

На правах рукописи

Пасынкова Елена Николаевна

**АГРОХИМИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ
УРОЖАЙНОСТИ И КАЧЕСТВА ЗЕРНА ПШЕНИЦЫ**

Специальность 06.01.04 - агрохимия

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

доктора биологических наук

Москва

Работа выполнена в Государственном научном учреждении Зональном научно-исследовательском институте сельского хозяйства Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого Российской академии сельскохозяйственных наук

- Научный консультант:** **Завалин Алексей Анатольевич**
доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
член-корреспондент Россельхозакадемии
- Официальные оппоненты:** **Верниченко Игорь Васильевич**
доктор биологических наук, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, кафедра агрономической, биологической химии и радиологии, профессор
Лукин Сергей Михайлович
доктор биологических наук, Всероссийский научно-исследовательский институт органических удобрений, директор
Конончук Вадим Витальевич
доктор сельскохозяйственных наук, Московский научно-исследовательский институт сельского хозяйства «Немчиновка», руководитель Технологического центра по земледелию
- Ведущее учреждение:** Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет»

Защита диссертации состоится « 24 » апреля 2014 г. в 14⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета Д 006.029.01 при Государственном научном учреждении Всероссийском научно-исследовательском институте агрохимии имени Д.Н. Прянишникова Российской академии сельскохозяйственных наук по адресу: 127550, г. Москва, ул. Прянишникова, 31а

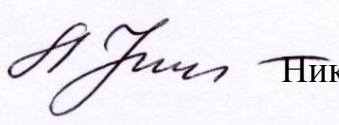
С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ГНУ ВНИИА Россельхозакадемии.

Автореферат разослан « » 2014 г.

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

E-mail: dissovet_vniia@mail.ru

**Учёный секретарь
диссертационного совета**



Никитина Любовь Васильевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

В решении проблемы продовольственной безопасности ключевым моментом является увеличение производства и повышение качества зерна, поэтому выращивание мягких пшениц в Нечерноземье России, зерно которых соответствует требованиям, предъявляемым к ценным и сильным, и пригодным для самостоятельного помола и выпечки хлеба, имеет приоритетное значение. Сложившееся мнение, что в Нечерноземье России невозможно получать высококачественное зерно пшеницы, пригодное для хлебопечения связано с отсутствием сортов, обладающих высокими технологическими качествами и генетически обусловленным высоким уровнем содержания белка и клейковины, способных давать хлеб высокого качества. Сказывается недостаток тепла, избыточное увлажнение в период налива зерна, низкий уровень плодородия распространенных здесь дерново-подзолистых почв. При этом проблема наращивания продовольственного зерна в Нечерноземье России стоит довольно остро (Неттевич, 1976; Павлов, 1984; Вербицкая, 1986; Яровая пшеница ..., 1987; Ториков, 1991; Эзрохин, 1994; Макаров и др., 1998; Кравцов, 2000; Войтович, 2002; Сандухадзе и др., 2003; Иванов и др., 2005; Жученко, 2004; 2008; Ленточкин, 2011; Журавлева, 2012).

На дерново-подзолистых почвах Нечерноземья среди факторов, определяющих величину урожая и уровень накопления белка (и клейковины) в зерне, азотным удобрениям принадлежит ведущая роль. Снижение объемов применения минеральных удобрений в целом и азотных в частности, вызывает необходимость поиска дополнительных источников снабжения растений азотом. Один из путей решения данной проблемы - совместное выращивание зерновых и зернобобовых культур. Преимущества смешанных посевов бобовых и злаковых культур перед их монопосевами очевидны и во многом обусловлены их повышенной устойчивостью к абиотическим и биотическим стрессам. При выращивании злаковой и бобовой культур в смешанном посеве существенно улучшается азотное питание растений злакового компонента смеси в период вегетации и, как следствие, повышается содержание белка в зерне (Mead, Stern, 1980; Willey 1985; Niebsch, McCollum, 1987; Чухнин, Надежина, 1988; Finney 1990; Такунов, 1996; Трепачев, 1999; Завалин и др., 2003; Гамзиков, Шотт, 2007; Лекомцев, 2007; Новоселова, 2007; Новиков, Баринов, 2008; Завалин, Безгодова, 2009; Прохоров и др., 2009; Яговкина, Пасынков, 2010; Bedoussac, Justes, 2011). Оценка эффективности смешанных посевов злаковой и бобовой культур проводилась в основном на одном уровне минерального питания (чаще всего азотного) и одним или двумя соотношениями состава высеваемой смеси (в основном 1 : 2 или 2 : 1), и чаще всего для целей семеноводства и кормопроизводства (Вавилова, 1993; Лапшин, 1996; Осокин и др., 2002; Малахова и др., 2006; Захарова, Елисеев, 2008; Терентьев, 2009; Измestьев, Лапшин, 2009; Захарова, 2010; Коконов, Карамова, 2010). При этом большинство рекомендаций по применению азотных удобрений под зернобобовые культуры разработаны для их монопосевов (Кукреш, 1984; 1991; Рахимова, Храмой, 2008), а рекомендации по оптимальным дозам азотного удобрения в зависимости от соотношения высеваемых компонентов в составе смеси практически отсутствуют.

Оптимизация доз и соотношений минеральных удобрений, несмотря на множество проведенных длительных опытов и обилие расчетных методов, не стано-

вится менее актуальной. Напротив, рост цен на материально-технические ресурсы и, как следствие, повышение себестоимости сельскохозяйственной продукции делают эту проблему еще более значимой (Сиротенко и др., 2009). Актуальной задачей является дальнейшее совершенствование методов комплексной диагностики минерального питания растений. Ее цель: сбалансированность элементов минерального питания в растениях в период вегетации для формирования высокого урожая с регламентируемым ГОСТом или требуемым потребителями биохимическим составом. Перспективными в этом направлении являются методы диагностики, контролирующие потребность растений в элементе минерального питания не только по его концентрации (валовому содержанию), но и по его влиянию на интенсивность биохимических процессов в растении (Ельников, Шаповалова, 1998), то есть методов диагностики функционального состояния вегетирующих растений, объединяющих два постоянно идущих и тесно взаимосвязанных процесса, происходящих в растении: фотосинтеза и минерального питания, которые, в свою очередь, неразрывно связаны с процессом дыхания.

Цель работы: разработать агрохимические приемы регулирования урожайности и качества зерна пшеницы. В соответствии с целью исследований предусматривалось решение следующих задач:

- выявить основные факторы и их вклад в формировании урожайности и наиболее важных показателей биохимического состава и технологических качеств зерна яровой пшеницы;
- определить условия формирования зерна яровой и озимой пшеницы, соответствующего требованиям продовольственного (ГОСТ Р 52554 - 2006), в зависимости от доз азотного удобрения и вида посева (одновидовой или в смеси с вики), а также от срока проведения некорневых азотных подкормок;
- изучить динамику накопления суммы сахаров в растениях различных сортов яровой пшеницы по фазам вегетации;
- изучить динамику минерального азота в почве при возделывании яровой пшеницы по пласту клевера;
- установить статистические зависимости: природы зерна яровой пшеницы от содержания белка и массы 1000 зерен и урожайности зерна от доз минеральных удобрений и гидротермических условий межфазных периодов вегетации;
- изучить особенности накопления белка и пластических веществ в зерне яровой пшеницы и вики, возделываемых в смешанных посевах на фоне возрастающих доз азота и взаимоотношения между вегетативными органами (колос, листья, стеблевые узлы и междоузлия) и зерном как доноров и акцепторов азота;
- изучить динамику конкурентных отношений в потреблении азота растениями яровой пшеницы и вики, возделываемых в смешанных посевах;
- провести оценку смешанных посевов яровой пшеницы и вики по критериям биологической эффективности (LER) и конкурентных отношений (CR) и усовершенствовать способ оценки их (смешанных посевов) эффективности;
- определить размеры вовлечения в земледелие Кировской области биологического азота, фиксированного в посевах различных групп бобовых культур;
- изучить изменения показателей технологических качеств зерна яровой пшеницы при его фракционировании на решетках.

Научная новизна. Определен вклад фиксированных и случайных факторов в формировании урожайности и наиболее важных показателей биохимического состава и технологических качеств зерна яровой пшеницы, возделываемой на дерново-подзолистых почвах. Выявлены оптимальные параметры содержания суммы сахаров в растениях четырех сортов яровой пшеницы по фазам вегетации для получения планируемой урожайности зерна. Определены оптимальные величины содержания общего азота и суммы сахаров в растениях яровой пшеницы сорта Иргина по фазам вегетации, при которых у нее формируется зерно, соответствующее по содержанию сырой клейковины II и III классам качества (ГОСТ Р 52554 - 2006). Показано, что содержание общего азота и суммы сахаров по фазам вегетации могут являться диагностическими показателями функционального состояния растений.

Установлены особенности действия возрастающих доз азотного удобрения на урожайность яровой пшеницы и вики в смешанных посевах и выявлены причины существенного повышения содержания белка в зерне злаковой культуры, высеваемой в смеси с бобовой. Определены оптимальные величины содержания общего азота в растениях яровой пшеницы сорта Приокская, возделываемой в различных посевных соотношениях в смешанных с викой посевах, при которых у нее формируется зерно, соответствующее I ... III классам качества. Показано, что при выращивании пшеницы в смеси с викой в различных посевных соотношениях, существенно улучшаются основные показатели качества зерна злаковой культуры по сравнению с возделыванием ее в монопосеве.

Усовершенствован способ оценки эффективности смешанных посевов. Показано, что для более полной и корректной оценки их эффективности и напряженности конкурентных отношений, необходимо проводить ее не только по урожайности основной продукции (зерно), но и по сбору всей надземной массы.

Установлены и выражены в виде математических моделей зависимости урожайности зерна яровой пшеницы от доз минеральных удобрений и гидротермических условий межфазных периодов вегетации, а также природы зерна пшеницы от содержания в нем сырого белка и массы зерновки. Показано, что данные зависимости имеют сложный нелинейный характер и наиболее точно описываются уравнениями второго порядка с четко выраженными точками экстремума или областями оптимума. Установленные тенденции изменения природы от содержания белка и массы 1000 зерен подтверждены по независимым выборкам.

Определен запас минерального азота в почве в фазы кущения и трубкования в слоях 0 - 40 и 0 - 60 см для получения максимальной урожайности зерна яровой пшеницы при выращивании ее по пласту клевера.

Определены размеры вовлечения в земледелие Кировской области биологического азота, фиксированного различными группами бобовых культур. Показано, что ведущая роль в накоплении симбиотического азота и регулировании плодородия почв принадлежит многолетним бобовым травам.

Впервые изучены изменения технологических качеств зерна яровой пшеницы, сформированного в различные по гидротермическим условиям годы, при его фракционировании на решетках с продолговатыми отверстиями. Показано, что разделение зерна на фракции является способом повышения основных показате-

лей качества зерна пшеницы до регламентируемых ГОСТом Р 52554 - 2006 величин или требуемых потребителем кондиций.

Практическая ценность работы. Разработанные элементы технологий возделывания озимой и яровой пшеницы, обеспечивающие получение зерна, соответствующего требованиям II и III классам качества (ГОСТ Р 52554 - 2006) и пригодного для самостоятельного хлебопечения, могут быть реализованы не только в условиях Кировской области, но и в других районах Нечерноземья России, имеющих аналогичные почвенно-климатические условия, в которых изучаемые сорта озимой и яровой пшеницы включены в "Список сортов, допущенных к использованию в сельском хозяйстве".

Знание закономерностей изменения технологических качеств зерна пшеницы при его фракционировании на решетках с продолговатыми отверстиями позволяет регулировать величины основных показателей качества в желаемом направлении.

В целях получения зерна яровой пшеницы, соответствующего по содержанию сырого белка и сырой клейковины II или III классам качества, рекомендуется выращивать её в смеси с яровой викой с соотношением семян в составе высеваемой смеси 50/50 от нормы посева в их одновидовых посевах. При этом доза азотного удобрения может быть существенно снижена (с 90 ... 60 до 60 ... 30 кг/га д. в. соответственно) и получено зерно пшеницы с равным или более высоким содержанием сырого белка и сырой клейковины.

Разработанная модель при увеличении числа и интервала значений зависимой (Y - урожайность зерна яровой пшеницы) и независимых переменных (X_1 - дозы минеральных удобрений и X_2 - величины ГТК), полученных в определенных почвенно-климатических условиях для конкретного сорта, позволит прогнозировать величину урожайности зерна пшеницы.

Внедрение результатов исследований. Элементы технологии возделывания яровой пшеницы для получения зерна, соответствующего требованиям продовольственного (ГОСТ Р 52554-2006), прошли производственную проверку в ОПХ "Пригородное" Нововятского района г. Кирова. Материалы диссертации использованы при составлении «Системы ведения агропромышленного производства Кировской области» (2000).

Основные положения, выносимые на защиту

1. Элементы технологии возделывания озимой пшеницы на серых лесных и яровой пшеницы на дерново-подзолистых почвах для получения зерна, соответствующего требованиям продовольственного (ГОСТ Р 52554 - 2006).

2. Содержание общего азота и суммы сахаров по фазам вегетации как диагностические показатели функционального состояния растений.

3. Основные причины существенного увеличения содержания сырого белка в зерне яровой пшеницы при возделывании ее в смешанных посевах с викой.

4. Фракционирование зерна как способ повышения основных показателей технологических качеств зерна пшеницы.

Апробация работы. Результаты исследований доложены и обсуждены на конференции молодых ученых (ВИУА, 1993), научно-практических конференциях (Йошкар-Ола, 2007; Пермь, 2009; Саранск, 2010; Н. Новгород, 2011, Санкт-Петербург, 2013), международной конференции (АФИ Санкт-Петербург, 2012), Пятой международной

конференции «Безопасность продовольствия – 2013 г.» (Санкт-Петербург 2013). По материалам диссертации опубликовано 46 печатных работ, в т.ч. 14 - в изданиях, входящих в «Перечень российских рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук».

На основе результатов исследований разработана технология возделывания яровой пшеницы на продовольственные цели в условиях Кировской области.

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, 6 глав, выводов и предложений производству. Экспериментальные данные приведены в 130 таблицах, 46 рисунках и 55 приложениях. Список литературы включает 434 работы отечественных и зарубежных авторов.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Объекты и методы исследований

Исследования проведены в четырех полевых опытах: с озимой (сорт Янтарная 50) и яровой пшеницей (сорта: Иргина, Крепыш, Энита и Ленинградка); в опыте по изучению эффективности одновидовых и смешанных посевов яровой пшеницы (Приокская) и вики (Орловская 4), а также в условиях длительного стационарного опыта (сорт Иргина), проведенных в период с 1994 по 2008 гг. в Зональном НИИСХ Северо-Востока. Предшественник озимой пшеницы - чистый пар; в опытах с яровой пшеницей - клевер; в опыте по изучению эффективности одновидовых и смешанных посевов яровой пшеницы и вики - озимая рожь. Полевые опыты проведены методом наложения вариантов и простым вариантным схемам (Доспехов, 1985); производственная проверка в соответствии с "Методическими указаниями по разработке, производственной проверке и освоению интенсивных технологий возделывания зерновых культур" (М., 1986). При выборе и составлении схем полевых опытов руководствовались "Программой и методикой исследований в Географической сети опытов по комплексному применению средств химизации в земледелии" (М., 1990). Размещение делянок рендомизированное внутри каждого повторения. Повторность опытов 3...4-х кратная.

Почва участков при проведении опытов с яровой пшеницей и ее смесями с викой - дерново-подзолистая, среднесуглинистая, средне- и слабокислая, с низким и средним содержанием гумуса (по Тюрину); повышенным и высоким - подвижных фосфора и калия (по Кирсанову); с озимой пшеницей - серая лесная, среднесуглинистая, слабокислая, со средним содержанием гумуса, фосфора и калия.

Минеральные удобрения (в виде Naa, Nm, Pcd и Kx) при проведении полевых опытов вносили вручную, согласно схем опытов.

В период вегетации растений учитывали начало и полное наступление фаз. В фазу кущения, выхода в трубку, колошения (цветения) и полной спелости (за 1 - 3 дня до уборки) отбирали образцы растений для определения накопления сухой надземной массы и физиолого-биохимических показателей (реутилизация, полнота оттока и Поз. N), от которых зависит содержание белка в зерне (Павлов, Синицын, 1986). В образцах растений, отобранных в фазу полной спелости, определяли основные элементы структуры урожая по методике Государственного сортоиспытания (1971). Смешанные посевы по критериям биологической эффек-

тивности и конкурентных отношений оценивали согласно "Методическому руководству по исследованию смешанных агрофитоценозов" (Минск, 1996). Эффективность азотных удобрений определяли по методам, опубликованным в работах (Соколов, Семенов, 1994; Семенов, 1999).

Анализы почвы, зерна и растений выполнены по соответствующим ГОСТам, ОСТам и общепринятым методикам на поверенном Кировским государственным центром стандартизации, метрологии и сертификации оборудовании аналитической лаборатории НИИСХ Северо-Востока и Фалёнской селекционной станции. Учет урожая зерна в опытах с яровой пшеницей и ее смешанными посевами с викицей проведен сплошным методом поделочно комбайном "Сампо - 500", в опыте с озимой пшеницей - комбайном "Нива".

Метеорологические условия в годы проведения опытов существенно различались, а вегетационные периоды характеризовались недостатком влаги, нормальным или избыточным увлажнением, что не могло не оказать существенного влияния на величину урожая и основных показателей качества зерна.

Для изучения зависимостей натуры зерна от содержания белка и массы зерновки, а также урожайности зерна от доз минеральных удобрений и гидротермических условий межфазных периодов вегетации был использован множественный регрессионный анализ (Иванова, 1989). Статистическая обработка полученных экспериментальных данных проведена методом дисперсионного, корреляционного и регрессионного анализов по Б.А. Доспехову (1985); в среднем за годы опытов - по методу, опубликованному в работах (Афанасьев, 2002; 2004), используя пакеты статистических программ "STAT" (М.: ВИУА, 1991) и "AGROS" (версия 2.07).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Формирование урожая и качества зерна различных сортов яровой пшеницы

При внесении полного минерального удобрения (N, P и K) на дерново-подзолистых почвах Нечерноземья России, характеризующихся низким естественным плодородием (Тюлин, 1976; Тюлин, Гущина, 1992), ведущая роль в формировании урожайности зерновых культур, в т.ч. яровой и озимой пшеницы, принадлежит азотным удобрениям, но их эффективность в значительной степени определяется гидротермическими условиями периода вегетации (Павлов, 1984; Минеев, Павлов, 1981; Кореньков, 1999; Завалин, Пасынков, 2007; Ленточкин, 2011).

