,52	0,55	0,39	

Минимальная урожайность получена при внесении фосфорно-калийных ($P_{40}, P_{60}K_{60}$) – 3,59–5,64 и 4,04–6,03 т/га, а также при внесении только азотно-калийных удобрений ($N_{40}P_{40}, N_{60}K_{60}$) – 4,00–4,96 и 4,25 – 5,43 т/га. Недобор зерна с единицы площади при исключении азота и фосфора из состава удобрений может достигать 0,72–1,52 и 1,07–1,46 т/га, или 12,2–25,0%.

Статистическая обработка данных по урожаю выявила зависимость в формировании продуктивности озимой пшеницы: от погодных условий $r = 0,35–0,86$ и 0,41–0,63, предшественника $r = 0,558–0,769$ и от изучаемых севооборотов $r = 0,468–0,940$.

Доля влияния удобрений по предшественникам составила 31,2–59,2% и 3–63%.

Наличие белка в зерне, количество и качество клейковины – генетический признак сорта, однако под воздействием внешних условий и агротехнических приемов возделывания эти качественные показатели зерна могут изменяться в сторону уменьшения или соответствовать наследственным признакам. В среднем за годы исследований содержание белка в зерне озимой пшеницы по вариантам опыта после пропашных предшественников составило 9,2–12,3%, после колосового – 10,4–12,6%, зернобобовых – 10,6–12,3%. Наименьшее содержание белка было получено на неудобренных фонах – 9,9–10,6 и 9,9–11,8%.

По мере улучшения обеспеченности растений озимой пшеницы элементами минерального питания содержание белка в зерне увеличивалось на 0,2–2,0 и 0,2–1,1% в абсолютном выражении. При этом лучшее по белковости зерно формировалось при системах удобрения с полным минеральным питанием с преобладанием азота.

На вариантах с исключением азота из состава удобрения ($P_{40}, P_{60}K_{60}$) и при минимальных дозах NPK ($N_{10}P_{20}, N_{20}P_{30}K_{30}$ и $N_{30}P_{30}K_{30}$) зерно формировалось с меньшим содержанием белка, о чем свидетельствуют данные математического анализа, где отмечена тесная прямолинейная корреляция с содержанием в зерне азота: $r = 0,952–0,979$ и 0,910–0,965 .

Регрессионный анализ данных позволил установить влияние погодных условий на содержание белка в зерне, что выразилось следующими уравнениями на контрольных вариантах: в зернопропашном севообороте $y = 18,74 - 0,03 x_1 - 0,24 x_2 + 0,3 x_3 + 24,02 x_4$; в зернотравяно-пропашном $y = 7,99 - 0,01 x_1 - 0,2 x_2 + 0,02 x_3 + 18,13 x_4$

на удобренных соответственно:

$$y = 9,55 - 0,005 x_1 - 0,004 x_2 + 0,00002 x_3 + 5,39 x_4;$$

$$y = 25,84 + 0,003 x_1 + 0,08 x_2 - 0,02 x_3 - 5,03 x_4,$$

где x_1 – сумма осадков за вегетацию, мм; x_2 – сумма осадков за период молочная – восковая спелость; x_3 – сумма положительных за вегетацию температур, °С; x_4 – гидротермический коэффициент с долей влияния каждого фактора соответственно: 1,48 – 5, 31, 23,21 – 29,99, 10,37 – 21,94 и 16,89 – 28,3%.

Минеральные удобрения, внесенные в минимальных дозах, обеспечили содержание клейковины на уровне 18,0–21,3%, что равно показателю неудобренного варианта. Более высококачественное зерно с содержанием клейкови-

ны 22,3–23,8 и 22,9–24,0% формировалось при использовании средних, повышенных и высоких доз полного минерального удобрения. Следует отметить, что дробное внесение азота в два приема под основную обработку почвы и в ранневесеннюю подкормку способствовали большему накоплению клейковины в зерне на 1,2–1,5% в зернопропашном севообороте и на 1,0–1,1% – в зернотравяно-пропашном. Более высококачественное зерно по содержанию как белка, так и клейковины было получено по предшественникам эспарцет и горох. Метеорологические факторы имели следующие величины с долей влияния: сумма осадков за вегетацию 3,51–8,15%, сумма осадков за межфазный период – 31,2–36,6%, сумма положительных температур – 21,1–24,0%, гидротермический коэффициент 23,87–30,73%. Наибольшее отрицательное влияние в данный межфазный период оказывали осадки ($r = -0,52, -0,53$).

7.4 Урожайность и качество маслосемян подсолнечника

Величина урожайности подсолнечника изменялась по вариантам опыта от 2,69 т/га на вариантах без применения удобрений до 3,09–3,39 т/га при системах с дробным внесением азота.

Возделывание подсолнечника при неполных по элементам питания системах удобрения (P_{60} , N_{40}) на фоне систематического исключения азота, фосфора и калия под все культуры севооборота обеспечило минимальный сбор маслосемян – 2,94–3,09 т/га соответственно (таблица 14).

Таблица 14–Влияние севооборота и удобрений на урожайность семян подсолнечника, т/га (среднее за 1999–2006 гг.)

Система удобрения	Урожайность			
	зернопропашной севооборот		зернотравяно-пропашной севооборот	
	т/га	± к контролю	т/га	± к контролю
Без удобрений (к)	2,69		2,69	
P_{60}	3,09	0,40	2,98	0,29
N_{40}	2,97	0,28	2,94	0,25
$N_{40}P_{60}$	3,07	0,38	3,07	0,38
$N_{20}P_{30}$	3,07	0,38	3,01	0,32
$N_{40}P_{60}$	3,25	0,56	3,10	0,41
$N_{40}P_{60} + N_{40}$ до посева	3,39	0,70	3,11	0,42
$N_{40}P_{120} + N_{40}$ до посева	3,29	0,60	3,09	0,40
НСР ₀₅		0,13		0,20

Урожайность 3,25 и 3,01–3,10 т/га получена при использовании минимальной ($N_{20}P_{30}$) и средней ($N_{40}P_{60}$) доз минерального удобрения на фоне систематического внесения полного минерального удобрения, по аналогичным схемам под предшествующие культуры.

Возделывание подсолнечника при высокой дозе ($N_{80}P_{60}$, $N_{80}P_{120}$) способствовало увеличению сбора семян в сравнении с контролем на 14,9–

26,0%, а в сравнении с дозой $N_{40}P_{60}$ – только на 0,03–4,3%, что свидетельствует о нецелесообразности увеличения доз удобрений под подсолнечник.