В год с избыточным увлажнением и пониженной температурой (ГТК посев - полная спелость - 2,84) урожайность зерна в среднем по опыту с четырьмя сортами яровой пшеницы составила 45,7 ц/га. Практически такая же урожайность (44,5 ц/га) получена в год с недостатком влаги в период кушение - цветение (ГТК - 0,80) и избыточным увлажнением в период налива зерна (ГТК - 1,73). Максимальная урожайность при проведении опыта получена в год с благоприятными условиями увлажнения в вегетативный (ГТК посев - цветение - 1,56) и засушливыми условиями - в репродуктивный период (ГТК - 0,97) - 54,7 ц/га. По величине урожайности первое место во все годы занимал сорт Энита, затем Крепыш, Иргина и Ленинградка (табл. 1). Азотное удобрение существенно повышало урожайность зерна всех сортов яровой пшеницы, однако увеличение дозы до N120 до по-

сева не давало достоверной прибавки урожайности по сравнению с внесением N90. Проведение некорневой азотной подкормки мочевиной в фазу цветения у всех сортов не обеспечивало существенной прибавки урожайности зерна, что совпадает с данными и других авторов (Коданев, 1976; Масловский, 1992), которые отмечали, что при посеве пшеницы по клеверо-люцерновому пласту проведение подкормки в фазу цветения для повышения урожайности неэффективно.

Максимальный вклад в формировании урожая зерна яровой пшеницы вносили азотные удобрения - 48,3% (фактор - "агрофон"). Доля влияния гидротермических условий при возделывании пшеницы по пласту клевера (фактор - "год") довольно значительна и составляет 24,1%. Доля влияния генотипа (фактор - "сорт") существенно ниже, чем доля азотных удобрений и гидротермических условий, но также достоверна и составляет 14,5%. Доля влияния взаимодействия двойных: "год - агрофон", "год - генотип", "агрофон - генотип" и тройного сочетания факторов: "год - агрофон - генотип" незначительна (1,6 - 4,5%).

Установлено, что урожайность зерна наиболее тесно связана с массой зерна с одного колоса ($r = 0,92$) и густотой стояния растений ($r = 0,80$); менее тесно - с количеством зёрен в колосе ($r = 0,70$) и числом продуктивных стеблей на единице площади ($r = 0,69$). Менее тесная зависимость урожайности зерна от густоты продуктивного стеблестоя, вероятно, объясняется тем, что яровая пшеница характеризуется пониженным коэффициентом продуктивной кустистости по сравнению с другими зерновыми культурами (Неттевич, 1976; Эзрохин, 1994).

Таблица 1. Урожайность зерна разных сортов яровой пшеницы, ц/га (сред. за 3 года)

Удобрение (А)	Сорт (В)				Сред. по А
	Иргина	Крепыш	Энита	Ленинградка	
Р45К60 - фон	32,6	35,4	38,0	38,1	36,0
Фон + N60	45,7	46,9	53,3	45,5	47,9
Фон + N90	49,1	51,2	56,1	45,3	50,4
Фон + N120	50,5	53,4	58,5	45,9	52,1
Фон + N60 + N30цв.	50,3	51,4	55,3	47,0	51,0
Фон + N90 + N30цв.	51,3	52,9	57,6	47,7	52,4
Сред. по сортам	46,6	48,5	53,1	44,9	48,3
НСР ₀₅ (В - сорт) = 1,7		НСР ₀₅ (АВ) = 3,1		НСР ₀₅ (А - азот) = 2,3	

Возрастающие дозы азотного удобрения повышали массу 1000 зёрен и массу зерна у всех сортов пшеницы (табл. 2). Однако с увеличением доз азота наблюдалась устойчивая тенденция к замедлению темпов роста этих показателей качества. Проведение некорневой азотной подкормки не влияло на массу 1000 зёрен и массу зерна. Среди сортов максимальная масса 1000 зёрен и масса зерна отмечены у сорта Крепыш (49,6 г и 792 г/л соответственно). Минимальной массой 1000 зёрен характеризуется сорт Ленинградка - 40,1 г., а натурой - Энита - 773 г/л. По величине массы 1000 зёрен промежуточное положение занимают сорта Иргина и Энита - 41,1 и 41,7 г соответственно, а натуре - Иргина и Ленинградка - 786 г/л. Стекловидность зерна существенно зависела от доз азотного удобрения, сорта и в определённой степени изменялась в зависимости от гидротермических условий веге-

тационного периода. Максимальное влияние на этот показатель оказывал уровень увлажнения в период налива зерна: стекловидность у всех сортов пшеницы была выше в год с засушливыми условиями в этот период. Применение азотного удобрения существенно повышало стекловидность у всех сортов. Максимальной стекловидностью характеризуется зерно сорта Иргина (89%), минимальной - Эниты (33); а сорта Ленинградка (60%) и Крепыш (63%) по данному показателю занимают промежуточное положение.

Таблица 2. Стекловидность и натура зерна яровой пшеницы (сред. за 3 года)

Удобрение (А)	Сорт (В)							
	Иргина		Крепыш		Энита		Ленинградка	
	I*	II	I	II	I	II	I	II
Р45К60 - фон	58	773	38	789	9	762	42	782
Фон + N60	72	782	56	790	25	772	52	788
Фон + N90	83	789	65	792	34	774	58	787
Фон + N120	89	791	68	793	45	779	66	782
Фон + N60 + N30цв.	91	791	77	795	38	779	69	790
Фон + N90 + N30цв.	88	791	78	791	47	774	75	784
Сред. по сортам (В)	80	786	63	792	33	773	60	786
Стекловидность	НСР ₀₅ (В - сорт) = 9 НСР ₀₅ (АВ) = 12 НСР ₀₅ (А - азот) = 10							
Натура	НСР ₀₅ (В - сорт) = 4 НСР ₀₅ (АВ) = 7 НСР ₀₅ (А - азот) = 5							

Примечание: I* - стекловидность, %; II - натура, г/л

При внесении азотного удобрения зерно всех сортов пшеницы во все годы по величине натуры (не < 730 г/л) и зерно сорта Иргина по величине стекловидности (> 60%) соответствовало требованиям I класса качества.

Эффективность любого агротехнического приёма определяется не только уровнем урожайности и прибавками урожая, но и действием его на качество получаемой продукции (Калинин и др., 1988). Вопросы улучшения качества зерна в последние годы встают всё более остро в связи с наблюдающимся снижением содержания сырого белка и клейковины в зерне по мере роста потенциальной урожайности современных сортов пшеницы (Жученко, 2004; Журавлева, 2012). Возрастающие дозы азотного удобрения повышали содержание сырого белка и клейковины в зерне всех сортов яровой пшеницы (табл. 3). Однако увеличение накопления белка и клейковины было неадекватно возрастающим дозам азота, и при этом наблюдалась тенденция к ухудшению качества клейковины. Максимальным содержанием белка и клейковины хорошего качества характеризуется зерно сорта Иргина, минимальным - Эниты. Сорта Крепыш и Ленинградка по содержанию белка и клейковины занимают промежуточное положение среди четырех сортов.

Пробная выпечка показала, что хлеб лучшего качества получен у сорта Иргина: в год с избыточным увлажнением и в год недостатком влаги в период кушение - цветение с общей оценкой 3,0, в благоприятный по увлажнению год - 4,1 балла. У остальных сортов пшеницы общая хлебопекарная оценка ниже: в год с избыточным увлажнением - 2,7, в год недостатком влаги в период кушение - цветение - 2,8...3,0 и в благоприятный по увлажнению год - 3,2...3,4 балла.

С возрастанием доз азотного удобрения увеличивалось накопление сухой надземной массы, содержание (%) и потребление (г / 100 растений) азота растениями яровой пшеницы во все фазы вегетации. Увеличение указанных выше показателей происходило неадекватно возрастающим дозам азота и носило затухающий характер. Отмеченная выше тенденция увеличения надземной массы от доз азотного удобрения сохранилась к фазе полной спелости. Некорневая азотная подкормка не изменяла сбор основной (зерно) и побочной продукции (солома) и их сумму по сравнению с разовыми дозами азота, внесенными до посева.

Таблица 3. Содержание сырого белка и сырой клейковины в зерне различных сортов яровой пшеницы, % (сред. за 3 года)

Удобрение (А)	Сорт (В)							
	Иргина		Крепыш		Энита		Ленинградка	
	I*	II	I	II	I	II	I	II
Р45К60 - фон	9,6	20,3	8,3	17,5	8,0	14,6	9,0	19,3
Фон + N60	11,5	24,7	10,0	21,8	9,1	18,9	10,0	23,0
Фон + N90	12,5	27,7	10,9	24,9	9,8	21,9	10,8	25,4
Фон + N120	13,4	30,7	11,5	27,2	10,1	25,2	11,9	25,3
Фон + N60 + N30цв.	12,6	28,3	11,3	24,7	9,6	22,3	11,3	24,9
Фон + N90 + N30цв.	13,4	31,0	11,6	26,8	10,3	25,6	11,9	25,8
Сред. по сортам	12,2	27,1	10,6	23,8	9,5	21,3	10,8	24,1
Белок	НСР ₀₅ (В - сорт) = 0,4 НСР ₀₅ (АВ) = 0,9 НСР ₀₅ (А - азот) = 0,5							
Клейковина	НСР ₀₅ (В - сорт) = 0,8 НСР ₀₅ (АВ) = 1,8 НСР ₀₅ (А - азот) = 1,3							

Примечание: I* - сырой белок; II - сырая клейковина

Величина коэффициента поглощения азота из удобрений (K_{PN}) и затраты азота на формирование 1т зерна с соответствующим количеством побочной продукции определялись сортовыми особенностями и находились в пределах 46 - 72% и 21 - 26 кг соответственно. Максимальным K_{PN} характеризуются скороспелый (Иргина) и короткостебельный (Крепыш) сорта, минимальным - сорта, неустойчивые к полеганию: Энита и Ленинградка. Минимальные затраты азота отмечены у высокоурожайного, но низкобелкового сорта Энита, а максимальные - у менее урожайного, но высокобелкового сорта Иргина. Окупаемость 1 кг азотных удобрений в зависимости от сорта составляла 8,9 – 19,6 кг зерна. При этом наибольшей окупаемостью характеризовался сорт интенсивного типа Энита и устойчивые к полеганию сорта пшеницы: Иргина и Крепыш.

По динамике накопления сухой надземной массы, содержанию и потреблению азота и величине показателя "Синтезировано сухого вещества на единицу поглощенного азота" по фазам вегетации существенных различий между сортами яровой пшеницы не выявлено. Существенные различия между сортами проявились только в период полной спелости по урожайности основной (зерно) и сбору побочной (солома) продукции, хозяйственному коэффициенту (К хоз.), величине «Показателя обеспеченности зерна азотом» (Поз N) и показателя "Синтезировано сухого вещества зерна на единицу поглощенного азота", а также по содержанию общего азота (сырого белка) и сырой клейковины в зерне.

Расчет источников накопления азота в зерне, в основу которого положен принцип изменения его содержания в вегетативной массе в фазу цветения и в зерне и соломе в фазу полной спелости (Павлов, Сеницын, 1986) показал, что с возрастанием доз азотного удобрения отток азота из вегетативных органов в зерно для формирования белка возрастал, а поглощение азота корневой системой пропорционально уменьшалось. В зависимости от условий увлажнения в период налива зерна полнота оттока азота с возрастанием доз азотного удобрения повышается, если в этот период наблюдается избыточное увлажнение и имеет тенденцию к снижению, если в данный период наблюдается нормальное увлажнение или создаются засушливые условия. При некорневой подкормке у всех сортов яровой пшеницы, возделываемой по пласту клевера, отмечена устойчивая тенденция снижения уровня реутилизации и полноты оттока азота из вегетативных органов в зерно и повышения поступления азота из почвы в период налива зерна по сравнению с разовой дозой азотного удобрения, внесенной до посева. Не выявлено существенных различий между сортами по величине реутилизации, уровню поглощения азота из почвы в период налива зерна и полноте оттока в зерно азота, накопленного в вегетативной массе к началу цветения. Минимальные колебания в уровне реутилизации и поглощении азота из почвы в период налива зерна характерны для короткостебельных сортов (Иргина и Крепыш), а максимальные - у сортов, неустойчивых к полеганию (Энита и Ленинградка).

В процессе реутилизации азотистых веществ различные органы растения неравноценны в снабжении зерна азотом. При этом действие азотного удобрения на активность процесса реутилизации азотистых веществ, потребления азота корневой системой и полноту его оттока из вегетативных органов в зерно зависит не только от доз и сроков внесения, но и от уровня обеспеченности растений другими элементами минерального питания, а также от их соотношения в питательной среде (Минеев, Павлов, 1981; Павлов, 1984; Павлов, Сеницын, 1986).

Исследование роли структурных органов растений в накоплении белка в зерне яровой пшеницы сорта Иргина от возрастающих доз минеральных удобрений (N0P0K0, N60P60K60 и N120P120K120) показало (табл. 4), что максимальное абсолютное количество азота в растениях яровой пшеницы сорта Иргина, возделываемой по пласту клевера в благоприятный по увлажнению год, накапливалось и реутилизировалось из междоузлий, затем - из листьев, элементов колоса и минимальное - из стеблевых узлов. В год с засухой в период вегетации количество реутилизованного азота в белке зерна в зависимости от доз минеральных удобрений снижалось в 1,4 - 1,8 раза, а междоузлия и листья были равноценны по величине реутилизованного азота в белке зерна. Чем ниже (считая сверху от колоса) расположен орган растения, тем ниже из него абсолютная и относительная величины реутилизации и полноты оттока азота в формирующуюся зерновку. Следовательно, изменения абсолютной и относительной величин реутилизации, поглощения азота корневой системой в период налива зерна и полноты оттока его из вегетативных органов, обусловлены несколькими факторами: условиями увлажнения в период вегетации, уровнем урожайности и белковости зерна.

В опыте по изучению эффективности некорневых азотных подкормок (N30) в наиболее важные для злаковых растений фазы (кущение, выход в трубку и цвете-

ние) на фоне допосевного применения азота (N0, N30 ... N120) показано, что некорневая подкормка (как дополнительное применение азотного удобрения), независимо от срока ее проведения, при возделывании яровой пшеницы сорта Иргина по пласту клевера существенной прибавки урожайности зерна не давала (рис. 1).

Таблица 4. Доля реутилизированного азота в белке зерна яровой пшеницы сорта Иргина, %

Орган растения	Благоприятный по увлажнению год			Год с засухой в период вегетации		
	Уровень минерального питания			Уровень минерального питания		
	0	N60P60K60	N120P120K120	0	N60P60K60	N120P120K120
Колос	9,9	14,8	9,8	10,9	10,9	9,0
1 лист*	10,8	12,6	12,6	6,6	10,0	10,1
2 лист	7,8	6,1	6,1	4,4	6,1	6,2
3 лист	1,8	2,6	2,5	1,4	1,7	3,1
4 лист	0,9	0,4	1,1	1,1	0,5	1,2
Всего	21,3	21,7	22,3	13,5	18,3	20,6
1 СУ	1,3	0,9	1,2	1,0	1,0	0,7
2 СУ	0,9	0,7	0,6	0,6	0,7	0,6
3 СУ	0,4	0,6	0,7	0,4	0,4	0,5
4 СУ	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1	0,7
Всего	2,8	2,3	2,7	2,2	2,2	2,5
1 МУз	22,4	15,5	21,3	8,1	15,5	7,6
2 МУз	12,4	10,5	14,5	3,1	4,2	5,0
3 МУз	3,2	6,6	7,3	1,7	1,8	2,6
4 МУз	0,4	1,1	2,0	0,8	0,6	2,3
Всего	38,4	33,7	45,1	13,7	22,1	17,5
Итого	72,4	72,5	79,9	40,3	53,5	49,6
УЗ	27,3	34,4	44,1	17,0	27,7	32,8
СБ	10,1	10,5	11,1	13,3	15,3	18,1

Примечание: **Колос** - колос без зерна, * - считая сверху вниз от колоса, **СУ** - стеблевой узел, **МУз** - междоузлие, **УЗ** - урожайность зерна, ц/га; **СБ** - содержание белка, %

Некорневая подкормка в фазу кущения не влияла на содержание сырой клейковины в зерне пшеницы (рис. 2). В фазу трубкования повышение содержания клейковины наблюдалось только при ее проведении на фоне без азота и внесении N30, а на фоне более высоких доз азотных удобрений (N60, N90 и N120) содержание клейковины в зерне не изменялось. Независимо от доз азота, внесенных до посева, проведение некорневой подкормки в фазу цветения повышало содержание клейковины на 1,2 - 3,6%, причем с возрастанием доз азота, эффективность подкормки в повышении содержания клейковины в зерне пшеницы снижалась.

Роль бобовой культуры, как предшественника, должна учитываться при разработке диагностических показателей обеспеченности последующих культур (чаще всего зерновых), так как динамика содержания азота в пахотном и нижележащих слоях почвы (а, следовательно, и динамика его потребления растениями) будет отличаться от условий, создаваемых при интенсивном применении азотных

удобрений в севооборотах с низким уровнем насыщения бобовыми культурами (Такунов, 1996; Трепачев, 1999; Завалин и др., 2007; Ленточкин, 2011).



Примечание: Б/П*-без подкормки, Куц.–кущение, Трубк.–трубкование, Цвет.–цветение (то же и на рис. 2)

Рисунок 1. Урожайность зерна яровой пшеницы сорта Иргина при проведении азотной подкормки по фазам вегетации, ц/га (сред. за 2 года)

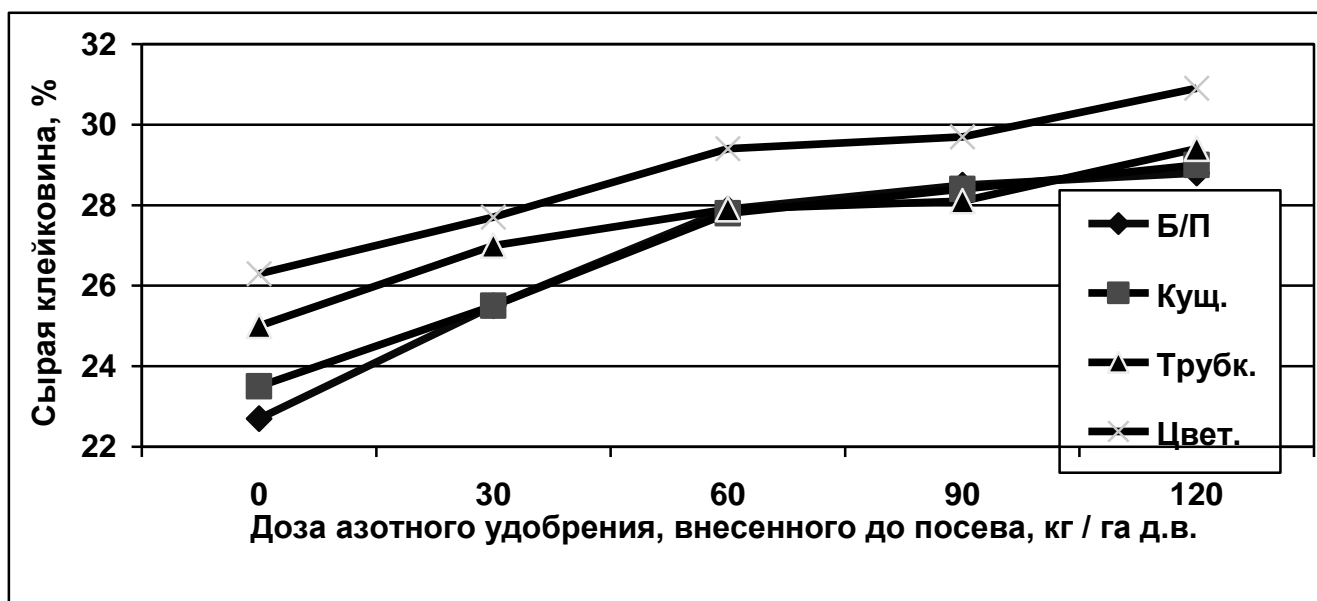


Рисунок 2. Содержание сырой клейковины в зерне яровой пшеницы сорта Иргина при проведении азотной подкормки, % (сред. за 2 года)

Независимо от гидротермических условий вегетационного периода урожайность зерна яровой пшеницы при выращивании ее по пласту клевера наиболее тесно связана с запасом минерального азота в фазу кушения в слоях почвы 0 - 40 и 0 - 60 см, а также с его запасом в фазу трубкования в слое 0 - 40 см. В неблагоприятный по увлажнению год зависимость урожайности зерна яровой пшеницы от запасов нитратного и минерального азота в почве в фазы кушения и трубкования наиболее точно описывается линейными, а в благоприятный - уравнениями

второго порядка. Для формирования максимальной урожайности зерна запас нитратного азота в фазу кущения в слое почвы 0 - 40 см должен быть не ниже 62, в слое 0 - 60 - не ниже 79 кг/га; минерального азота - не ниже 129 и 131 кг/га; в фазу трубкования запас нитратного и минерального азота в слое почвы 0 - 40 см должен составлять не менее 56 и 104 кг/га соответственно.

Известно, что сахара являются промежуточным звеном в процессе фотосинтеза, из которых в растительном организме образуются запасные углеводы (крахмал, клетчатка, пектин и т.д.), а также жирные кислоты и глицерин, из которых в дальнейшем синтезируются жиры. Из сахаров также синтезируются органические кислоты, которые, присоединив аммиак, превращаются в аминокислоты, из которых в последующем синтезируются белки. Отмеченное выше позволяет оценивать сахара не только как промежуточные соединения, образующиеся в процессе фотосинтеза, но и как основные продукты ассимиляции углекислого газа (Курсанов, 1976; Ленинджер, 1985; Измайлов, 1986; Карманенко, 2011), то есть важнейший показатель биохимического состава и физиологического состояния растений. Поэтому было сделано предположение, что суммарное содержание сахаров в растениях по фазам вегетации может являться диагностическим показателем. Определяя одновременно в динамике сумму сахаров, элементов минерального питания (в частности, общего азота, находящегося на дерново-подзолистых почвах в первом минимуме (Кореньков, 1999),) и накопление сухой надземной массы, можно не только проводить диагностику функционального состояния растений, но и прогнозировать величину урожайности зерна, его минеральный и биохимический состав, которые, в свою очередь, являются факторами, определяющими величину технологических качеств сельскохозяйственных культур.

Содержание суммы сахаров в растениях яровой пшеницы в фазу кущения в зависимости от доз азотного удобрения находилось в пределах 5,3 ... 18,2% и в год с избыточным увлажнением в среднем по опыту составило 8,8%, во второй год, характеризующийся недостатком влаги в период кущения - цветения и третий, благоприятный по увлажнению год - 12,4 и 9,3%; в фазу трубкования - 5,2 ... 21,3; 11,5, 15,4 и 12,1%; в фазу цветения - 3,8 ... 16,2, 10,5, 12,4 и 6,2% соответственно. Во все фазы вегетации с возрастанием доз азотного удобрения суммарное содержание сахаров в растениях всех сортов яровой пшеницы существенно снижалось, однако достоверных изменений его содержания при внесении N120 до посева по сравнению с N90 не отмечено. Содержание суммы сахаров в фазы кущения и цветения практически одинаково, а максимальное их содержание отмечено в фазу трубкования. Минимальное содержание сахаров отмечено в растениях сорта Ленинградка, максимальное - сорта Иргина, а Крепыш и Энита по их содержанию занимают промежуточное положение среди четырех сортов (рис. 3, 4).

Так как во все фазы вегетации сорта пшеницы существенно различались по уровню суммарного накопления сахаров (рис. 4), но не различались по содержанию общего азота и накоплению сухой надземной массы, зависимости урожайности зерна от содержания суммы сахаров по фазам вегетации необходимо рассматривать и анализировать отдельно по каждому сорту. Из общего количества наблюдений ($n = 12$) в восьми случаях между урожайностью зерна и содержанием суммы сахаров по фазам вегетации существуют тесные и в двух - средние обратные зави-

симости и только в двух случаях (у сортов Крепыш и Ленинградка в начальный период вегетации (фаза кущения)) данная зависимость статистически не значима.

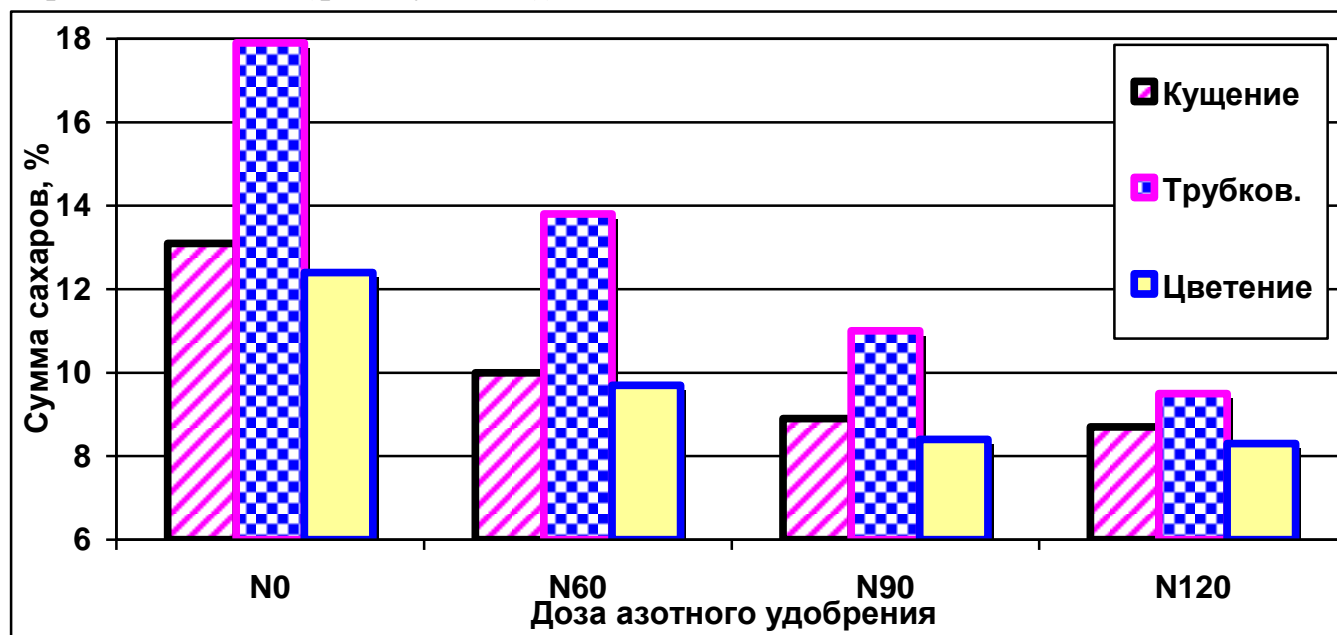


Рисунок 3. Содержание суммы сахаров в растениях яровой пшеницы по фазам вегетации, % с.в. (сред. по сортам за 3 г.)

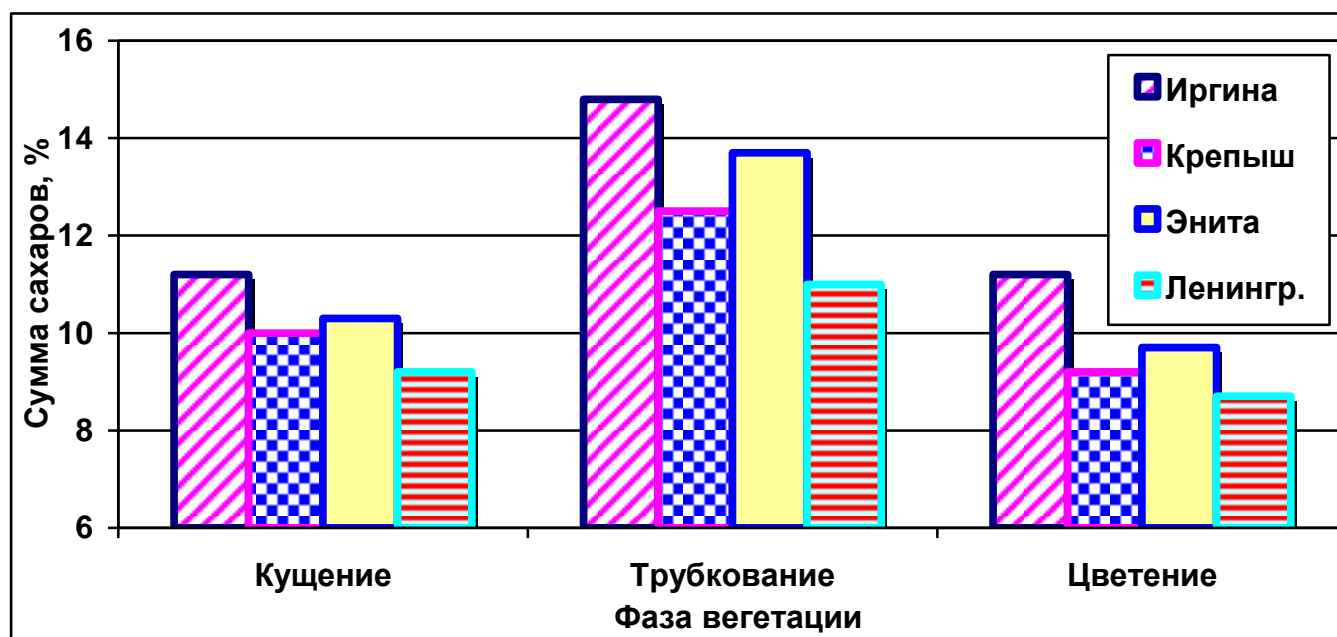


Рисунок 4. Содержание суммы сахаров в растениях различных сортов яровой пшеницы по фазам вегетации, % с.в. (сред. по фонам азота за три года)

В диагностических целях необходимо знать оптимальное содержание сахаров в растениях пшеницы по фазам вегетации, которое может быть использовано для прогноза уровня урожайности зерна. Урожайность сортов Иргина, Крепыш и Энита находилась в пределах 30 ... 60, а у сорта Ленинградка максимальная урожайность не превышала 54 ц/га (см. табл. 1). Поэтому в табл. 6 представлены оптимальные параметры содержания суммы сахаров в растениях пшеницы по фазам вегетации для формирования определенного уровня урожайности зерна, которые получены на основе уравнений регрессии, представленных в табл. 5. Как видим,

сорта яровой пшеницы существенно различаются по уровню суммарного содержания сахаров в растениях по фазам вегетации, при котором возможно получение определенной (планируемой) урожайности зерна.

Таблица 5. Зависимости урожайности зерна разных сортов яровой пшеницы (Y, ц/га) от содержания суммы сахаров по фазам вегетации (X, % с.в.)

Фаза вегетации	Уравнение регрессии	r	R ²	Уравнение регрессии	r	R ²
	Иргина			Энита		
Кущ.	Y = 70,089 - 2,294X	- 0,836*	0,699	Y = 69,449 - 1,736X	- 0,658*	0,433
Труб.	Y = 66,314 - 1,473X	- 0,730*	0,533	Y = 73,275 - 1,585X	- 0,707*	0,499
Цвет.	Y = 67,578 - 2,064X	- 0,906*	0,821	Y = 76,750 - 2,608X	- 0,926*	0,857
	Крепыш			Ленинградка		
Кущ.	Y = 67,643 - 2,101X	- 0,560	0,314	Y = 52,874 - 0,997X	- 0,437	0,191
Труб.	Y = 69,441 - 1,814X	- 0,783*	0,613	Y = 51,143 - 0,681X	- 0,603*	0,363
Цвет.	Y = 68,473 - 2,366X	- 0,805*	0,648	Y = 55,452 - 1,343X	- 0,843*	0,710

Примечание: 0,836* - значимо на уровне 0,05

Таблица 6. Оптимальное содержание суммы сахаров в растениях пшеницы по фазам вегетации для получения планируемой урожайности зерна, % с.в. не более

Сорт пшеницы	Фаза вегетации	Планируемый уровень урожайности зерна, ц/га			
		30	40	50	60
Иргина / Крепыш	Кущение	17,5 / 17,9*	13,1 / 13,2	8,8 / 8,4	4,4 / 3,6
	Трубкавание	24,7 / 21,7	17,9 / 16,2	11,1 / 10,7	4,3 / 5,2
	Цветение	18,2 / 16,3	13,4 / 12,0	8,5 / 7,8	3,7 / 3,6
Энита / Ленинградка	Кущение	22,7 / 22,9**	17,0 / 12,9	11,2 / 2,9	5,4 / -
	Трубкавание	27,3 / 31,0	21,0 / 16,4	14,7 / 1,7	8,4 / -
	Цветение	17,9 / 19,0	14,1 / 11,5	10,3 / 4,1	6,4 / -

Примечание: 17,5 / 17,9* - Иргина / Крепыш; 22,7 / 22,9** - Энита / Ленинградка

Для получения зерна пшеницы, соответствующего по содержанию сырой клейковины определенному классу качества (ГОСТ Р 52554-2006) необходимо знать оптимальное содержание общего азота по фазам вегетации, так как ее (клейковины) содержание в зерне тесно связано с содержанием общего азота в растениях по фазам вегетации (Павлов, 1984; Павлов, Сеницын, 1986; Завалин, Пасынков, 2007). Для повышения точности прогноза содержания клейковины в зерне необходимо установить оптимальное содержание суммы сахаров в растениях по фазам вегетации. При этом к I...III классам качества может быть отнесено только зерно сортов пшеницы, внесенных в «Список «сильных» и «ценных» по качеству...». Из четырех сортов только сорт Иргина внесен в «Список «ценных»...». Поэтому в табл. 7 представлены оптимальные параметры содержания общего азота и суммы сахаров в растениях данного сорта пшеницы по фазам вегетации для получения зерна, соответствующего по содержанию клейковины II и III классам. Эти данные получены на основе зависимостей содержания сырой клейковины (Y, % с.в.) от содержания общего азота (X₁, % с.в.): Y (кущ.) = - 10,18 +

11,06X₁, r = 0,63; Y (труб.) = 6,58 + 9,55X₁, r = 0,76 и Y (цв.) = 8,36 + 13,50X₁, r = 0,89 и суммарного содержания сахаров (X₂, % с.в.) в растениях по фазам вегетации: Y (кущ.) = 46,91 - 1,88X₂, r = - 0,96; Y (труб.) = 40,16 - 0,97X₁, r = - 0,97 и Y (цв.) = 44,19 - 1,65X₁, r = - 0,97. Для получения зерна пшеницы, соответствующего по содержанию сырой клейковины II (не < 28%) и III (не < 23%) классу качества, оптимальное содержание суммы сахаров в фазы кущения и цветения практически одинаково, а наибольшее их содержание наблюдается в фазу трубкования.

Таблица 7. Оптимальное содержание общего азота и суммы сахаров в растениях яровой пшеницы сорта Иргина по фазам вегетации для получения продовольственного зерна

Содержание общего азота и суммы сахаров по фазам вегетации, % с.в.			Содержание в зерне сырой клейковины, не менее, % с.в.
Кущение	Трубкование	Цветение	
II класс качества			
не < 3,5 / не > 10,0*	не < 2,30 / не > 12,6	не < 1,45 / не > 9,8	28
III класс качества			
не < 3,0 / не > 12,7	не < 1,75 / не > 17,8	не < 1,10 / не > 12,8	23

Примечание: не < 3,5 / не > 10,0* - общий азот/сумма сахаров

Определяя одновременно накопление сухой надземной массы, сумму сахаров и содержание общего азота в растениях яровой пшеницы по фазам вегетации, можно проводить не только комплексную диагностику функционального состояния растений в эти фазы, но и с определенной точностью (используя множественные уравнения регрессии) прогнозировать уровень урожайности зерна. Проведение множественного регрессионного анализа показало, что наиболее точно (по величине R²) зависимости урожайности зерна сорта Иргина (и других сортов пшеницы) от тройного сочетания факторов описываются уравнениями второго порядка (табл. 8).