Нами не отмечено четкой зависимости влияния изучаемых систем удобрения на масличность семян. Однако наиболее высоким содержанием жира отличались семена подсолнечника возделываемые при внесении P_{60} – 46,8 – 47,3%; N_{40} – 47,1 – 48,7% и $N_{40}P_{60}$ – 48,4 – 46,7% на фоне систематического внесения азотно-фосфорных удобрений под все культуры севооборота. Внесение такой же дозы, но на фоне полного минерального удобрения по влиянию на содержание жира в семенах было не менее эффективным – 47,0 – 46,8%.

По мере интенсификации условий минерального питания масличность семян подсолнечника снижалась, достигнув минимального значения при внесении $N_{80}P_{120}$ с дробным внесением азота – 45,4 – 45,6%.

Превышение по сбору масла над контрольным вариантом в севооборотах составило 1,2 – 2,6 и 2,1 – 2,6 ц/га.

8. БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ В СЕВОБОРОТЕ

8.1. Эффективность севооборотов, предшественников и систем удобрений при возделывании озимой пшеницы

Расчет экономических и биоэнергетических показателей позволил нам определить наиболее эффективные и энергетически целесообразные приемы при возделывании озимой пшеницы в изучаемых севооборотах.

Способствуя увеличению урожайности, стоимости валовой продукции и чистого дохода, минеральные удобрения, снижали норму рентабельности и увеличивали себестоимость зерна. Минимальная норма рентабельности получена при внесении повышенной и высокой доз полного минерального удобрения (таблица 15). Здесь была и самая высокая себестоимость зерна – 1,76 – 2,04 тыс. руб./т.

Рентабельность производства зерна озимой пшеницы обуславливалась отзывчивостью данной культуры на удобрения, эффективность которых определялась предшественником. Наиболее высокая стоимость валовой продукции за годы исследований получена по предшественникам эспарцет – 27,05–31,25 и горох 21,40–31,35 тыс. руб./га. Здесь получен и более высокий чистый доход – 20,77–23,17 и 15,57–22,96 тыс. руб./га при 6,74–16,72 тыс. руб./га по кукурузе и 9,68–19,57 тыс. руб./га по сахарной свекле, что ниже, чем по бобовым предшественникам, на 70,8–163,3 и 16,7–33,4%.

Более затратным является производство зерна по пропашным предшественникам, где норма рентабельности составила 94,5–128,8% при себестоимости зерна в среднем по опыту 1,83–2,20 тыс. руб./т. Для сравнения: по бобовым предшественникам себестоимость составила 1,33–1,35 тыс. руб./т при значительно меньших – на 64,2% – затратах на удобрения.

Достаточно эффективными по экономическим и биоэнергетическим показателям были варианты со средней дозой ($N_{20}P_{40}$, $N_{40}P_{60}K_{60}$, $N_{60}P_{60}K_{60}$), где

при низкой себестоимости 1 т зерна 1,60 тыс. руб., высоком чистом доходе – 18,84 тыс. руб./га обеспечена рентабельность 203,2%. При данных экономических показателях выход основной продукции на 1ГДж составил 2,35ц.

Таблица 15 – Экономическая и биоэнергетическая оценка возделывания озимой пшеницы при различных системах удобрения (среднее по севооборотам и предшественникам, 2000 – 2006 гг.)

Показатель	Система удобрения							
	контроль	средняя доза РК	средняя доза НК	средняя доза NP	минимальная доза NPK	средняя доза NPK	повышенная доза NPK	высокая NPK
Урожайность, т/га	3,85	4,77	4,64	5,40	4,87	5,62	6,02	5,95
продукции с 1 га, тыс.руб. валовой	19,24	2386	23,19	27,01	24,36	28,11	30,21	29,63
на 1 га, тыс.руб. валовые затраты	5,88	7,98	7,63	8,56	7,79	9,27	10,60	12,13
продукции, тыс.руб. стоимость 1 т	1,53	1,67	1,64	1,58	1,60	1,65	1,76	2,04
Чистый доход с 1 га, тыс.	13,36	15,88	15,56	18,45	16,57	18,84	19,61	17,50
Рентабельность, %	227,2	199,0	203,9	215,5	212,7	203,2	185,3	144,3
энергии на 1 га, тыс.руб. валовая продукция	17,17	20,58	22,14	23,51	20,75	23,90	27,74	29,14
продукции, тыс.руб. валовая продукция	2,24	2,32	2,10	2,30	2,35	2,35	2,17	2,04
эффективности чистой	6,27	7,20	6,01	6,69	6,92	6,89	6,39	5,84

8.2. Биоэнергетическая оценка и экономическая эффективность длительного применения систем удобрения подсолнечника в севообороте
 Совершенствование приемов технологии возделывания подсолнечника, обеспечивающих повышение продуктивности и качества семян, весьма выгодно в плане экономии материальных затрат. Проведенный анализ эффективности различных доз и систем удобрения показал, что в значительной степени они определяют рентабельность производства подсолнечника (таблица 16).

Таблица 16 – Экономическая эффективность применения различных систем удобрения подсолнечник (среднее по двум севооборотам, 1999 – 2006 гг.)

Система удобрения	Урожайность, т/га	Затраты на 1 га, тыс. руб.	Стоимость продукции, тыс. руб./га	Прибыль, тыс. руб./га	Себестоимость, руб./т
Без удобрений (к)	2,69	8,39	32,28	23,89	3,12
P ₆₀	3,03	10,10	36,42	26,32	3,33
N ₄₀	3,00	9,57	34,19	24,62	3,19
N ₄₀ P ₆₀	3,07	11,28	36,84	25,56	3,67
N ₂₀ P ₃₀	3,04	9,68	36,48	26,80	3,18
N ₄₀ P ₆₀	3,17	11,23	38,10	26,87	3,54
N ₄₀ P ₆₀ + N ₄₀ до посева	3,25	13,14	39,00	25,86	4,04
N ₄₀ P ₁₂₀ + N ₄₀ до посева	3,17	14,08	38,10	24,02	4,44

Чистая прибыль достигла наивысших показателей – 26,80 и 26,87 тыс. руб./га при минимальной (N₂₀P₃₀) и средней (N₄₀P₆₀) дозах азотно-фосфорного удобрения. Минимальными 23,89 и 24,02 тыс. руб./га – ее величины были на неудобренном фоне и при высокой дозе удобрений (N₈₀P₁₂₀) с дробным внесением азота, при себестоимости товарной продукции 3,12 и 4,44 тыс. руб./т. Высокий уровень рентабельности при возделывании подсолнечника – 260,7, 257,3 и 276,8% получен при использовании только фосфорных и азотных удобрений, а также минимальной дозы N₂₀P₃₀.