Таблица 8. Зависимости урожайности зерна сорта Иргина (Y, ц/га) от содержания суммы сахаров (S), общего азота (N) и накопления сухой надземной массы (B)

Фаза вегетации	Уравнение регрессии	R ²
Кущение	$Y = - 316,0285 + 1,4110S \cdot B + 6,2536N \cdot B + 402,3810N - 63,0896N^2 - 7,6434S \times N - 35,8610B$	0,934*
Трубкование	$Y = 433,9096 + 7,0029S \cdot N + 0,7208N \cdot B + 1,1214B - 272,8082N + 31,8890N^2 - 25,1812S + 0,3735S^2 - 0,0148B^2$	0,985*
Цветение	$Y = 1460,3105 + 4,2597S \cdot N + 0,3383S \cdot B + 0,0314B^2 - 13,1321B - 77,5893S + 0,8676S^2 - 13,9875N^2$	0,990*

Во все фазы вегетации обнаружена тесная зависимость урожайности зерна от тройного сочетания факторов, однако наибольшие величины R² характерны для уравнения, описывающего ее зависимость от накопления сухой надземной массы, содержания суммы сахаров и общего азота в фазу цветения. Сравнение экспериментальных и теоретических величин урожайности зерна (рассчитанных по соответствующим уравнениям) сорта Иргина показало высокую степень их совпадения. Так, расхождения между ними в фазу кущения находились в пределах: - 2,1

... + 2,5; в фазу трубкования: - 1,1 ... + 1,0 и в фазу цветения: - 0,3 ... + 1,9 ц/га.

Влияние доз и сроков применения азотного удобрения на урожайность и качество зерна озимой пшеницы

Изучение возможности получения зерна озимой пшеницы, пригодного для самостоятельного помола и выпечки хлеба, показало, что во все годы условия зимовки (высокий и продолжительный снежный покров) и гидротермические условия весенне - летнего периода вегетации не способствовали формированию высокого уровня урожайности зерна сорта Янтарная 50 (табл. 9).

Так, в год с недостатком влаги в период весеннего отрастания - трубкования урожайность зерна в среднем по опыту составила 11,3; в более благоприятный - 18,5; а в год с засухой в период трубкования - налива зерна - 9,3 при урожае в контроле 8,4; 13,9 и 6,3 ц/га соответственно. Применение фосфорно-калийного удобрения не влияло на урожайность и показатели качества зерна, а предпосевное внесение N60 и N90 существенно увеличивало её урожайность, повышало содержание сырой клейковины, стекловидность и натуру зерна. При дробном внесении азотного удобрения по сравнению с внесением всей дозы до посева наблюдалась устойчивая тенденция к повышению урожайности и возрастанию показателей технологических качеств зерна. Проведение жидкой азотной подкормки в фазу цветения не влияло на урожайность зерна, однако содержание сырой клейковины в зерне пшеницы существенно возрастало, и наблюдалась устойчивая тенденция к повышению его стекловидности и натуры.

Таблица 9. Урожайность и качество зерна озимой пшеницы (сред. за 3 года)

Вариант	Урожайность зерна, ц/га	Содержание сырой клейковины, %	Стекловидность зерна, %	Натура зерна, г/л
Без удобрений	9,5	27,1	60	737
P45K60 - фон	10,2	28,9	61	740
Фон + N60п*	12,8	31,2	61	745
Фон + N90п	13,7	31,9	63	747
Фон + N30п + N30в*	13,4	31,3	64	745
Фон + N60п + N30в	14,5	32,0	64	747
Фон + N30п + N30в + N30т*	14,1	32,3	66	749
Фон + N30п + N30в + ... + N30ц*	14,2	33,7	66	749
Фон + N30п + N30в + N30т + N30ц	14,9	34,4	69	750
Среднее по опыту	13,0	31,4	64	745
НСР ₀₅	1,1	1,8	4	4

Примечание: п* - предпосевное, в - весенняя подкормка, т - трубкование, ц - цветение

Определение технологических качеств зерна озимой пшеницы показало, что по величине натуры оно соответствовало I и II, содержанию сырой клейковины - III (23...28%), стекловидности и величине показателя «Число падения» - I...III классам качества. Так как класс качества продовольственной пшеницы (I, II или III) определяют по наихудшему значению одного из показателей качества, регламентируемых ГОСТ Р 52554-2006, то во все годы опыта получено зерно

озимой пшеницы сорта Янтарная 50, соответствующее III классу качества.

Зависимость натуре зерна яровой пшеницы от содержания белка и массы зерновки

Показатели качества зерна яровой пшеницы, характеризующие его пригодность для хлебопечения, в большинстве случаев определяются биохимическим составом и технологическими качествами исходного сырья (Егоров и др., 1984; Беркутова, 1991). В работе (Бегеулов, 2003) отмечалось, что большую практическую значимость может иметь создание системы уравнений регрессии (моделей), позволяющих прогнозировать наиболее важные показатели качества зерна на основе зависимостей изменений отдельных (наиболее простых и экспрессных в определении) качественных признаков в связи с условиями выращивания. Для пшеницы важным показателем качества зерна, наряду с содержанием белка, клейковины и ее качеством, стекловидностью и «Числом падения» является натура (ГОСТ Р 52554-2006), а качественными признаками - содержание белка и масса зерновки (масса 1000 зерен).

Анализ опубликованных данных показал, что для пшеницы множественные уравнения регрессии, отражающие зависимость натуре зерна от содержания в нем белка и массы 1000 зерен отсутствуют. Статистическая обработка показала, что наиболее точно зависимость натуре зерна сорта Иргина от содержания белка в зерне и массы 1000 зерен описывается уравнением второго порядка: $Y = 1066,2053 - 19,6403X_2 + 0,3329X_2^2 - 0,0736X_1 \cdot X_2$, $R^2 = 0,837$ (рис. 5).

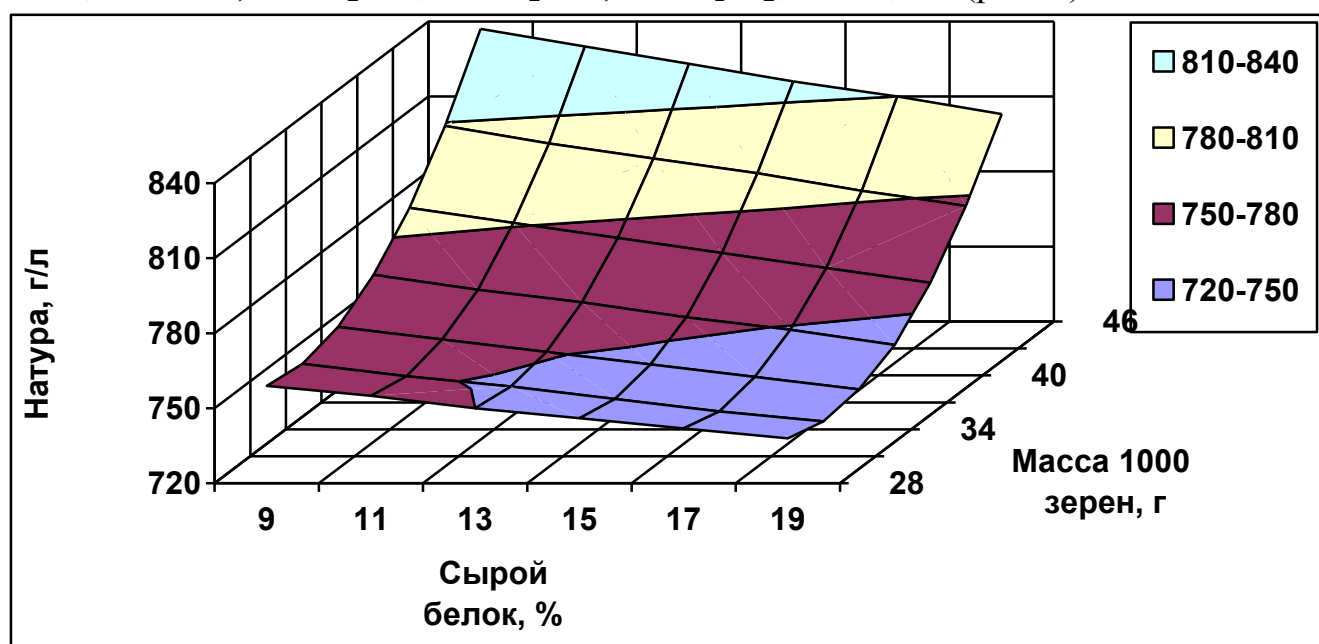


Рисунок 5. Зависимость натуре зерна яровой пшеницы сорта Иргина от содержания сырого белка и массы 1000 зерен (n = 72)

Значимость и прогностические возможности модели проверены и подтверждены по независимым выборкам: использование данных из опубликованных работ (Вербицкий и др., 2003; Малкандуев и др., 2011; Афанасьев, 2011) по содержанию белка, массе 1000 зерен и натуре зерна в разработанную модель показало, что при модификационной изменчивости расхождения между эксперимен-

тальными и теоретическими величинами природы (рассчитанными по уравнению регрессии) выходят за пределы, установленные ГОСТом 10840 - 64 (± 5 г) в 6 из 15, в 17 из 36 и в 3 случаях из 10 наблюдений, при этом оправдываемость прогноза природы зерна составляет 60, 53 и 70,0% соответственно.

Зависимость урожайности зерна яровой пшеницы от гидротермических условий межфазных периодов вегетации

В основу сельскохозяйственной оценки климата положена оценка температурного режима и условий увлажнения в различных климатических зонах, при этом интегральным показателем оценки условий гидротермического режима вегетационных (межфазных) периодов является предложенный Г.Т. Селяниновым гидротермический коэффициент (ГТК). В целях корректного исследования зависимостей урожая от гидротермических условий периода вегетации предлагается учитывать температуру и осадки ежедневно и связывать их не с календарными сроками (декада, месяц), а с датами наступления и продолжительностью основных фаз развития растений или в целом вегетационного периода, так как календарные сроки сева яровых зерновых культур по годам не совпадают (Иванов, 1971; Чирков, 1979; Минеев, 1985; Минеев и др., 1985; Третьяков и др., 2002; Наволоцкий, 2004; Крючков, Бесалиев, 2008). Исследования показали, что при одинаковых дозах минеральных удобрений была сформирована различная урожайность зерна яровой пшеницы сорта Иргина, вариабельность которой определялась различными гидротермическими условиями межфазных периодов (табл. 10).

Таблица 10. Урожайность зерна яровой пшеницы и величины ГТК в период проведения опыта

Год	Урож-ть зерна, ц/га		ГТК в период вегетации					
	min ... max	Среднее	П* - К	К - Т	Т - Ц	П - Ц	Ц - ПС	П - ПС
1996	25,0 ... 52,0	43,8	1,42	1,19	1,77	1,49	0,95	1,25
1997	28,1 ... 51,7	42,7	2,47	1,82	0,77	1,63	1,31	1,51
1998	20,2 ... 27,2	24,1	1,29	0,77	3,05	2,32	2,25	2,30
2002	18,3 ... 40,9	33,1	1,65	2,82	0,29	1,49	0,66	1,15
2003	27,3 ... 46,6	38,0	1,15	3,57	3,44	2,57	0,64	1,75
2004	17,0 ... 32,8	26,7	1,52	3,33	0,50	1,53	0,96	1,32

Примечание: П* - посев, К - кущение, Т - трубкование, Ц - цветение, ПС - полная спелость

Так, в период посев - кущение в три года из шести наблюдалось нормальное (урожайность - 43,8, 33,1 и 26,7 ц/га), в один - избыточное (42,7), а в два года - недостаточное увлажнение с урожайностью 24,1 и 38,0 ц/га. В период кущение - трубкование в четырех случаях из шести наблюдалось избыточное, в одном - недостаточное увлажнение и в одном - засушливые условия. Максимальная контрастность в условиях увлажнения наблюдалась в период трубкование - цветение: в половине лет - избыточное увлажнение, в один год - засушливые и в два года - очень засушливые условия. Гидротермические условия в репродуктивный период (цветение - полная спелость) также существенно различались: в два года из шести

лет наблюдался острый дефицит влаги, в два - засушливые условия; в один год - нормальное и в один - избыточное увлажнение. Недостаток осадков в репродуктивный период в меньшей степени, чем в предыдущие межфазные периоды, определял величину и варьирование урожайности зерна. Возможно, это связано с тем, что снижение урожая зерновых культур в период формирования и налива зерна может происходить только за счет изменения одного из элементов его структуры: массы 1000 зерен, так как к этому периоду остальные ее элементы, такие как общее количество растений и продуктивных стеблей на единице площади, а также число зерен в колосе уже сформированы.

Статистическая обработка данных позволила установить существование четко выраженных точек экстремума (оптимума) по дозам удобрений и величине ГТК (табл. 11), то есть для получения максимальной урожайности зерна яровой пшеницы, необходимы оптимальные условия не только по величине доз минеральных удобрений, но и оптимальный гидротермический режим в наиболее важные (критические) межфазные периоды для его (урожая) формирования.

Таблица 11. Зависимости урожайности зерна яровой пшеницы от доз удобрений и ГТК

Период	Уравнение регрессии (n = 36)	R ²	ТЭ
П - К	$Y = 17,078 + 9,080M - 1,140M^2 + 2,011Г^2$	0,440	-
К - Т	$Y = 3,224 + 9,080M - 1,140M^2 + 33,573Г - 5,461Г^2$	0,472	3,08
Т - Ц	$Y = 15,887 + 9,080M - 1,140M^2 + 13,107Г - 2,786Г^2$	0,735	2,36
Ц - ПС	$Y = 6,177 + 9,080M - 1,140M^2 + 33,639Г - 13,747Г^2$	0,568	1,22
П - ПС	$Y = - 46,343 + 9,080M - 1,140M^2 + 92,568Г - 29,230Г^2$	0,583	1,58

Примечание: n - общее число наблюдений; М - дозы NPK (в кодированных единицах: 0 - без удобрений, 1 - N30P30K30, ... 5 - N150P150K150); Г - ГТК; ТЭ - точка экстремума по ГТК

Так, максимальная урожайность достигнута при внесении N120P120K120, а дальнейшее повышение доз минеральных удобрений приводило к снижению урожая. Максимальный урожай был сформирован при ГТК в период посев - кущение 1,71; кущение - трубкование - 3,08; трубкование - цветение - 2,36; в репродуктивный период - 1,22 и за весь период вегетации - 1,58. Максимальная урожайность зерна яровой пшеницы формируется при нормальном или избыточном увлажнении в различные периоды вегетации, а наиболее тесно она связана с гидротермическими условиями в период трубкование - цветение или всего вегетационного периода. На рис. 6 в пределах полученных экспериментальных данных в графическом виде представлена зависимость урожайности зерна пшеницы от доз минеральных удобрений и величины ГТК. Она подтверждает основные тенденции в изменении урожайности, отмеченные при анализе моделей регрессии (табл. 11).

Таким образом, зависимости урожайности зерна от доз минеральных удобрений и гидротермических условий межфазных периодов вегетации имеют сложный нелинейный характер и наиболее точно описываются уравнениями второго порядка с выраженными точками экстремума или областями оптимума.

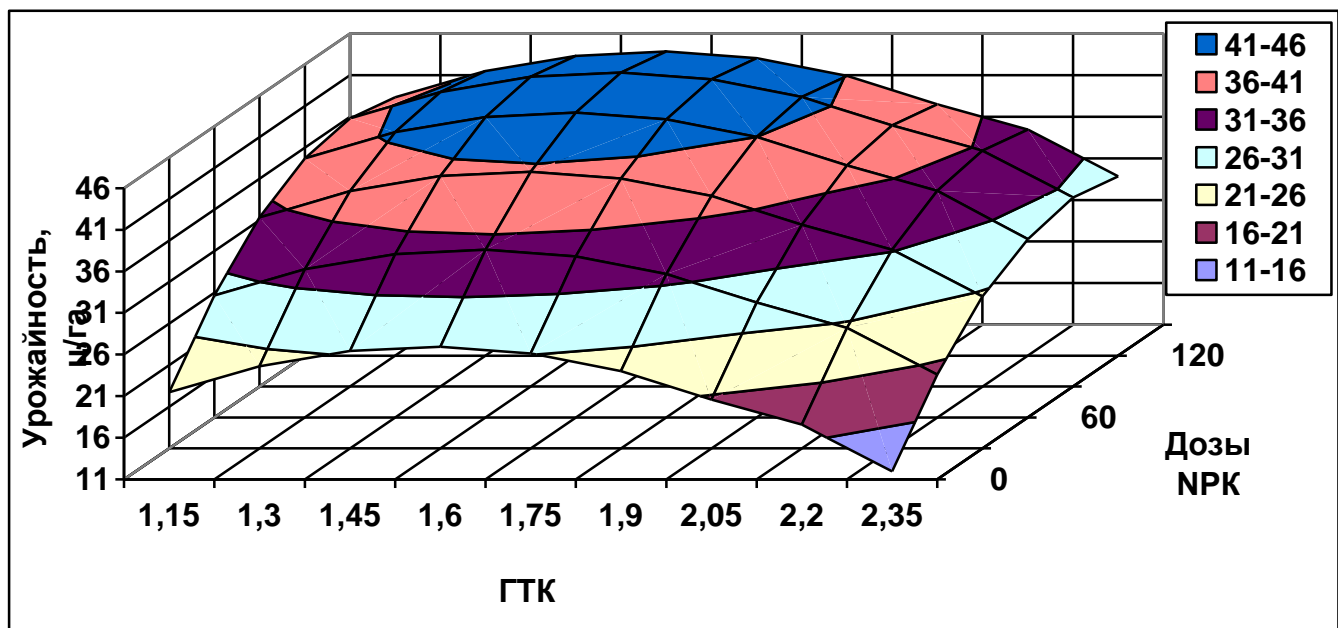


Рисунок 6. Зависимость урожайности зерна яровой пшеницы сорта Иргина от доз минеральных удобрений и ГТК (посев - полная спелость)

Формирование урожая и качества зерна яровой пшеницы при возделывании ее в смешанных с викой посевах

Урожайность зерна в среднем по опыту в первый и третий годы, характеризующиеся соответственно недостатком и резким недостатком влаги в период трубкование - цветение (ГТК = 0,77 и 0,29) составила 17,5 и 12,6 ц/га; во второй год с засухой в период кущение - цветение (ГТК = 0,66) - 14,9 ц/га. Таким образом, из-за неблагоприятных условий увлажнения в критические межфазные периоды вегетации на контроле и при внесении возрастающих доз азотного удобрения сформирована сравнительно низкая урожайность пшеницы, вики и их смесей (табл. 12). Максимальная урожайность зерна пшеницы получена при возделывании ее в монопосеве при внесении N90, вики в чистом виде - N60, смеси пшеницы и вики - N90 и составе высеваемой смеси с преобладанием пшеницы (75 / 25). Возрастающие дозы азотного удобрения существенно увеличивали урожайность зерна пшеницы, при этом ее урожайность была существенно выше, а вики - ниже, чем урожайность их смешанных посевов. В третий год при неблагоприятных гидротермических условиях в период трубкование - цветение (ГТК = 0,29) и в репродуктивный период (ГТК = 1,02) получен минимальный урожай зерна вики, а действие азотного удобрения на урожайность зерна бобовой культуры в монопосеве оказалось несущественным. В среднем за годы опыта также не получено существенной прибавки урожая бобовой культуры в монопосеве под действием возрастающих доз азота, что свидетельствует о его неэффективности при возделывании вики в случае неблагоприятных гидротермических условий в период вегетации.