Следует отметить, что в условиях недостаточного увлажнения Западного Предкавказья на черноземе обыкновенном возделывание подсолнечника достаточно рентабельно как в экономическом, так в биоэнергетическом аспекте.

Высокое приращение энергии – 119,1 ГДж/га получено при внесении N₄₀P₆₀ на фоне полного минерального удобрения, внесенного под предшествующие культуры, минимальное – 111,2 ГДж/га – при этой же системе удобрения, но на фоне систематического исключения из состава удобрений калия. Затраты энергии по мере увеличения доз удобрения в сравнении с контролем возросли на 9,5 – 132,1%, а коэффициент энергетической эффективности снизился с 11,5 – 12,2 до 5,3 – 5,9 при максимальном значении на контрольных ва-

риантах и минимальном – при внесении высокой дозы ($N_{80}P_{120}$) с дробным внесением азота. В структуре энергетических затрат максимальная доля – 24,4-41,0% – приходится на семена, 12,8 – 21,6% – на горюче смазочные материалы и 16,9 – 40,3% – на удобрения.

ВЫВОДЫ

Исследования, проведенные в 1999 – 2006 гг. на черноземе обыкновенном Западного Предкавказья в условиях недостаточного увлажнения показали, что решающая роль в формировании урожая озимой пшеницы и подсолнечника принадлежит влагообеспеченности растений и питательному режиму почвы. По сумме эффективных температур и приходу ФАР эта зона благоприятна для возделывания изучаемых культур и получения стабильно высоких урожаев с хорошими технологическими качествами.

1. В условиях недостаточного увлажнения значительная роль в накоплении продуктивной влаги в почве принадлежит севообороту, предшественникам и метеорологическим условиям. Более высокие запасы продуктивной влаги на дату посева озимой пшеницы в пахотном слое почвы (0-30 см) накапливаются в зернотравяно-пропашном севообороте и после ранубираемого предшественника эспарцета (36,3 мм), меньшее – после сахарной свеклы (28,2 мм). За счет осадков осенне-зимнего периода на дату начала весенней вегетации накапливается 189,8–210,3 мм в метровом слое и 349,1 – 422,0 мм – в двухметровом слое почвы. При этом почти на 50% влага слоя 0–200 см к фазе колошения уменьшается и сохраняется дифференциация относительно предшественников и севооборотов.

2. Потребление растениями озимой пшеницы почвенной влаги зависит от типа севооборота, предшественника и системы удобрения. Суммарное водопотребление на неудобренном фоне зернопропашного севооборота в зависимости от предшественника составляло 3670–4087 м³/га, в зернотравяно-пропашном было на 9–13% больше. Максимальным оно было по предшественнику эспарцет. Увеличивая общее количество потребленной влаги, удобрения снижали коэффициент водопотребления на 6,5-46,2%. Сбалансированные по элементам питания системы удобрения на 6,3-30,6% в зернотравяно-пропашном севообороте и на 26,2-46,2% – в зернопропашном способствовали более экономному ее использованию. Аналогичный характер потребления влаги в зависимости от системы удобрения наблюдался и у подсолнечника.

3. Минеральные удобрения способствовали повышению накопления корневых и пожнивных остатков в почве. Наибольшее количество их было после эспарцета (5,6-9,6 т/га) и самое низкое – после сахарной свеклы (3,2-5,2 т/га). На систематически удобренных вариантах возмещение в почву органических остатков было минимальным, а на фоне высокой дозы NPK – максимальным. На контроле содержание гумуса в слое почвы 0-30 см под озимой

пшеницей была наиболее высоким после эспарцета (3,81%) и дальше следовали предшественники: озимая пшеница, горох, кукуруза, сахарная свекла. Вид севооборота и удобрения оказали различное влияние на накопление гумуса в слое почвы 0-30 см. За 27 лет проведенных исследований на варианте без применения удобрений этот показатель был ниже исходного уровня в начале закладки опыта. При ежегодном внесении удобрений в севообороте без трав имела место тенденция к некоторому повышению гумуса в пахотном слое почвы.

4. Под влиянием удобрений улучшается почвенное плодородие. Количество подвижного фосфора возросло на удобренных фонах до 14,4 – 44,4 мг/кг почвы в зернопропашном севообороте и 14,0 – 40,7 мг/кг почвы – в севообороте с травами, при содержании на контрольных вариантах 12,5 – 13,3 мг/кг почвы. Высокой обеспеченностью подвижным фосфором (40,7 – 44,4 мг/кг почвы) отличаются варианты с внесением высокой дозы минерального удобрения ($N_{40}P_{80}$, $N_{80}P_{120}K_{120}$, $N_{120}P_{120}K_{120}$, $N_{80}P_{120}$), низкой 14,0 – 14,4 мг/кг почвы – при использовании систем удобрения с систематическим исключением фосфора (N_{40} , $N_{40}K_{60}$, $N_{60}K_{60}$). Содержание минерального азота стабилизировалось на уровне 12,8 – 18,0 мг/кг почвы. Эта закономерность сохраняется на протяжении всей вегетации изучаемых культур. Обеспеченность почвы обменным калием была высокой 352 – 412 мг/кг почвы, под влиянием вносимых удобрений она изменялась на 4 – 56 мг/кг почвы.

5. Между вносимыми дозами удобрения и содержанием азота, фосфора и калия в почве установлена положительная корреляционная связь по азоту – 0,29–0,46, по фосфору – 0,75–0,83, по калию – 0,44–0,53. Выявлена также зависимость между содержанием в почве основных элементов питания и урожайностью озимой пшеницы с множественным коэффициентом корреляции 0,758–0,900, с долей влияния: азота – 23,8–50,0 и 33,3–58,9%, фосфора – 17,8–26,2 и 11,4–28,3%, калия – 1,2–16,3 и 2,2–19,4% соответственно севооборотам и предшественникам.