В смешанных посевах максимальная урожайность зерна получена в посеве с преобладанием пшеницы в составе высеваемой смеси, а минимальная - с преобладанием вики. Необходимо отметить, что урожайность зерна смесей существенно возрастала с уменьшением бобовой и, соответственно, увеличением семян злако-

вой культуры в составе высеваемых смесей. С возрастанием доз азота урожайность смесей с посевными соотношениями 75 / 25 и 50 / 50 существенно возрастала до дозы N60, а при преобладании вики в высеваемой смеси - до дозы N30. При дальнейшем повышении доз азота по сравнению с предыдущими, достоверной прибавки урожая зерна смешанных посевов изучаемых культур не отмечено, что, вероятно, связано с несущественными изменениями урожайности зерна вики под действием возрастающих доз азотного удобрения.

Таблица 12. Общая урожайность одновидовых и смешанных посевов яровой пшеницы сорта Приокская и вики сорта Орловская 4, ц/га (сред. за 3 года)

Вариант посева (фактор А)	Доза азотного удобрения (фактор В)				Среднее по А
	N0	N30	N60	N90	
1. Пшеница (П)	15,0	20,6	25,7	27,8	22,3
2. Вика (В)	4,2	5,4	6,2	6,2	5,5
3. П + В (75 / 25*)	14,5	18,9	21,4	22,6	19,4
4. П + В (50 / 50)	12,2	14,8	17,0	19,1	15,8
5. П + В (25 / 75)	9,2	12,2	13,1	13,8	12,1
Среднее по В	11,0	14,4	16,7	17,9	15,0
НСР ₀₅ (В) = 1,2		НСР ₀₅ (АВ) = 2,1		НСР ₀₅ (А) = 1,9	

Примечание: 75 / 25* - от рекомендуемой нормы посева в одновидовых посевах, %

Во все годы опыта с возрастанием доз азотного удобрения доля зерна вики в общем урожае смесей снижалась (с 22,6 на фоне N0 до 15,2% при внесении N90), а пшеницы - возрастала (с 77,4 до 84,8% соответственно). При этом увеличение доли семян любого из компонентов смесей при посеве (25 - 50 - 75%), независимо от доз азота, приводило к увеличению его доли в общем урожае смешанного посева (пшеница - 65,8; 84,5 и 94,7%; вика - 34,2; 15,5 и 5,3% соответственно).

Применение возрастающих доз азотного удобрения, независимо от вида посева, повышало концентрацию общего азота в растениях пшеницы по фазам вегетации. Внесение N30 увеличивало в растениях содержание азота в фазу кущения по сравнению с вариантом N0 на 0,35; N60 и N90 - на 0,54 и 0,62; в фазу трубкования - на 0,21; 0,61 и 0,71 и в фазу цветения - на 0,13; 0,28 и 0,42% соответственно. В смешанных посевах содержание азота в растениях пшеницы во все фазы вегетации было существенно выше, чем в ее монопосеве (в фазу кущения на 0,09...0,12, трубкования - на 0,20...0,25, цветения - на 0,13...0,22%). Поэтому наблюдаемое в этом и других опытах (Вавилова, 1993; Трепачев, 1999; Завалин и др., 2003; Гамзиков, Шотт, 2007; Новиков, Баринев, 2008) существенное увеличение содержания белка в зерне злаковой культуры, высеваемой в смеси с бобовой в различных посевных соотношениях, обусловлено увеличением поступления азота в растения злакового компонента смеси в вегетативный период.

В первый год исследований содержание сырого белка в зерне пшеницы в среднем по опыту составило 12,8, во второй - 12,4, в третий - 13,4; в среднем за 3 года - 12,9%; в зерне вики - 28,5; 28,6; 28,3 и 28,5% соответственно. С возрастанием доз азотного удобрения содержание сырого белка в зерне изучаемых культур и сырой клейковины в зерне пшеницы возрастало (табл. 13 и 14). Следует отметить,

что в зерне пшеницы, выращенного в смешанных посевах, независимо от доз азотного удобрения и условий увлажнения в период вегетации содержание белка и сырой клейковины было существенно выше, чем в ее монопосеве. При выращивании бобовой культуры в составе смесей с пшеницей, независимо от доз азотного удобрения, наблюдалась устойчивая тенденция к увеличению накопления белка в зерне вики по сравнению с её монопосевом. Однако с увеличением семян бобовой культуры в составе высеваемой смеси, содержание белка возрастало в меньшей степени и в варианте посева с преобладанием вики (25 / 75) его содержание практически соответствовало уровню ее монопосева (табл. 14).

Таблица 13. Содержание сырого белка и сырой клейковины в зерне яровой пшеницы, выращенной в смешанном посеве, % (сред. за 3 года)

№ вар. (А)	Сырой белок					Сырая клейковина								
	Доза азотного удобрения (В)				Сред. по А	Доза азотного удобрения (В)				Сред. по А				
	N0	N30	N60	N90		N0	N30	N60	N90					
1.	10,7	11,2	13,1	13,8	12,2	25,0	26,2	29,5	30,6	27,8				
3.	11,5	12,6	13,8	14,4	13,1	27,4	28,7	30,3	31,7	29,5				
4.	12,1	12,8	13,9	14,8	13,4	27,5	29,0	30,9	32,3	29,9				
5.	11,5	12,0	13,2	14,3	12,8	27,4	28,8	31,5	31,7	29,9				
Ср. В	11,4	12,2	13,5	14,3	12,9	26,8	28,2	30,5	31,6	29,3				
НСР ₀₅ (В) = 0,7					НСР ₀₅ (А) = 0,3					НСР ₀₅ (В) = 1,3 НСР ₀₅ (А) = 0,7				
НСР ₀₅ (АВ) = 0,8										НСР ₀₅ (АВ) = 2,1				

Максимальное содержание белка в зерне пшеницы, возделываемой в смешанных посевах, независимо от доз азотного удобрения во все годы отмечено в смеси с посевным соотношением 50 / 50 от нормы высева в чистом виде, минимальное - в посеве с преобладанием вики в составе смеси (25 / 75). Аналогичные изменения отмечены и в накоплении сырой клейковины в зерне пшеницы, качество которой во все годы соответствовало II группе (удовлетворительная слабая) и по годам опытов составляло: 97, 91 и 84 ед. прибора ИДК - 1 соответственно. При этом качество клейковины не зависело от доз азота и вида посева и в большей степени определялось гидротермическими условиями в период налива зерна.

Таким образом, зерно пшеницы, соответствующее по содержанию сырой клейковины определенному классу качества, может быть получено при выращивании ее в смешанном посеве с яровой викой в различных посевных соотношениях с меньшими затратами азотных удобрений. При этом, по сравнению с выращиванием яровой пшеницы в одновидовом посеве, при возделывании ее в смеси с викой, доза азотного удобрения может быть существенно снижена (с 90 и 60 до 60 и 30 кг/га д. в. соответственно) и получено зерно с равным или более высоким содержанием сырого белка и сырой клейковины.

В среднем за годы опытов сбор белка с урожаем в монопосеве вики был ниже (154,6) ввиду более низкой ее урожайности, чем у пшеницы (277,9 кг/га) (табл. 14). В смешанных посевах сбор белка (272,5 кг/га или 98,1%) был практически равен сбору белка у пшеницы в монопосеве только в посеве с соотношением 75 / 25. Дальнейшее увеличение доли вики в составе высеваемой смеси приводило к снижению сбора белка, вследствие существенного снижения урожайности зерна.

Одним из показателей продукционного процесса естественных и культурных фитоценозов являются донорно-акцепторные отношения между вегетативными и репродуктивными органами, в том числе реутилизация азота и пластических веществ (фотоассимилятов).

Таблица 14. Содержание сырого белка в зерне вики и сбор его с урожаем зерна яровой пшеницы и вики, выращенных в смешанном посеве (сред. за 3 года)

Вариант посева (А)	Содержание сырого белка, %				Сбор белка, кг / га			
	Доза азотного удобрения (В)				Доза азотного удобрения (В)			
	N0	N30	N60	N90	N0	N30	N60	N90
П	-	-	-	-	160,5	230,7	336,7	383,6
В	26,5	27,7	28,4	29,3	111,2	149,7	175,8	181,6
75 / 25	28,0	29,1	29,3	30,4	186,6	254,3	309,3	339,9
50 / 50	27,1	27,7	29,4	29,9	185,5	225,1	270,3	314,4
25 / 75	27,0	27,6	28,4	29,9	160,0	212,5	239,6	262,8
Сред. В	27,1	28,0	28,8	29,9	160,8	214,5	266,3	296,5
НСР ₀₅ (В) = 1,1; НСР ₀₅ (А) = 1,3; НСР ₀₅ (АВ) = 1,5								

Вопрос о соотношении количества углеводов, накапливаемых в зерне в результате фотосинтеза в период его налива (прямой или текущий фотосинтез) и в результате оттока углеводов, ранее накопленных в вегетативных органах (реутилизация), изучен значительно слабее, чем вопрос об оттоке азотистых веществ (Минеев, Павлов, 1981; Павлов, 1984; Голик, Гуляев, Мицко, 1995; Кумаков, Евдокимова, Буянова, 2001; Евдокимова, Кумаков, 2002; Коломейченко, 2007; Василевский, 2010). Не претендуя на полноту изложения литературных сведений по вопросам реутилизации азота и пластических веществ и донорно-акцепторных отношений в растениях одновидовых посевов, в научной литературе не удалось найти сведений, освещающих поднятые выше проблемы у злаковых культур, выращиваемых в смешанных посевах с бобовыми.

Расчет величин факторов, определяющих накопление белка в зерне, показал, что с возрастанием доз азотного удобрения, независимо от вида посева, относительная величина реутилизации азота из вегетативных органов в зерно пшеницы возрастала; а поглощение азота корневой системой снижалось (рис. 7). При этом без внесения азотного удобрения и при внесении N30 поглощение азота корневой системой злакового компонента смеси в период налива зерна возрастало по сравнению с его монопосевом в зависимости от соотношения компонентов в составе высеваемой смеси в 1,3...1,7 и 1,2...1,5 раза соответственно.

При внесении N60 и N90, независимо от вида посева и соотношений компонентов в составе высеваемой смеси, существенных различий величин реутилизации и соответственно, поглощения азота корневой системой пшеницы в период формирования и налива зерна не отмечено. С возрастанием доз азотного удобрения полнота оттока азота из вегетативных органов в зерно в монопосеве пшеницы снижалась (с 75,3 до 72,1%), а в смешанных посевах - возрастала (с 65,9...73,0 на фоне без внесения азотного удобрения до 79,5...83,7% при внесении N90). При этом без внесения азотного удобрения и при внесении N30 полнота оттока азота в зерно в среднем по смешанным посевам была в 1,07...1,08 раза ниже, а при вне-

сении N60 и N90 - в 1,07...1,13 раза выше, чем в монопосеве пшеницы (рис. 8).

Для определения вклада реутилизации пластических веществ в формировании урожая сравнивают величину уменьшения сухой надземной массы вегетативных органов за период формирования и налива зерна с содержанием этих веществ в зерне в фазу полной спелости (Новикова, 2001).

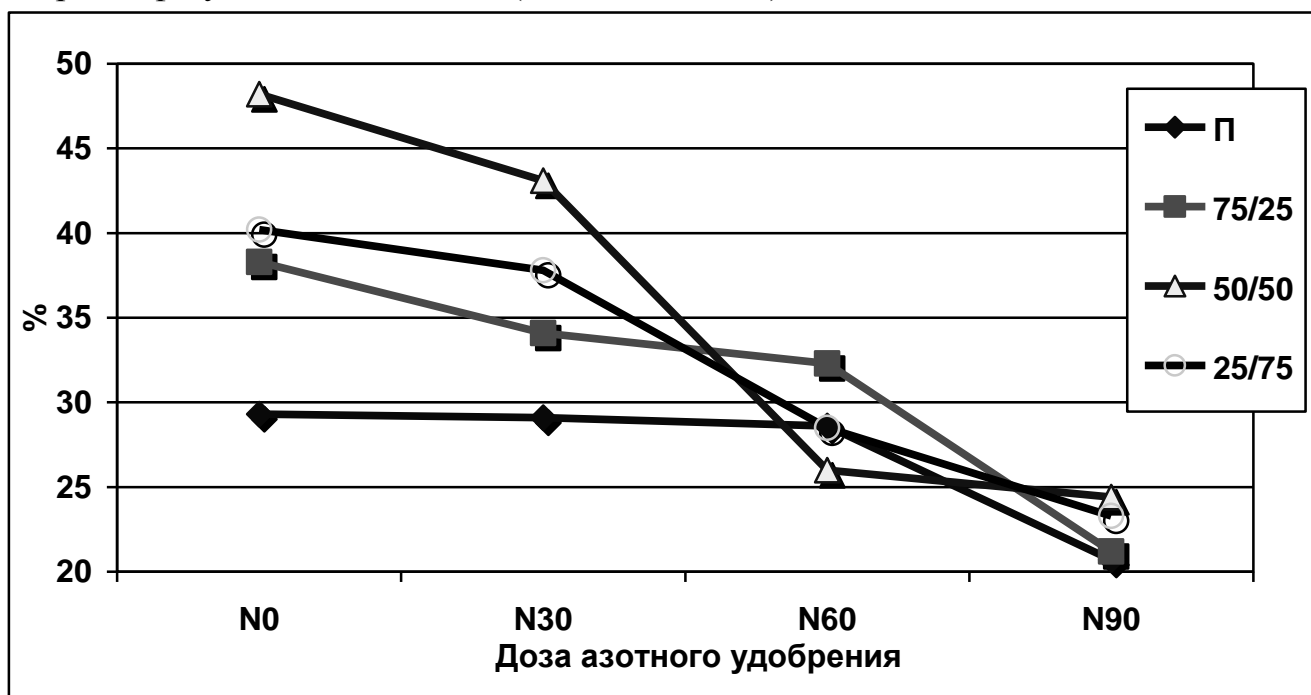


Рисунок 7. Поглощение азота корневой системой яровой пшеницы, выращенной в смешанном посеве, %

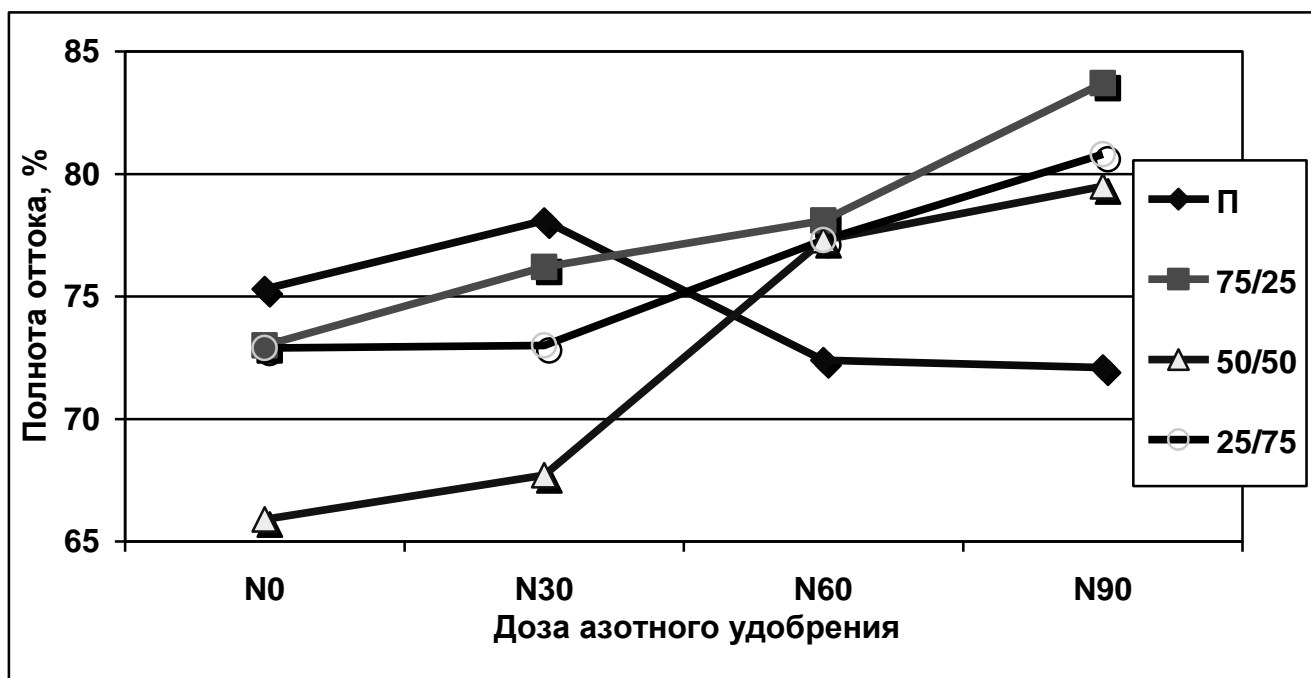


Рисунок 8. Полнота оттока азота из вегетативных органов в зерно яровой пшеницы, выращенной в смешанном посеве, %

С возрастанием доз азотного удобрения в монопосеве пшеницы и в ее смеси с преобладанием злакового компонента (75 / 25) реутилизация пластических веществ снижалась (рис. 9). В смешанном посеве с равными посевными нормами и

в смеси с преобладанием бобового компонента реутилизация пластических веществ в зерновку, наоборот, возрастала: с 15,4 и 14,2 до 44,9 и 44,4% при внесении N90 соответственно. Независимо от вида посева и соотношения семян компонентов в составе высеваемых смесей, а также доз азота, большая часть сухого вещества зерновки формировалась за счет текущего фотосинтеза в период налива.

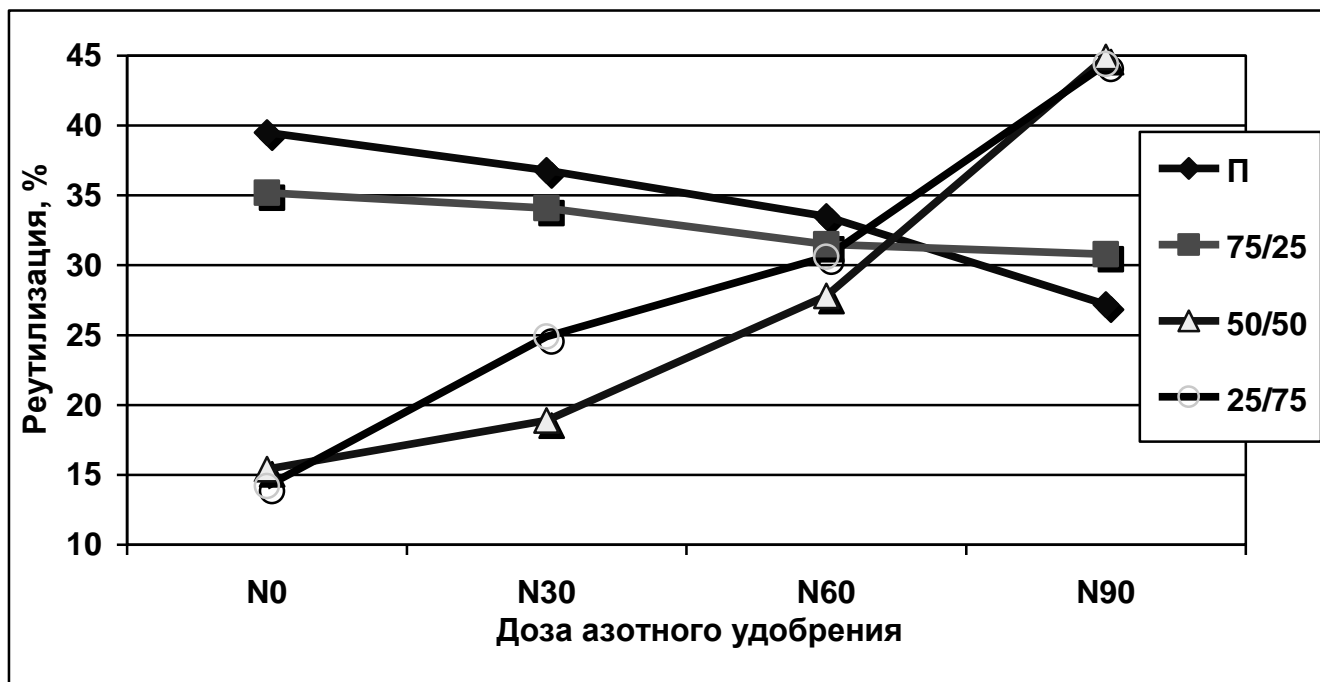


Рисунок 9. Реутилизация пластических веществ из вегетативных органов в зерно яровой пшеницы, выращенной в смешанном посеве, % от общего

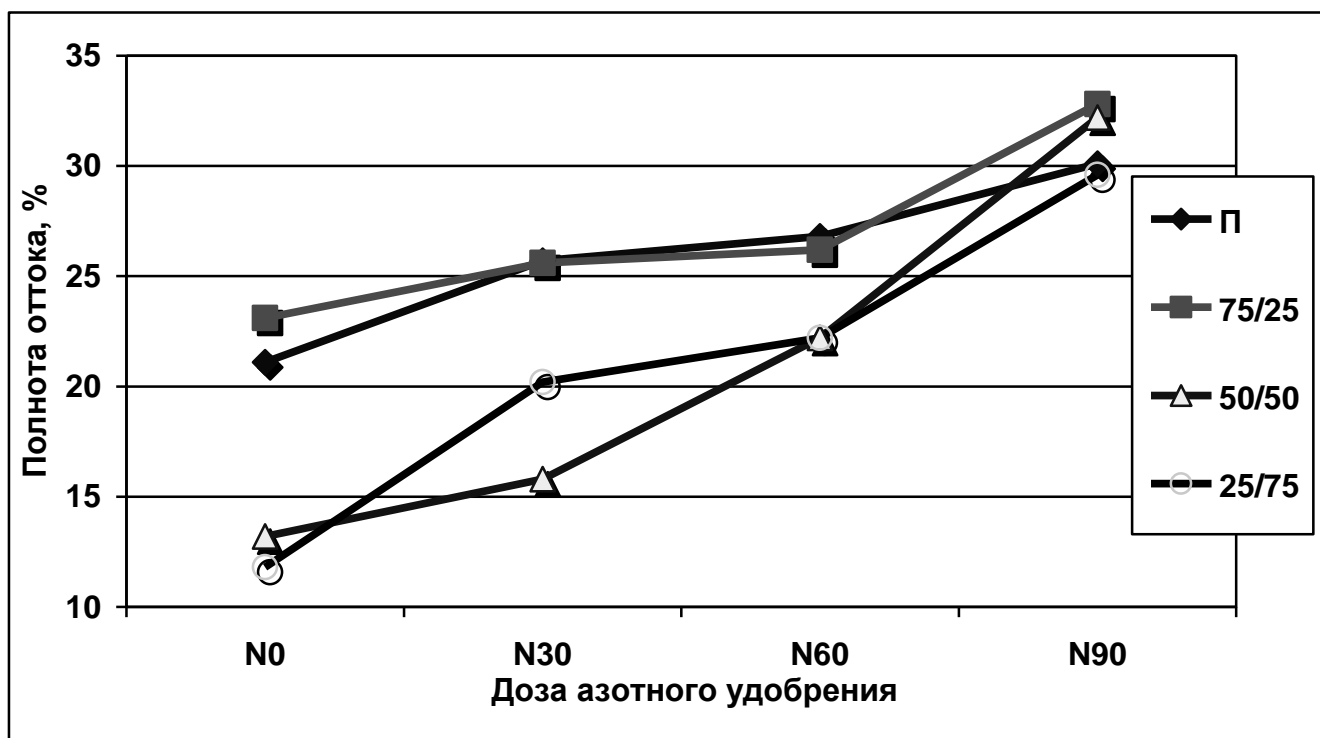


Рисунок 10. Полнота оттока пластических веществ из вегетативных органов в зерно яровой пшеницы, выращенной в смешанном посеве, %

С возрастанием доз азота в монопосеве пшеницы и в смеси с ее преобладани-

ем (75 / 25) полнота оттока пластических веществ возрастала: с 21,1 и 23,1 на фоне N0 до 30,1 и 32,8% соответственно при внесении N90 (рис. 10). В смеси с равными посевными нормами и с преобладанием бобового компонента (25 / 75) полнота оттока также возрастала, но, в отличие от монопосева и варианта смеси с преобладанием злакового компонента, с меньших величин на фоне без азота (с 13,2 и 11,8) до практически одинаковых с монопосевом и вариантом 75 / 25 при внесении N90 (32,2 и 29,6% соответственно).

В соответствии с критериями оценки смешанных посевов, наиболее полное представление об эффективности смесей и причин изменений, протекающих внутри смешанного посева, дают такие показатели, как отношение земельных эквивалентов - Land Equivalent Ratio (**LER**) и коэффициент конкурентоспособности - Competitive ratio (**CR**). Определение LER и CR рекомендуется проводить по величине урожайности основной продукции компонентов смеси (Методическое руководство ..., 1996). Однако оценка эффективности смесей только по величине урожая основной продукции (зерно) не совсем правомерна, т.к. сбор побочной продукции (солома + солома) и соответственно К хоз. (доля зерна в надземной массе), может изменяться в широких пределах (0,28 - 0,55) не только под действием каких-либо агротехнических приемов (удобрений, средств защиты растений и т.д.), но и в связи с изменением гидротермических условий в период вегетации.

Поэтому более правильным было бы определение биологической эффективности и конкурентных отношений смешанных посевов по перечисленным выше критериям с учетом сбора всей надземной массы. В связи с изложенным выше и была предпринята попытка определения и сравнительного анализа показателей LER и CR по величине урожая зерна и биологического урожая.

Отношение земельных эквивалентов (**LER**) - наиболее распространенный критерий, используемый для оценки биологической эффективности смешанных посевов. С его помощью проводится расчет единицы земельной площади, необходимой для получения в монопосеве того количества урожая, которое сформировалось на единице площади смешанного. С возрастанием доз азотных удобрений величины LER (как по урожаю зерна, так и по сбору всей надземной массы - зерно + солома) имели тенденцию к снижению. Вместе с тем, в восьми и девяти, соответственно, вариантах из двенадцати LER > 1, то есть, для получения в монопосевах аналогичного урожая зерна или надземной массы пшеницы и вики необходимо занять площадь, соответственно в 1,02...1,25 и 1,01...1,46 раза большую, чем в смешанном посеве (табл. 15).

Таблица 15. Отношение земельных эквивалентов (LER) (сред. за 3 года)

Вариант посева	Зерно				Зерно + солома			
	Доза азотного удобрения				Доза азотного удобрения			
	N0	N30	N60	N90	N0	N30	N60	N90
75 / 25	1,17	1,05	0,94	0,93	1,23	1,02	0,97	0,94
50 / 50	1,25	1,05	0,93	0,95	1,46	1,17	1,01	0,97
25 / 75	1,21	1,17	1,04	1,02	1,36	1,26	1,21	1,18
Сред.	1,21	1,09	0,97	0,97	1,35	1,15	1,06	1,03

С увеличением в составе высеваемой смеси бобовой и, соответственно,

уменьшением злаковой культуры, при обоих методах определения величины LER имели тенденцию к возрастанию. То есть с возрастанием доз азота в целях увеличения биологической эффективности смешанных посевов пшеницы и вики (судя по величине LER), возникает необходимость увеличения доли бобового компонента в составе высеваемой смеси. При определении LER с учетом сбора всей надземной массы его величины как в среднем по опыту, так и во всех вариантах опыта выше, чем по урожаю зерна.

Рассмотренный выше показатель LER характеризует смешанные посевы относительно одновидовых, не отражая процессов, происходящих внутри самого смешанного посева. Для оценки конкурентных взаимоотношений внутри смешанного посева было предложено (Willey, Rao, 1980) определять коэффициент конкурентоспособности (CR), который представляет собой отношение LER двух культур - компонентов смеси, но с учетом пропорций, в которых данные культуры были посеяны. При этом, чем выше величина CR, тем выше конкурентоспособность данного компонента смешанного посева. Определение CR (по урожаю зерна) показало, что при возделывании пшеницы и вики в составе смеси злаковая культура более конкурентоспособна, чем бобовая (табл. 16).

Таблица 16. Коэффициент конкурентоспособности (CR) (сред. за 3 года)

Вариант посева	Пшеница				Вика			
	Доза азотного удобрения				Доза азотного удобрения			
	N0	N30	N60	N90	N0	N30	N60	N90
Зерно								
75 / 25	1,03	1,76	1,83	1,79	0,97	0,57	0,55	0,56
50 / 50	1,02	1,35	1,62	1,81	0,98	0,74	0,62	0,55
25 / 75	1,37	1,43	1,50	1,53	0,73	0,70	0,67	0,65
Сред. В	1,14	1,51	1,65	1,71	0,89	0,67	0,61	0,59
Надземная масса (зерно + солома + солома)								
75 / 25	1,01	2,03	1,90	1,92	0,99	0,49	0,53	0,52
50 / 50	0,83	1,07	1,33	1,61	1,21	0,94	0,75	0,62
25 / 75	1,31	1,25	1,30	1,28	0,80	0,78	0,77	0,76
Сред.	1,05	1,45	1,51	1,60	1,00	0,74	0,68	0,63

Возрастание доз азота увеличивало CR пшеницы и снижало ее у вики. Наименее напряженные конкурентные отношения между компонентами смеси (практически одинаковые, но в то же время минимальные величины CR у пшеницы и максимальные - у вики) отмечены без внесения азотного удобрения в посевах с соотношениями злаковой и бобовой культур 75 / 25 и 50 / 50. Определение CR с учетом сбора всей надземной массы подтвердило основные тенденции в его изменении в зависимости от доз азота и соотношений семян в составе высеваемой смеси, определенные по урожаю зерна. Однако в данном случае CR пшеницы ниже, а вики - выше, чем по урожаю зерна, то есть в случае учета сбора побочной продукции (солома + солома) напряженность конкурентных отношений между компонентами смешанного посева снижается.

Выше было показано, что общей тенденцией при оценке эффективности смешанных посевов является использование критериев, основанных на относи-

тельных единицах (Методическое руководство ..., 1996). Поэтому их (критериев) определение может быть проведено не только по урожаю основной продукции компонентов смеси, но и как было показано выше, по сбору всей надземной массы, а также по другим показателям, имеющимся у обеих культур, выращиваемых в смешанном посеве. Таким показателем может являться потребление (вынос) азота. При этом представляет определенный интерес изучение конкурентных отношений компонентов смеси в потреблении азота в динамике по фазам вегетации.

Известно, что бобовое растение существенно отличается от злакового по величине надземной массы и содержанию азота в ней. В этой связи для корректного сравнения потребления (выноса) азота надземной массой по фазам вегетации и основной продукцией злаковой и бобовой культур (зерно), как представителей разных видов, возникает необходимость использования такого показателя, как единица (чаще всего - грамм) азота на 100 растений (г N / 100 раст.). Использование данного показателя обусловлено необходимостью нивелирования различий в количестве растений злакового и бобового компонентов смеси на единице площади при возделывании их в различных посевных соотношениях, так как коэффициенты высева, обеспечивающие оптимальную густоту продуктивного стеблестоя в монопосевах традиционных для Нечерноземья злаковых (озимая рожь, пшеница, ячмень и овес - 4,5...7,0) и зернобобовых культур (вика, горох и люпин - 0,8...1,2 млн всхожих зерен на 1 га), существенно различаются.

Данные, представленные на рис. 11, показывают, что в фазу трубкования LER (показывающий интенсивность поглощения азота на единице площади смешанного посева по сравнению с одновидовыми) возрастал по сравнению с фазой кущения, снижался в фазу цветения и возрастал в период полной спелости.

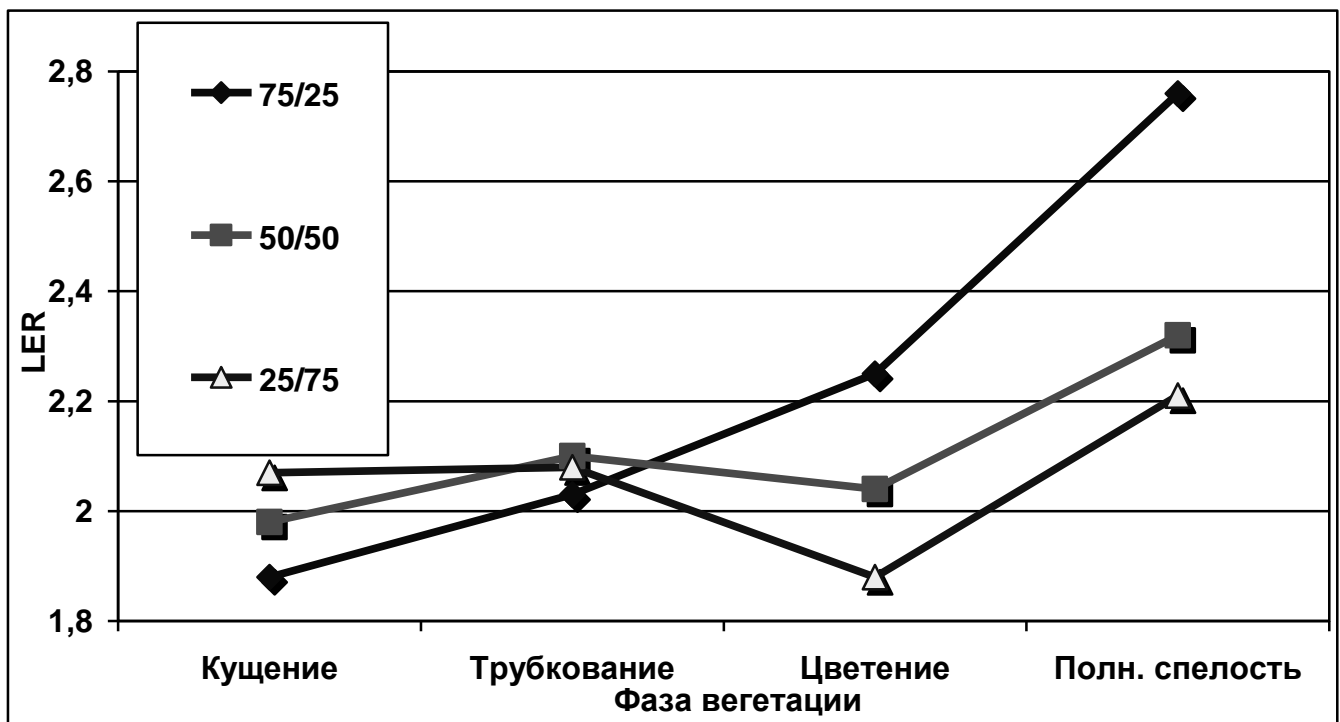


Рисунок 11. Динамика LER в потреблении азота растениями по фазам вегетации

Исключение составляла смесь с преобладанием злакового компонента, где во все фазы вегетации LER возрастал по сравнению с предыдущей фазой. С возрастанием доз азота, величины LER в фазы кущения и цветения увеличивались, в фа-

зу полной спелости - снижались; в фазу трубкования с возрастанием доз наблюдалось снижение, а при внесении максимальной дозы азота - их увеличение.