6. Установлено, что по мере улучшения условий минерального питания посредством внесения удобрений увеличивалось содержание азота, фосфора и калия в тканях растений. Наиболее высокое содержание элементов питания в растениях озимой пшеницы наблюдалось в фазу весеннего кущения. В соломе к концу вегетации оно снизилось: азота – до уровня 0,45–0,66 в зернопропашном и 0,41–0,68 в зерноотравяно-пропашном севооборотах, фосфора – 0,15–0,26 и 0,17–0,26, калия 1,19–1,48 и 1,24–1,41%. В зерне соответственно 1,74–2,14 и 1,99–2,19%, 0,64–0,76 и 0,65–0,80%, 0,55–0,81 и 0,55–0,58%.

Установлена также тесная корреляционная связь величины урожая с содержанием в растениях азота – $r = 0,941-0,752$, фосфора – $r = 0,920-0,930$.

7. Величина потребления основных элементов питания озимой пшеницей на создание урожая с единицы площади зависит от севооборота, предшественника и системы удобрения. На неудобренных фонах оно составило в

зерноотравно-пропашном севообороте по предшественнику эспарцет: азота – 147,8 кг/га, фосфора – 48,1, калия – 116,5 кг/га, что больше относительно других предшественников на 1,4–88,5; 3,4–2,5 и 12,1–63,1 кг/га. По мере интенсификации системы удобрения с ростом урожайности увеличивается и вынос основных макроэлементов при парных сочетаниях (PK, NK и NP): азота на 11,9–92,6%, при полных системах удобрения – на 16,5–145,2%, фосфора соответственно на 8,9–78,9 и 30,1–126,7%, калия – на 14,3–67,7 и 22,0–109,3% с максимальными значениями при повышенной ($N_{40}P_{40}$, $N_{80}P_{60}K_{60}$, $N_{120}P_{60}K_{60}$) и высокой ($N_{40}P_{80}$, $N_{80}P_{120}K_{120}$, $N_{120}P_{120}K_{120}$) дозах удобрения.

Увеличиваются и затраты питательных веществ на единицу основной продукции озимой пшеницы: азота с – 24,8–29,0 кг/т на контрольных вариантах до 30,6–32,4 кг/т при внесении повышенной дозы NPK, фосфора – с 8,9–9,2 до 10,5–11,1, калия – с 20,9–21,8 до 23,6–23,9 кг/т соответственно.

8. Улучшение обеспеченности растений элементами минерального питания за счет внесения удобрений увеличивает количество новых побегов по сравнению с контролем на 20 – 396 шт./м². Установлена тесная корреляционная связь с коэффициентом 0,867–0,921 между урожайностью зерна озимой пшеницы и количеством сформировавшихся продуктивных стеблей.

9. Наиболее благоприятные условия для формирования оптимальных размеров ассимиляционной поверхности листьев у растений озимой пшеницы на неудобренных фонах сложились по предшественнику эспарцет 40,6 тыс. м²/га, минимальные – 18,86 тыс. м²/га – по кукурузе. Интенсификация системы удобрения увеличивала этот показатель, в том числе при внесении высокой нормы ($N_{40}P_{80}$, $N_{80}P_{60}K_{60}$, $N_{80}P_{120}K_{120}$, $N_{120}P_{120}K_{120}$) на 100% с максимальными значениями по предшественнику эспарцет – 55 тыс. м²/га – и минимальными по кукурузе – 46 тыс. м²/га.

Несбалансированные по азоту, фосфору и калию системы удобрения снижали индекс листовой поверхности по сравнению со средней дозой NPK на 10 – 50%. При этом установлена прямая корреляционная связь между системами удобрения и площадью листьев ($r = 0,857 – 0,882$), а также площадью листьев и урожайностью зерна озимой пшеницы ($r = 0,697–0,973$).

10. Фотосинтетический потенциал посевов озимой пшеницы по мере интенсификации системы удобрения возрастал по сравнению с контролем на 51,2–1086,0 тыс. м²/га в сутки, или на 6,5–139,1%, а чистая продуктивность фотосинтеза, вследствие ухудшения освещенности нижних ярусов листьев снижается на 0,43–1,32 г/м² в сутки или на 3,8–11,8%.

Максимальное количество сухого вещества к фазе восковой спелости формировалось при внесении повышенных и высоких доз удобрений – 2299–2480 г/м², при показателе на контроле 1323 г/м².

11. Высокое содержание элементов питания в тканях растений подсолнечника, как и у озимой пшеницы, наблюдалось на ранних этапах развития: азота 4,06–4,35% и 4,07–4,27% соответственно севооборота, фосфора – 0,95–

1,34 и 0,88–1,55%, калия – 5,90–6,40 и 5,85–6,44%. По мере роста и развития растений содержание азота, фосфора и калия снижалось. Однако, на протяжении всей вегетации влияние систем удобрения на содержание в растениях макроэлементов было более высоким при интенсификации системы удобрения.

12. Изучаемые дозы удобрения влияли не только на относительное содержание в растениях подсолнечника азота, фосфора и калия, но и потребление их единицей урожая. Большим выносом элементов питания с единицы площади отличаются растения подсолнечника выращенные на среднем ($N_{40}P_{60}$), повышенном ($N_{80}P_{60}$) и высоком ($N_{80}P_{120}$) фонах удобрения: азота 162,6–173,1 и 171,8–181,2 кг/га, фосфора – 77,0–87,6 и 81,9–94,3 кг/га, калия – 313,8–334,0 и 361,2–385,8 кг/га в зависимости от севооборота. Более низкими эти величины были 124,4–127,4; 49,3–54,4 и 282–314,3 кг/га на контрольных систематически неудобряемых вариантах. Аналогичные данные получены по затратам элементов питания на формирование единицы основной продукции с соответствующим количеством побочной: азота 46,2–47,4 кг/т, фосфора – 18,3–20,1, калия – 105,1–116,8 кг/т. Минеральные удобрения увеличивали эти показатели: азота – до 47,3–58,6 кг/т, фосфора – до 20,4–30,5 кг/т и калия – до 116,0–124,8 кг/т.

13. Изменение условий минерального питания под воздействием внешних удобрений, обеспечивает прирост ИЛП в сравнении с контролем на 11,4–14,7% при внесении P_{60} и N_{40} , при парных сочетаниях удобрений ($N_{40}P_{60}$, $N_{80}P_{60}$ и $N_{80}P_{120}$) – на 32,9–43,5 и 45,8–47,7% в зависимости от вида севооборота. Установлена тесная положительная связь между дозами удобрений и величиной поверхности листьев ($r = 0,879 \pm 0,10$ и $0,826 \pm 0,12$).

Большая фотосинтетическая мощность посевов подсолнечника на вариантах с вышеуказанными системами удобрения обеспечила и большее накопление сухой массы растений, превышающее этот показатель на неудобренных вариантах на 10–54%.

14. Улучшение питательного режима растений обеспечило большую мощность посева за период вегетации подсолнечника с фотосинтетическим потенциалом 1164–1594 млн. $m^2/га/сут.$, что было в 1,2–1,3 и 1,3–1,8 раза больше по сравнению с контрольными вариантами. Растения вариантов со средней, повышенной и высокой дозой азотно-фосфорных удобрений обеспечили и большее на 18,6–38,8% накопление сухой биологической массы и на 11,0–23,7% – хозяйственно полезной ее части.

15. Максимальные величины элементов структуры урожая озимой пшеницы отмечены при системах удобрения с полным минеральным удобрением, минимальные – при парных РК и НК.

Урожайность озимой пшеницы на 8,7–14,3% зависит от севооборота, на 15,3–18,7 – от предшественника и на 27,3–31,5% – от удобрения. На долю регулируемых факторов приходится 60,1–60,3%.

Изучаемые агроприемы возделывания озимой пшеницы обеспечили повышение урожайности зерна: после эспарцета – от 5,40 до 6,43 т/га, после кукурузы – от 2,85 до 6,20 т/га, после гороха – от 4,61 до 6,31 и после сахарной свеклы – от 3,05 до 6,24 т/га. Прибавка урожая зерна на удобряемых вариантах, по сравнению с контролем, составила по предшественникам в зернопропашном севообороте 25,6–79,2%, в зернотравяно-пропашном – 11,0–41,5%.

16. Качество зерна в основном определялось дозой удобрений и погодными условиями в межфазный период колошение – восковая спелость. Повышенная и высокая дозы по всем изучаемым предшественникам обеспечили среднее содержание белка в зерне от 11,7 до 12,3% и содержание клейковины 23,5–24,0%.

Наибольшая доля влияния (23,2–30,0%) принадлежит осадкам в межфазный период молочная – восковая спелость и гидротермическим условиям (17,0–28,3%). Аналогичная зависимость метеорологических факторов прослеживается и на содержании клейковины – 31,2–36,6% и 23,9–30,7%.

17. Показатели количества семян и массы семян с корзинки зависели от технологических приемов возделывания подсолнечника. Минимальное их количество – 1090–1163 шт. – с массой 67,1–72,6 г формировалось на контрольных вариантах.

Под влиянием минеральных удобрений, внесенных в различных дозах и сочетаниях, обсемененность корзинки увеличивалась на 74–183 шт., а масса семян – на 11,2–18,6%. Масса 1000 семян при этом возрастала на 2,3–3,7 и 0,6–2,3 г соответственно севооборотам.

18. Минимальная урожайность подсолнечника – 2,69 т/га – получена на вариантах без удобрений. Возделывание подсолнечника при внесении одного фосфора на фоне длительного внесения только фосфорно-калийных удобрений обеспечило в среднем за 8 лет урожайность в 2,98–3,09 т/га. Азотные удобрения (N_{40}) при длительном исключении фосфора – 2,94–3,07 т/га.

Применение $N_{40}P_{60}$, $N_{80}P_{60}$ и $N_{80}P_{120}$ на фоне длительного внесения среднего, повышенного и высокого уровня полного минерального удобрения обеспечивало урожайность 3,20–3,39 т/га.

По мере увеличения доз вносимых удобрений масличность семян, по сравнению с неудобренным вариантом, в зернопропашном севообороте снижалась на 0,3–3,3%, а в зернотравяно-пропашном увеличивалась на 1,2–4,3%.

19. Максимальный чистый доход при возделывании озимой пшеницы по пропашным предшественникам – 16,72–21,96 и 16,89–22,96 тыс. руб./т – обеспечивает внесение повышенной дозы полного минерального удобрения ($N_{80}P_{60}K_{60}$, $N_{60}P_{60}K_{60}$) с себестоимостью зерна 1,30–2,00 и 1,30–2,14 тыс. руб./т и уровнем рентабельности 143,8–258,8 и 157,7–286,4%.

Возделывание озимой пшеницы по бобовым предшественникам (многолетним травам и гороху) позволяет получать самое дешевое зерно с уровнем рентабельности на неудобренном фоне 267,1–330,7% и себестоимо-

стью 1,13–1,32 тыс. руб./т, а на вариантах с минимальными затратами удобрений – 1,22–1,25 тыс. руб./т с коэффициентом энергетической эффективности 7,29–8,65 и 7,15–8,71 соответственно севооборотам.

20. Изучаемые агроприемы: вид севооборота, предшественник и система удобрения не оказывали значительного влияния на продолжительность вегетационного и межфазных периодов озимой пшеницы и подсолнечника.

Анализ данных фенологии озимой пшеницы показал тесную отрицательную связь между температурным режимом и периодом посев – всходы ($r = -0,741 \pm 0,143$) также периодом возобновления весенней вегетации – выходом в трубку ($r = -0,664 \pm 0,153$). Положительная корреляционная связь средней степени отмечена между количеством осадков и продолжительностью периода посев – всходы ($r = 0,407 \pm 0,191$) и периода возобновления весенней вегетации – выхода в трубку ($r = -0,610 \pm 0,169$) и выхода в трубку – колошения ($r = 0,672 \pm 0,158$).

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

1. В условиях недостаточного увлажнения для сохранения и воспроизводства почвенного плодородия чернозема обыкновенного Западного Предкавказья, повышения производства сельскохозяйственной продукции, обязательным условием является использование научно обоснованных для данной почвенно-климатической зоны севооборотов с многолетними бобовыми травами, которые обеспечивают повышение содержания гумуса в пахотном слое почвы на 0,08 абсолютных процента в сравнении с зернопропашным севооборотом.

2. Применение удобрений в средних нормах обеспечивает повышение содержания фосфора до 20-32 мг /кг почвы, в высоких нормах до 36-44 мг /кг почвы, при содержании на контроле до 12-13 мг /кг почвы.