Вероятно, отмеченные выше изменения LER, связаны с различиями в темпах нарастания надземной массы и интенсивности поглощения азота растениями - компонентами смеси и, как следствие, изменением конкурентных отношений в поглощении азота в рассматриваемые периоды вегетации. Независимо от доз азота, аналогичные данные по динамике LER в поглощении азота по фазам вегетации растениями смешанного посева овса и вики (соотношение 50 / 50 от нормы высева в их монопосевах), определенные автором, получены при использовании данных, опубликованных в работе (Лыкова, Мосолов, 1981): ветвление - 1,93; стебление - 2,69; цветение - 2,29 и образование репродуктивных органов - 2,52.

С уменьшением доли семян любого из компонентов смешанного посева в составе смеси, его конкурентоспособность (CR) в потреблении азота в период вегетации возрастала, с увеличением - снижалась. Наименее напряженные конкурентные отношения в потреблении азота во все фазы вегетации наблюдались в посевах с половинными нормами злаковой и бобовой культур (рис. 12). Независимо от доз азотного удобрения наибольшая конкурентоспособность в поглощении азота у обеих культур, выращиваемых в смешанных посевах, наблюдалась в посевах с минимальными посевными нормами - 25% от нормы высева в их монопосевах.

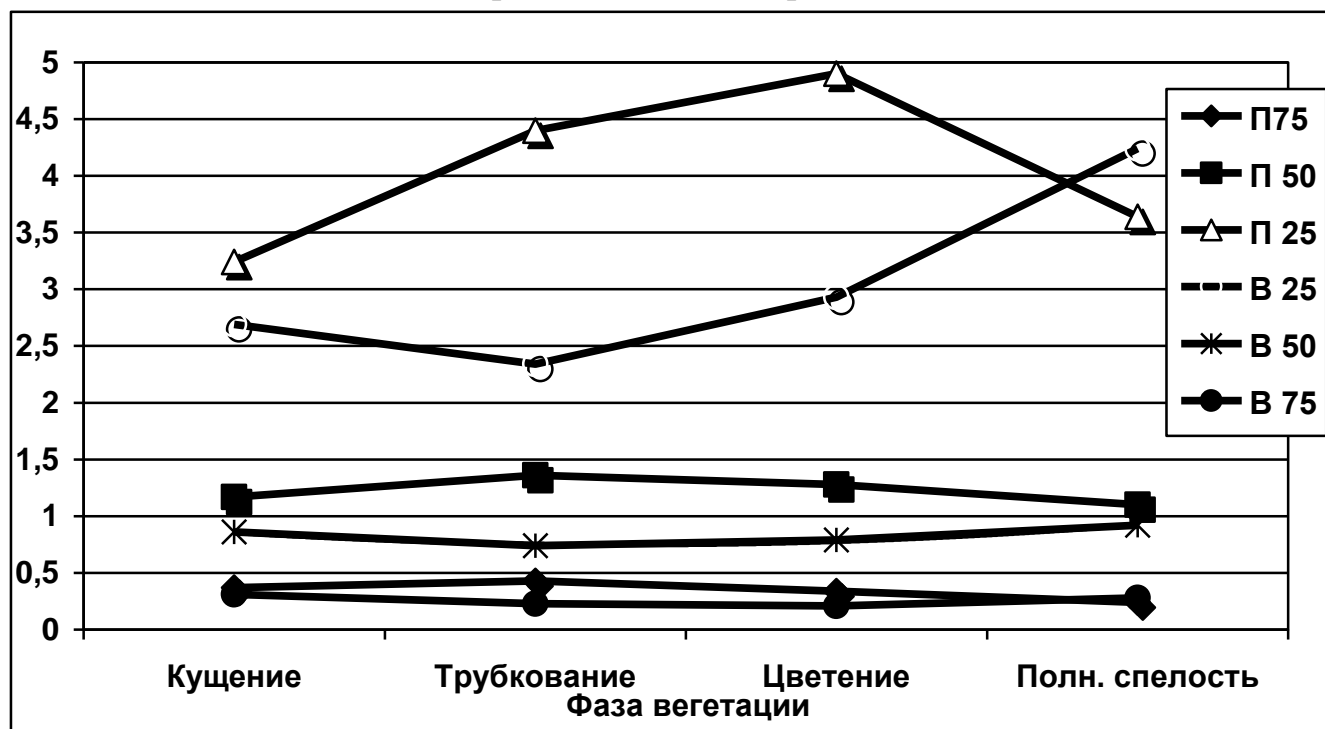


Рисунок 12. Динамика CR пшеницы и вики в потреблении азота по фазам вегетации

Во всех смешанных посевах, независимо от доз азота, в фазу трубкования по сравнению с фазой кущения конкурентоспособность злакового компонента возрастала, а бобового - снижалась. В период трубкование - цветение и цветение - полная спелость происходило изменение направленности конкурентных отношений в поглощении азота растениями смеси: его увеличение в фазу цветения по сравнению с фазой трубкования у обеих культур, уменьшение в период полной спелости у пшеницы и увеличение по сравнению с предыдущей фазой - у вики.

Более конкурентоспособной культурой в поглощении азота в вегетативный период (кущение - в 1,2; трубкование - в 1,9; цветение - в 1,7 раза) являлась пшеница, а в период полной спелости - вика (в 1,1 раза).

Роль бобовых культур в земледелии Кировской области

В последнее время растет интерес к технологиям возделывания зерновых культур, где обязательным элементом является «биологический» азот. Это - основной экологически безопасный путь снабжения растений азотом, при котором возможно существенное снижение загрязнения природной среды подвижными формами минерального азота. Поэтому важно знать вклад биологического азота и органического вещества в плодородие почвы ... и на этой основе планировать экономически и экологически оправданную систему удобрений и тем самым эффективнее использовать средства химизации (Завалин, Кашукоев, 1998; Завалин и др., 2007; 2011). В связи с вышеизложенным возникла необходимость мониторинга биологического азота в земледелии страны и отдельных ее регионов.

Определение возможных величин потребления общего и симбиотического азота в земледелии Кировской области показало, что в период с 1991 по 2000 гг. по сравнению с 1986 - 1990 гг. произошло увеличение поступления в почву общего и симбиотического азота в 1,31 и 1,45 раза соответственно, то есть в эти годы темпы поступления симбиотического азота в почву были выше, чем общего (рис. 13). В 2001 - 2005 гг. также наблюдался рост потребления общего азота по сравнению с предыдущими двумя пятилетиями на 3,5 тыс. т или на 10%, симбиотического - на 2,1 тыс. т или на 11%, но не достиг прогнозируемых на 2005 г. величин (57,6 и 34,5 тыс. т соответственно) в связи с неблагоприятными условиями увлажнения, сложившимися в три года (2002, 2004 и 2005 гг.) из пяти лет в 2001 - 2005 гг., а также в 2009 и 2010 гг. в следующее пятилетие (2006 - 2010 гг.).

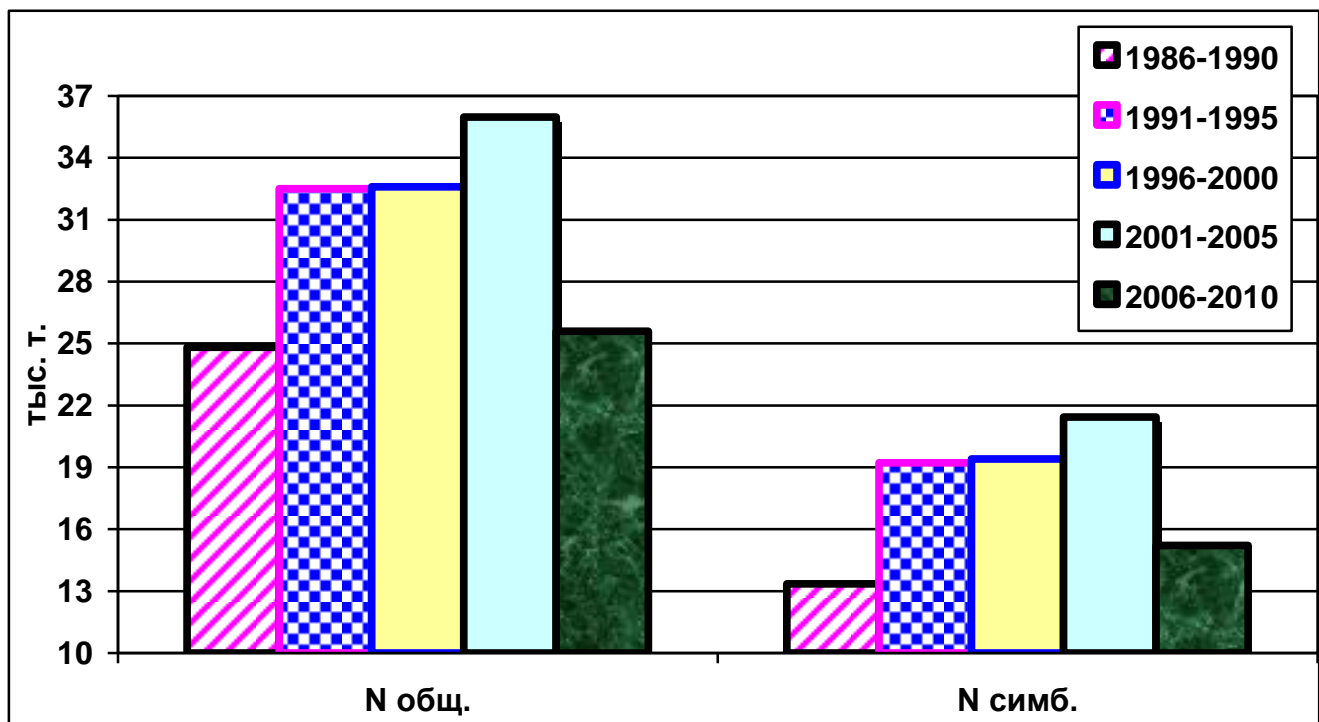


Рисунок 13. Поступление в почву с растительными остатками общего и симбиотического азота, тыс. т

Определение доли различных групп бобовых культур в накоплении общего и симбиотического азота, а также в поступлении азота в почву с растительными остатками показало доминирующую роль многолетних бобовых трав (табл. 17).

Таблица 17. Доля различных групп бобовых культур в накоплении симбиотического азота, %

Группа бобовых культур	1986 - 1990	1991 - 1995	1996 - 2000	2001 - 2005	2006 - 2010
Зернобобовые	14,7	10,0	6,2	4,0	4,3
Однол. травы	8,2	5,7	3,6	3,7	5,5
Многол. травы	77,1	84,3	90,2	92,3	90,2

Начиная с 1986 - 1990 гг., количество сухого органического вещества, поступающего в почву от всех групп бобовых, возрастало и достигло максимума в 2001 - 2005 гг., составив около 1,3 млн. т (табл. 18). При этом данное увеличение происходило за счет многолетних бобовых трав при снижении поступления органического вещества при выращивании зернобобовых и однолетних трав. Из этого количества на долю органического вещества многолетних трав приходится 79,4 - 93,9, зернобобовых - от 2,0 до 11,1% и однолетних трав - от 3,5 до 9,5% .

Таблица 18. Ориентировочные величины поступления органического вещества

Группа бобовых культур	1986 - 1990		1991 - 1995		1996 - 2000		2001 - 2005		2006 - 2010	
	1*	2**	1	2	1	2	1	2	1	2
Зернобоб.	13,1	82,1	13,1	72,8	10,6	45,6	12,9	26,1	12,3	21,3
Однол. тр.	7,0	70,2	9,2	60,1	9,2	37,5	9,1	52,1	9,3	53,5
Многол. тр.	20,9	589,7	31,2	907,2	36,3	981,3	34,9	1206,7	34,8	839,2
Всего	-	742,0	-	1040,1	-	1064,4	-	1284,9	-	914,0

1* - поступление растительных остатков, ц/га;

2** - валовое накопление растительных остатков, тыс. т

Изменение показателей качества зерна яровой пшеницы при фракционировании на решетках

Зерновая масса неоднородна по целому ряду признаков, в частности, по крупности, которая определяется массой зерновки. Матриальная (местонахождение в колосе, метелке или початке), генетическая (видовая и сортовая) и экологическая (условия выращивания) разнокачественность зерновок определяет неодинаковый уровень урожайности при последующем посеве. Наиболее изученными являются реакции растений, выращенных из разнокачественных семян, на разные уровни минерального питания (Кондратьев и др., 1998; Калимуллин, 1999; Мухин, Гущина, 2000). Возможности фракционирования зерна по размеру (на решетках с шагом 0,2 мм) довольно широки и дают возможность разделить зерновую массу на шесть, семь и более фракций. Однако вопросы изменения качества зерна при его фракционировании остаются малоизученными, а именно в плане выяснения диапазона изменчивости технологических качеств различных фракций зерна и их зависимости между собой, а также величиной урожая (Бабицкий, 2008).

Из трех лет максимальная урожайность зерна получена в благоприятный по

увлажнению год (2003), минимальная - в год с засушливыми условиями (2001) в период кушение - цветение, а год с резким недостатком влаги в период трубкование - полная спелость (2002) по величине урожая занимал промежуточное положение (табл. 19).

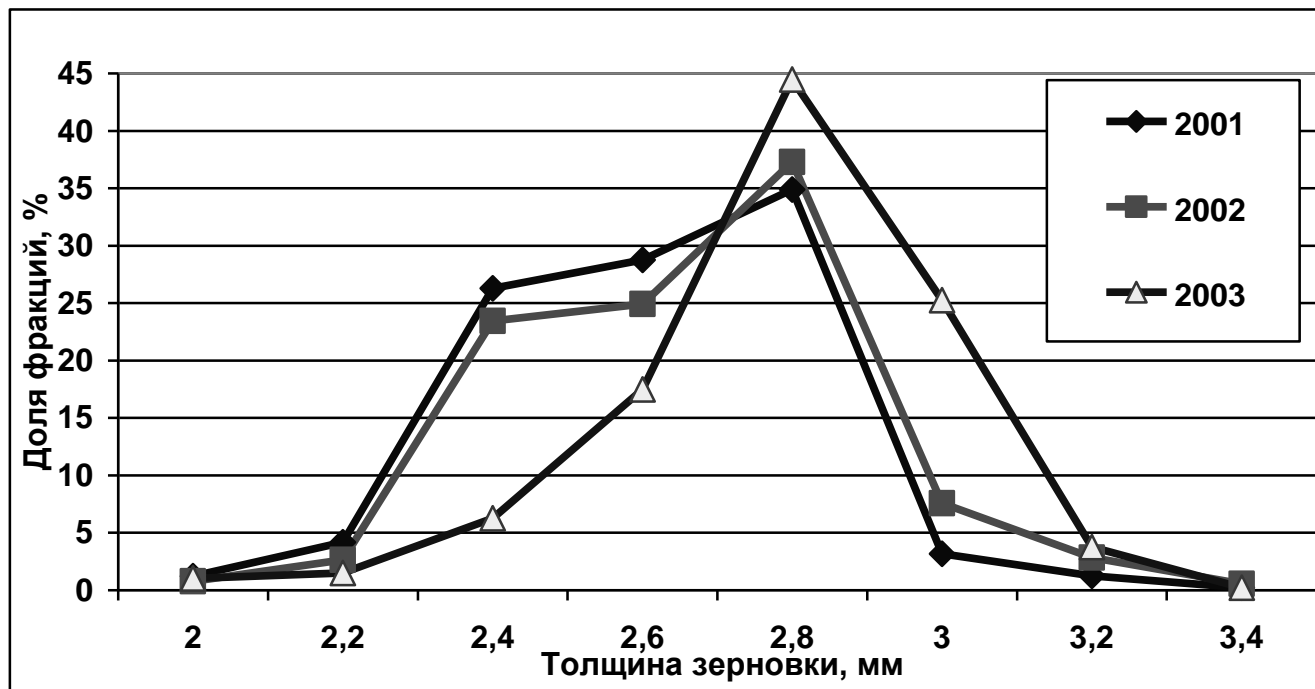
Таблица 19. Урожайность (ц/га), доля фракций и технологические качества различных фракций зерна яровой пшеницы сорта Иргина

Фракция, мм	2001 г.	2002 г.	2003 г.	Сред.	2001 г.	2002 г.	2003 г.	Сред.
Доля фракции в урожае, %				Масса 1000 зерен, г				
1,7 - 2,0	1,23	0,77	1,02	1,01	16,41	18,28	16,34	17,01
2,0 - 2,2	4,18	2,64	1,51	2,78	23,76	22,44	23,00	23,07
2,2 - 2,4	26,30	23,44	6,26	18,67	29,71	28,58	27,10	28,46
2,4 - 2,6	28,76	24,91	17,49	23,72	33,66	33,14	30,64	32,48
2,6 - 2,8	34,88	37,28	44,46	38,21	38,28	38,38	35,10	37,25
2,8 - 3,0	3,17	7,57	25,27	12,00	42,81	45,10	40,81	42,91
3,0 - 3,2	1,25	2,85	3,77	2,62	44,14	48,70	45,89	45,69
3,2 - 3,4	0,23	0,54	0,22	0,33	44,26	45,03	45,92	45,07
Урож-ть	38,7	40,4	45,6		32,50*	34,21	33,70	
Содержание сырого белка, %				Содержание сырой клейковины, %				
1,7 - 2,0	12,8	14,3	10,2	12,4	20,6	27,1	15,2	21,0
2,0 - 2,2	11,4	14,0	10,0	11,8	20,0	26,0	14,8	20,3
2,2 - 2,4	10,8	14,0	9,7	11,5	19,6	25,6	14,4	19,9
2,4 - 2,6	10,8	12,3	9,7	10,9	18,8	27,2	15,2	20,4
2,6 - 2,8	11,7	14,8	10,5	12,3	19,6	30,0	17,6	22,4
2,8 - 3,0	11,7	16,8	11,4	13,3	22,8	34,4	18,8	25,3
3,0 - 3,2	13,4	18,0	12,8	14,7	22,8	38,0	20,8	27,2
3,2 - 3,4	12,0	16,5	13,7	14,1	22,0	36,8	22,0	26,9
	11,4*	14,8	10,5		20,4	29,2	18,4	
Натура, г/л				«Число падения», сек				
1,7 - 2,0	711	720	703	711	96	330	368	265
2,0 - 2,2	723	732	704	720	365	178	382	308
2,2 - 2,4	759	766	762	762	390	177	361	309
2,4 - 2,6	774	784	772	777	386	158	367	304
2,6 - 2,8	776	788	774	779	373	114	405	297
2,8 - 3,0	768	787	782	779	351	83	404	279
3,0 - 3,2	744	764	775	761	308	66	338	237
3,2 - 3,4	725	748	762	745	292	67	333	231
	763*	774	770		376*	155	383	

Примечание: * - показатели качества исходного образца зерна, взятого для фракционирования

Изменение уровня урожайности зерна по годам происходит за счет перераспределения фракций. В благоприятный по увлажнению год высока доля крупных фракций 2,6 - 2,8 и 2,8 - 3,0 мм (44,5 и 25,3% соответственно и в сумме около 70%). В год с засушливыми условиями в период кушение - цветение

увеличивается доля мелких 2,2 - 2,4 и 2,4 - 2,6 (в сумме около 56%) при существенном снижении доли крупных фракций (2,6 - 2,8 и, особенно, 2,8 - 3,0 мм - с 44,5 до 34,9 и с 25,3 до 3,2% соответственно) (рис. 14). Максимальная доля в урожае отмечается у фракций размером 2,6 - 2,8 мм. Мелкие фракции 1,7 - 2,0 и 2,0 - 2,2 и крупные размером 3,0 - 3,2 и 3,2 - 3,4 мм составляли в общем урожае лишь 0,8 - 4,2% и существенного значения в его формировании не имели.