3. Для получения урожайности зерна озимой пшеницы на уровне 6,0-6,5 т/га рекомендуется применять следующие нормы удобрений в зернопропашном севообороте: после кукурузы на зерно $N_{60}P_{60}K_{60}$ под основную обработку и N_{60} в подкормку рано весной, после сахарной свеклы $N_{40}P_{60} K_{60}$ под основную обработку и N_{40} в подкормку рано весной, по предшественнику озимая пшеница $N_{60}P_{60}K_{60}$ однократно под основную обработку, по гороху $N_{20}P_{40}$ однократно под основную обработку.

В зернотравяно-пропашном севообороте после эспарцета $N_{10}P_{20}$ под основную обработку, после озимой пшеницы $N_{30}P_{30}K_{30}$ однократно под основную обработку, после гороха $N_{20}P_{40}$ однократно под основную обработку, после сахарной свеклы $N_{40}P_{60} K_{60}$ под основную обработку и N_{40} в подкормку рано весной. Внедрение в производство зернотравяно-пропашного севооборота позволит при одном уровне урожайности озимой пшеницы сэкономить азота 35 кг, фосфора 5 кг, калия 15 кг на 1 га.

4. Для повышения продуктивности посевов и экономической эффективности производства подсолнечника рекомендуется использовать следующие нормы азотно-фосфорных удобрений: $N_{20}P_{30}$ в зернотравяно-пропашном севообороте и $N_{40}P_{60}$ в зернопропашном севообороте.

СПИСОК РАБОТ ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Публикации в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях, рекомендованных ВАК

1. Статьи в научных изданиях

1. Квашин А.А. Пути увеличения производства зерна озимой пшеницы в различных севооборотах / С.И. Баршадская, А.А. Квашин, С.В. Гаркуша // Научные основы совершенствования системы земледелия в различных агроландшафтах Краснодарского края: Тр. Куб ГАУ. – Вып. 425(453). – Краснодар, 2005. – С. 83–93. – 0,69 п.л. (лично автором – 0,23 п.л.).

2. Квашин А.А. Роль севооборота в повышении продуктивности возделываемых культур // С.И. Баршадская, А.А. Квашин, К.Ф. Мигуля // Научные основы совершенствования системы земледелия в различных агроландшафтах Краснодарского края: Тр. КубГАУ. – Вып. 425 (453). – Краснодар, 2005. – С. 101–102. – 0,13 п.л. (лично автором – 0,03 п.л.).

3. Квашин А.А. Влияние 25-летнего применения удобрений на плодородие чернозема обыкновенного Западного Предкавказья / С.И. Баршадская, А.А. Квашин, С.В. Гаркуша // Научные основы совершенствования системы земледелия в различных агроландшафтах Краснодарского края: Тр. КубГАУ. – Вып. 425 (453). – Краснодар, 2005. – С. 134–135. – 0,13 п.л. (лично автором – 0,04 п.л.).

4. Квашин А.А. Влияние системы обработки почвы и органических удобрений на отдельные элементы плодородия пахотного слоя и продуктивности севооборота на обыкновенном черноземе Западного Предкавказья/ Е.П. Божко, А.А. Квашин, С.В. Гаркуша // Научные основы совершенствования системы земледелия в различных агроландшафтах Краснодарского края: Тр. КубГАУ. – Вып. 425 (453). – Краснодар, 2005. – С. 191–192. – 0,13 п.л. (лично автором – 0,03 п.л.).

5. Квашин А.А. Влияние различных способов основной обработки почвы и удобрений на отдельные элементы плодородия пахотного слоя и урожайность озимой пшеницы и подсолнечника / Е.П. Божко, А.А. Квашин, С.И. Баршадская // Научные основы совершенствования системы земледелия в различных агроландшафтах Краснодарского края: Тр. КубГАУ. – Вып. 425 (453). – Краснодар, 2005. – С. 193–195. – 0,19 п.л. (лично автором – 0,03 п.л.).

6. Квашин А.А. Влияние удобрений на продуктивность сахарной свеклы и потребление азота, фосфора и калия / С.И. Баршадская, А.А. Квашин, А.П. Бражник // Научные основы совершенствования системы земледелия в различных агроландшафтах Краснодарского края: Тр. КубГАУ. – Вып. 425 (453). – Краснодар, 2005. – С. 391–397. – 0,44 п.л. (лично автором – 0,11 п.л.).

7. Квашин А.А. Оптимизация минерального питания и продуктивность подсолнечника в северной зоне Краснодарского края / А.А. Квашин // Масличные культуры. – Вып.1(138)– Краснодар, 2008. – С. 42-44. – 0,19 п.л. (лично автором – 0,19 п.л.).

8. Квашин А.А. Продуктивность подсолнечника и вынос основных элементов питания на черноземе обыкновенном в зоне недостаточного увлажнения Краснодарского края / С.И. Баршадская, А.А. Квашин, В.В. Повстаной //

тр. КубГАУ. – Вып. 1 (10). – Краснодар, 2008. – С. 80–84. – 0,31 п.л. (лично автором – 0,08 п.л.).

9. Квашин А.А. Длительное применение удобрений, плодородие чернозема обыкновенного и динамика урожайности озимой пшеницы / Н.Г. Малюга, С.И. Баршадская, А.А. Романенко, А.А. Квашин, И.Б. Молчанов // Тр. КубГАУ. – Вып. 4(19). – Краснодар, 2009. – С. 63-69. – 0,44 п.л. (лично автором – 0,09 п.л.).

10. Квашин А.А. Влияние различных систем удобрения на урожайность семян и содержание масла у подсолнечника в условиях зоны недостаточного увлажнения Краснодарского края / А.А. Квашин // Масличные культуры. – Вып.2(141). – Краснодар, 2009. – С. 67-74. – 0,50 п.л. (лично автором – 0,17 п.л.).

11. Квашин А.А. Эффективность гербицидов в технологиях возделывания озимой пшеницы в зависимости от состояния популяций возбудителей болезней / Э.А. Пикушова, П.Т. Букреев, Ю.Ю. Совотикова, А.А. Квашин, Е.Ю. Моковцова // Тр. КубГАУ. – Вып. 4 (19). – Краснодар, 2009. – С. 143 – 146. – 0,25 п.л. (лично автором – 0,05 п.л.).

12. Квашин А.А. Хозяйствовать грамотно / А.А. Квашин // Сахар. - № 11. - 2009. - С.30-32. – 0,19 п.л. (лично автором – 0,19 п.л.).

13. Квашин А.А. Влияние длительного применения удобрений на плодородие чернозема обыкновенного и продуктивность основных сельскохозяйственных культур в условиях недостаточного увлажнения северной зоны Краснодарского края. // Тр. КубГАУ. – Вып. 2(23). – Краснодар, 2010. – С. 133–140. – 0,50 п.л. (лично автором – 0,10 п.л.).

14. Квашин А.А. Система удобрения, плодородие почвы, урожайность и качество семян подсолнечника в условиях северной зоны Краснодарского края // Тр. КубГАУ. – Вып. 2 (23). – Краснодар, 2010. – С. 110–115. – 0,38 п.л. (лично автором – 0,13 п.л.).

15. Квашин А.А. Технология возделывания многолетних бобовых трав и создание культурных пастбищ в условиях Краснодарского края // Е.В. Громыко, С.В. Гаркуша, А.И. Трубилин, Н.Г. Малюга, А.А. Квашин [и др.] – метод. рекоменд. – Краснодар, 2010. – 39 с. – 2,44 п.л. (лично автором – 0,08 п.л.).

16. Квашин А.А. Сорг- Основа высоких урожаев озимой пшеницы в Краснодарском крае / А.А. Квашин // Земледелие. - № 3. – 2011. - С. 47-48. – 0,13 п.л. (лично автором – 0,13 п.л.).

17. Квашин А.А. Плодородие чернозема обыкновенного и продуктивность основных сельскохозяйственных культур / С.И. Баршадская, А.А. Квашин, Ф.И. Дерка // Плодородие. - № 2. – 2011. - С. 36-39. – 0,25 п.л. (лично автором – 0,08 п.л.).

18. Квашин А.А. Бактериальная активность чернозема выщелоченного в звене севооборота кукуруза на зерно – озимая пшеница в зависимости от способов основной обработки почвы / Э.А. Пикушова, И.В. Бедловская, М.А. Беседина, Л.В. Соломонова, А.А. Квашин // Тр. КубГАУ. – Вып.3(30). – Краснодар, 2011. – С. 91-95. – 0,31 п.л. (лично автором – 0,06 п.л.).

19. Квашин А.А. Влияние почвенного плодородия и минеральных удобрений на интенсивность поражения озимой пшеницы сорта Краснодарская 99 бурой ржавчиной / Э.А. Пикушова Л.А. Шадрина, Л.А. Оберюхтина, А.А. Квашин // Тр. КубГАУ. – Вып.2 (29). – Краснодар, 2011. – С. 107-111. – 0,38 п.л. (лично автором – 0,08 п.л.).

II Монографии

20. Квашин А.А. Научные основы и практика использования ресурсосберегающих технологий при выращивании озимой пшеницы на чеоноземе обыкновенном Западного Предкавказья / А.А. Квашин. – Краснодар, 2011. – 155 с. – 9,69 п.л. (лично автором – 9,69 п.л.).

21. Квашин А.А. Подсолнечник. Биология и агротехника выращивания на юге России / Н.Г. Малюга, А.А. Квашин, А.В. Загорулько. – Краснодар, 2011. – 320 с. – 20,00 п.л. (лично автором – 6,67 п.л.).

22. Квашин А.А. Продуктивность озимой пшеницы в северной зоне Краснодарского края (второе дополненное издание) / С.И. Баршадская, А.А. Романенко, А.А. Квашин. – Краснодар, 2010. – 254 с. – 15,88 п.л. (лично автором – 5,29 п.л.).

III Статьи в профессиональных журналах и научных сборниках, доклады на конференциях, научно-методические работы.

23. Трубилин И.Т. Системы удобрения основных полевых культур: Рекомендации / И.Т. Трубилин, Н.Р. Шоков, Н.Г. Малюга, А.А. Квашин [и др.] – Краснодар, 2001. – 31 с. – 1,94 п.л. (лично автором – 0,05 п.л.).

24. Квашин А.А. Озимая пшеница. // Агроэкологический мониторинг в земледелии Краснодарского края (Вып. 2) / Я.В. Губанов, Н.Г. Малюга, С.И. Баршадская, А.А. Квашин [и др.] – Краснодар, 2002. – С. 108–135. – 1,75 п.л. (лично автором – 0,04 п.л.).

25. Квашин А.А. Подсолнечник. // Агроэкологический мониторинг в земледелии Краснодарского края (Вып.2) / В.И. Клюка, А.В. Загорулько, Н.И.Бочкарев, А.А. Квашин и др. – Краснодар, 2002. – С. 158–175. – 1,13 п.л. (лично автором – 0,08 п.л.).

26. Квашин А.А. Эспарцет. // Агроэкологический мониторинг в земледелии Краснодарского края (Вып.2) / П.П.Васюков, А.А. Салфетников, С.И. Баршадская, А.А. Квашин [и др.]. – Краснодар, 2002. – С. 203–211. – 0,56 п.л. (лично автором – 0,08 п.л.).

27. Квашин А.А. Биоэнергетическая и экономическая оценка альтернативных технологий возделывания полевых культур // Агроэкологический мониторинг в земледелии Краснодарского края (Вып. 2) / М.И.Семенов, Л.О. Великанова, А.И. Радионов, А.А. Квашин [и др.]. – Краснодар, 2002. - С. 244–253. – 0,63 п.л. (лично автором – 0,09 п.л.).

28. Квашин А.А. Влияние доз и сроков внесения удобрений на урожайность и качество зерна озимой пшеницы на обыкновенном черноземе Западного Предкавказья / С.И. Баршадская, Н.П. Фоменко, А.А. Квашин // Пути повышения и стабилизации производства высококачественного зерна: сб. докл. Междунар. науч.-практ конф. – Краснодар, 2002. – С. 154–158. – 0,31 п.л. (лично автором – 0,06 п.л.).

29. Квашин А.А. Сравнительная оценка предшественников озимой пшеницы по влиянию на урожайность и качество зерна // С.И. Баршадская, А.А. Квашин, К.Ф. Мигуля // Пути повышения и стабилизации производства высококачественного зерна: сб. докл. Междунар. науч.-практ конф. – Краснодар, 2002. – С. 158–162. – 0,31 п.л. (лично автором – 0,10 п.л.).

30. Квашин А.А. Особенности ухода за посевами озимых колосовых, многолетних трав и возделывание яровых культур в 2003 году: рекомендации / В.В. Пушкин, И.Т. Трубилин, Н.Г. Малюга, А.А. Квашин и др. – Краснодар, 2003. – 46 с. – 2,88 п.л. (лично автором – 0,04 п.л.).

31. Квашин А.А. Продуктивность и качество сортов озимой пшеницы в ЗАО «Имени Ильича» Ленинградского района Краснодарского края / А.А. Квашин // Технология, селекция и семеноводство сельскохозяйственных

культур: межвуз. сб. науч. тр. Часть 1. – зерноград, 2003. – С. 251–254. – 0,25 п.л. (лично автором – 0,25 п.л.).

32. Квашин. А.А. Влияние условий питания на урожай и качество зерна кукурузы / А.А. Квашин, С.И. Баршадская, К.Ф. Мигуля // Энтузиасты аграрной науки. Вып. 3. – Краснодар, 2004. – С. 22-30. – 0,50 п.л. (лично автором – 0,17 п.л.).

33. Квашин А.А. Эффективность применяемых доз удобрений при возделывании кукурузы на зерно на обыкновенном черноземе северной зоны Краснодарского края / А.А. Квашин, К.Ф. Мигуля, И.Б. Молчанов // Технология, агрохимия и защита сельскохозяйственных культур: межвузовский сб. науч. тр. – зерноград, 2005. – С. 97–101. – 0,31 п.л. (лично автором – 0,10 п.л.).

34. Квашин А.А. Потребление элементов питания и продуктивность озимой пшеницы в зависимости от предшественника и системы удобрения / С.И. Баршадская, А.А. Квашин, К.Ф. Мигуля // Технология, агрохимия и защита сельскохозяйственных культур: Межвузовский сб. науч. тр. – зерноград, 2005. – С. 101-109. – 0,56 п.л. (лично автором – 0,19 п.л.).

35. Квашин А.А. Эффективность применения удобрений под подсолнечник на черноземе обыкновенном / А.А. Квашин // Инновационные пути развития АПК – магистральное направление научных исследований для сельского хозяйства: материалы Междунар. науч.-практ. конф. 6–9 февраля 2007 г., п. Персиановский. II. – 2007. – С. 15–17. – 0,19 п.л. (лично автором – 0,19 п.л.).

36. Квашин А.А. Севооборот, агротехника и продуктивность полевых культур / Н.Г. Малюга, А.М. Кравцов, А.В. Загорулько, А.А. Квашин // Агроэкологический мониторинг в земледелии Краснодарского края: Тр. КубГАУ. – Вып. 431(459), 2008. – С. 14–43. – 1,88 п.л. (лично автором – 0,19 п.л.).

37. Квашин А.А. Влияние культур севооборота и агротехнологий на содержание и баланс гумуса в черноземе выщелоченном равнинного агроландшафта // Н.Г. Малюга, В.И. Терпелец, А.В. Загорулько, А.А. Квашин [и др.] // Агроэкологический мониторинг в земледелии Краснодарского края: Тр. КубГАУ. – Вып. 431(459). - 2008. – С. 44–48. – 0,31 п.л. (лично автором – 0,03 п.л.).

38. Квашин А.А. Потребление растениями и баланс макроэлементов в почве / Н.Г. Малюга, Н.Н. Застежко, Л.Х. Аветьянц, А.А. Квашин // Агроэкологический мониторинг в земледелии Краснодарского края: Тр. КубГАУ. – Вып. 431(459). - 2008. – С. 54–58. – 0,31 п.л. (лично автором – 0,03 п.л.).

39. Квашин А.А. Мониторинг питательных веществ в почве и растениях в зависимости от агротехнологий в полевом севообороте / Н.Г. Малюга, А.М. Кравцом, А.В. Загорулько, А.А. Квашин и др. // Агроэкологический мониторинг в земледелии Краснодарского края: Тр. КубГАУ. – Вып. 431(459). - 2008. – С. 105–138. – 2,13 п.л. (лично автором – 0,16 п.л.).

40. Квашин А.А. Урожайность зерна и экономическая эффективность выращивания озимой пшеницы и озимого ячменя при различных способах основной обработки почвы в 11 – полном зернотравяно-пропашном севообороте в центральной зоне Краснодарского края / Н.Г. Малюга, В.Г. Шоль, П.Т. Букреев, А.А. Квашин [и др.] // Агроэкологический мониторинг в земледелии Краснодарского края: Тр. КубГАУ. – Вып. 431(459). - 2008. – С. 148–160. – 0,81 п.л. (лично автором – 0,09 п.л.).

41. Определение сортовых признаков основных полевых культур Краснодарского края: метод. рекомендации / Е.В. Громыко, С.В. Гаркуша, Н.Г. Малюга, А.А. Квашин. -Краснодар, 2011.-129 с.- 8,06 п.л. (лично автором – 0,50 п.л.).

42. Квашин А.А. Влияние органических и минеральных удобрений в технологиях возделывания озимой пшеницы на патогенную и супрессивную микрофлору / В.С. Горьковенко, Э.А. Пикушова, П.Т. Букреев, А.А. Квашин [и др.] // Фитосанитарное обеспечение устойчивого развития агроэкосистем: Междунар. науч.-практ. конф. – Орел, 2008. – С. 20-22. – 0,19 п.л. (лично автором – 0,03 п.л.).

43. Квашин А.А. Биоиндикация состояния чернозема выщелоченного слабогумусного в агроценозе кукурузы на зерно на фоне различных способов основной обработки почвы / Э.А. Пикушова, И.В. Бедловская, М.А. Беседина, А.А. Квашин [и др.] // Современные ресурсосберегающие инновационные технологии возделывания сельскохозяйственных культур: состояние и пути решения: Междунар. науч.-практ. конф. – Ставрополь, 2010. – С. 140-145. – 0,38 п.л. (лично автором – 0,08 п.л.).

44. Квашин А.А. Фактор защиты растений в технологиях возделывания озимой пшеницы на фоне прямого посева / Э.А. Пикушова, Л.А. Шадрина, В.Г. Шоль, А.А. Квашин // Современные ресурсосберегающие инновационные технологии возделывания сельскохозяйственных культур: состояние и пути решения: Междунар. науч. - практ. конф. – Ставрополь, 2010. – С. 145-151. – 0,44 п.л. (лично автором – 0,11 п.л.).