Примечание: 2* - 1,7 ... 2,0; 2,2 - 2,0 ... 2,2; ... 3,4 - 3,2 ... 3,4 мм (то же на рис. 15 и 16)

Рисунок 14. Доля фракций в урожае зерна яровой пшеницы сорта Иргина, %

Масса 1000 зерен исходных образцов зерна пшеницы, полученных в различные по увлажнению годы и использованных для фракционирования, слабо различалась в зависимости от гидротермических условий вегетационных периодов и находилась в пределах 32,5 ... 34,2 г. При этом масса 1000 зерен определенной фракции существенно не изменялась в различные по гидротермическом условиям годы и функционально (линейно) зависела от толщины зерновки (мм): $У (г) = - 23,485 + 21,288X$; $r = 0,981$. Условия увлажнения периодов вегетации обусловили не только различный уровень урожайности, но и способствовали формированию зерна с контрастным содержанием белка и сырой клейковины, а также натурой и «Числом падения». В год с засушливыми условиями в период кущение - цветение и в год с благоприятными условиями увлажнения получено зерно с практически равным и сравнительно низким содержанием белка и клейковины, и высоким «Числом падения», а в год с недостатком влаги в период трубкование - полная спелость - со сравнительно высоким их содержанием и низким «Числом падения». Зерно, сформированное в годы с недостатком влаги в репродуктивный период (2002 и 2003), по величине природы существенно не различалось и характеризовалось более высокой натурой, чем в год с нормальным увлажнением в период налива зерна (2001).

При фракционировании зерна зависимость содержания белка и клейковины от толщины зерновки наиболее точно описывается уравнениями третьего порядка

с двумя точками экстремума, так как линейные уравнения и уравнения второго порядка незначимы (табл. 20, рис. 15). Так, с увеличением толщины зерновки содержание сырого белка и сырой клейковины снижается и, достигнув определенной величины (первой точки экстремума) при толщине зерновки в интервале 2,2 - 2,4 мм, начинает возрастать. Однако каждое последующее увеличение толщины зерновки сопровождается меньшим увеличением содержания белка и клейковины и, достигнув определенной величины (второй точки экстремума) при толщине зерновки 3,2 - 3,4 мм, содержание белка и сырой клейковины начинает снижаться.

Таблица 20. Зависимости содержания сырого белка (Уб, %) и сырой клейковины (Ук, %) в зерне яровой пшеницы сорта Иргина от толщины зерновки (X, мм)

Год	Уравнение регрессии (n = 8)	R ²	ТЭ 1	ТЭ 2
2001	$Уб = 175,009 - 181,260X + 65,636X^2 - 7,765X^3$	0,671*	2,42	3,21
	$Ук = 209,281 - 212,294X + 77,392X^2 - 9,154X^3$	0,764*	2,36	3,28
2002	$Уб = 215,360 - 228,210X + 83,983X^2 - 10,006X^3$	0,612*	2,32	3,27
	$Ук = 419,365 - 448,499X + 165,519X^2 - 19,602X^3$	0,958*	2,27	3,36
2003	$Уб = 54,267 - 45,129X + 14,131X^2 - 1,282X^3$	0,975*	2,35	5,00
	$Ук = 156,821 - 158,935X + 56,981X^2 - 6,439X^3$	0,982*	2,26	3,64
Сред. за три года	$Уб = 148,266 - 151,595X + 54,607X^2 - 6,354X^3$	0,816*	2,36	3,37
	$Ук = 261,012 - 272,188X + 99,543X^2 - 11,679X^3$	0,953*	2,29	3,39

Примечание: 0,671* - значимо на уровне 0,05; ТЭ 1 и ТЭ 2 - точки экстремума (то же и в последующих таблицах и рисунках)

Разделение исходных образцов зерна на фракции показало, что минимальным «Числом падения» в два года из трех лет характеризуются мелкие и крупные, максимальным - средние фракции зерна (табл. 19). В 2001 г. с увеличением толщины зерновки «Число падения» возрастало и, достигнув точки экстремума (2,77 мм), начинало снижаться (табл. 21). В год с резким недостатком влаги в период трубкования - полная спелость максимальным «Числом падения» характеризовалась самая мелкая фракция (1,7 - 2,0 мм) и с увеличением толщины зерновки «Число падения» снижалось, при этом крупные фракции (более 2,8 мм) имели самую низкую его величину. Таким образом, зависимости величины показателя «Число падения» от толщины зерновки при изменении гидротермических условий вегетационного периода имеют разнонаправленный характер.

Минимальной натурой во все годы характеризовалась мелкая фракция размером 1,7 - 2,0 мм; максимальной - фракции 2,6 - 2,8 и 2,8 - 3,0 мм. При фракционировании зерна зависимость природы от толщины зерновки более точно описывается уравнениями второго порядка (табл. 19). Так, с увеличением толщины зерновки от ее минимальных величин, натура зерна повышается и, достигнув точки экстремума, начинает снижаться (рис. 15).

Таким образом, зависимости содержания белка, клейковины, природы и массы 1000 зерен от толщины зерновки при изменении гидротермических условий в период вегетации имеют однонаправленный, а с показателем «Число падения» - разнонаправленный характер. Поэтому разделение образцов зерна пшеницы, отобранных от однородных крупных партий, на фракции и определение их

качества, позволяет выявить уровень белковости, содержание сырой клейковины, величину показателя «Число падения», массу и массу 1000 зерен конкретной фракции и вид данных зависимостей. Затем, за счет правильного подбора и установки верхних и (или) нижних решет на зерноочистительных машинах вторичной очистки возможно повышение или снижение перечисленные выше показатели качества у конкретной партии зерна пшеницы до регламентируемых ГОСТом Р 52554-2006 величин.

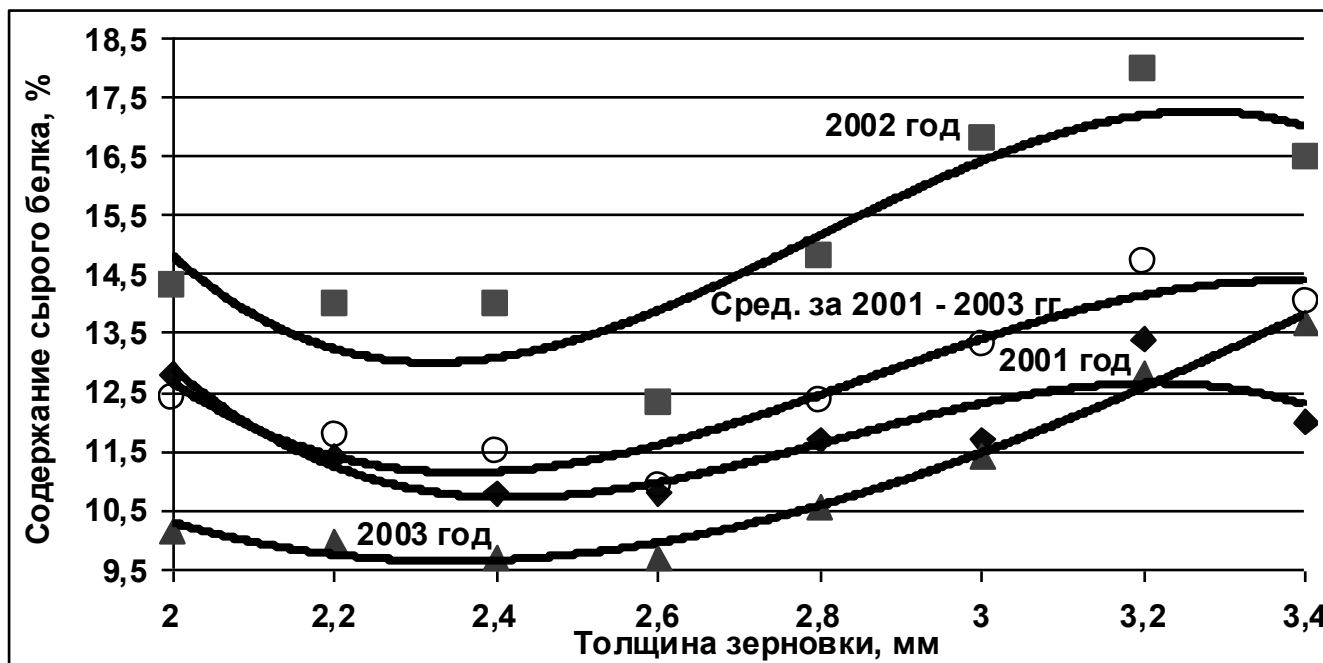


Рисунок 15. Зависимость содержания сырого белка (Y) в зерне яровой пшеницы сорта Иргина от толщины зерновки (X), n = 8

Таблица 21. Зависимость показателя «Число падения» (Y, сек) и массы зерна яровой пшеницы сорта Иргина (Y, г/л) от толщины зерновки (X, мм)

Год	Уравнение регрессии (n = 8)	R ²	ТЭ
«Число падения»			
2001	$Y = - 2603,518 + 2169,554X - 391,220X^2$	0,586*	2,77
2002	$Y = 1515,196 - 871,875X + 131,399X^2$	0,877*	3,32
2003	$Y = - 138,643 + 406,548X - 78,571X^2$	0,211	-
Сред.	$Y = - 402,643 + 563,214X - 111,905X^2$	0,848*	2,52
Масса зерна			
2001	$Y = - 145,286 + 666,310X - 120,833X^2$	0,915*	2,76
2002	$Y = - 93,875 + 625,446X - 111,161X^2$	0,918*	2,81
2003	$Y = - 40,786 + 554,048X - 93,452X^2$	0,858*	2,96
Сред.	$Y = - 94,571 + 616,131X - 108,631X^2$	0,904*	2,84

Так как доля различных фракций зерна в общем урожае существенно изменялась (табл. 22), то вполне логичным является определение средневзвешенной величины основных показателей качества зерна яровой пшеницы (табл. 20). Расчеты показали, что экспериментальные значения основных показателей качества исходных образцов зерна пшеницы и их средневзвешенные величины (определенные с учетом доли каждой фракции в исходных образцах) практически

не различаются и в большинстве случаев находятся в пределах допустимых отклонений, регламентируемых соответствующими ГОСТами.

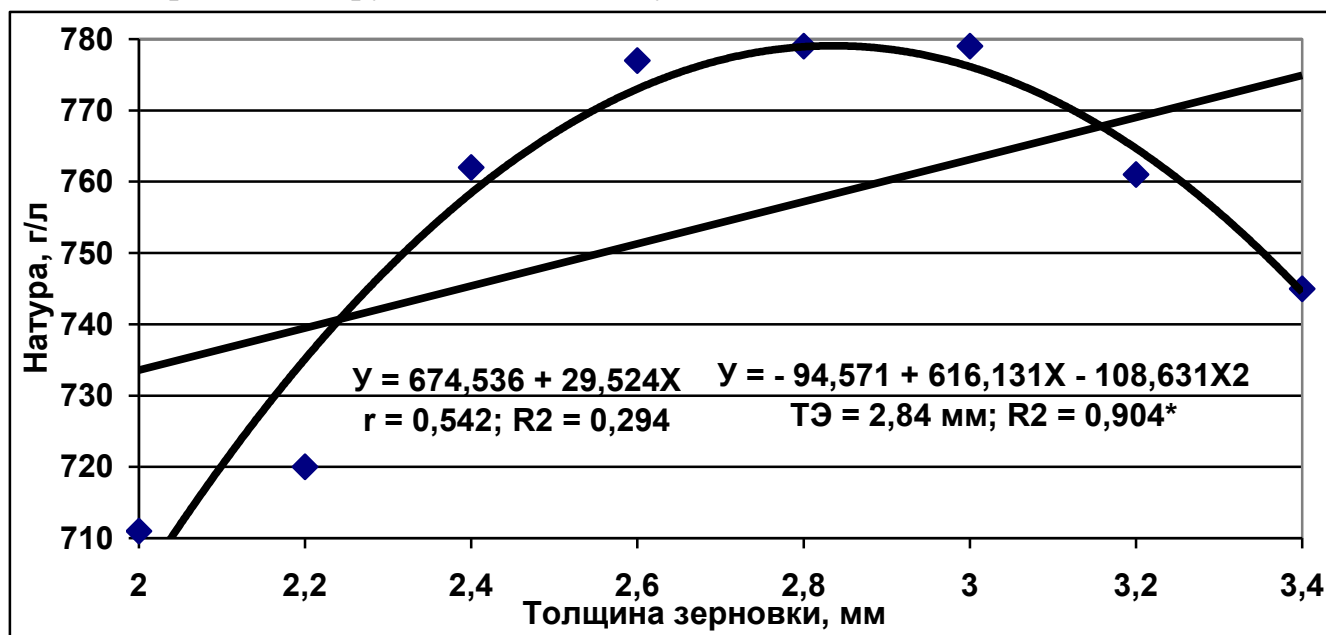


Рисунок 16. Зависимость натурности зерна яровой пшеницы сорта Иргина (Y) от толщины зерновки (X) (сред. за 3 года) n = 8

Таблица 22. Исходные и средневзвешенные величины основных показателей качества зерна яровой пшеницы сорта Иргина

	Масса 1000 зерен, г	Общий азот, %	Сырая клейковина, %	Натура, г/л	«Число па- дения», сек
2001					
Исходные	32,50	2,00	20,4	763	342
Средневзвеш.*	34,05	1,97	19,6	767	376
Отклонение	+ 1,55	- 0,03	- 0,8	+ 4	+ 34
Допуст. откл.**	6% или 4,77	0,44	± 2,0	± 5	± 36
2002					
Исходные	34,21	2,60	29,2	774	155
Средневзвеш.*	35,04	2,50	28,7	779	139
Отклонение	+ 0,83	- 0,10	- 0,5	+ 5	- 16
Допуст. откл.**	6% или 2,43	0,50	± 2,0	± 5	± 15
2003					
Исходные	33,70	1,85	18,4	770	383
Средневзвеш.*	35,32	1,87	17,3	773	392
Отклонение	+ 1,62	+ 0,02	- 1,1	+ 3	+ 9
Допуст. откл.**	6% или 4,81	0,43	± 2,0	± 5	± 39

Примечание: * - средневзвешенные величины; ** - допустимые отклонения, регламентируемые соответствующими ГОСТами (то же в табл. 23 и 24)

Из урожая яровой пшеницы сорта Приокская (2008 г.), сформированного при благоприятных условиях увлажнения вегетационного периода (ГТК посев - полная спелость 1,46) были отобраны два образца зерна массой 40 кг. После сушки на

мягких семенных режимах оба образца подверглись первичной очистке на семяочистительной машине с установленными на ней нижними решетками 1,7 мм и верхними - 3,2 мм. Методом квартования оба средних образца были разделены на две равные части. Первые части каждого из них были подвергнуты фракционированию на решетках на семь фракций (табл. 23). Фракция зерна размером 3,2 - 3,4 мм у сорта Приокская в 2008 году отсутствовала. Это связано с тем, что зерно сорта Приокская (при прочих равных условиях выращивания) характеризуется более низкой массой 1000 зерен, чем зерно сорта Иргина. Вторые части средних образцов были использованы для практического фракционирования в целях проверки теоретической возможности повышения качества зерна.

Урожайность зерна пшеницы сорта Приокская при благоприятных гидротермических условиях вегетационного периода 2008 г. была высокой и составила 52,0 ц/га. Как и в случае с сортом Иргина в относительно благоприятный год у сорта Приокская была высока доля двух фракций: 2,6 - 2,8 и 2,8 - 3,0 мм, суммарная доля которых в урожае составила 76,1%. Мелкие фракции, 1,7 - 2,0 мм и 2,0 - 2,2 мм, и крупная - размером 3,0 - 3,2 мм, составляли каждая в общем урожае менее 2,5% и существенного значения в его формировании не имели.

Таблица 23. Урожайность (ц/га), доля фракций в урожае (%) и технологические качества различных фракций зерна яровой пшеницы сорта Приокская (2008 г.)

Фракция, мм	Урожайность зерна		Масса 1000 зерен, г	Сырая клейковина, %	Натура, г/л	«Число падения», сек
	%	ц/га				
1,7 - 2,0	1,75	0,91	16,99	22,4	678	166
2,0 - 2,2	2,55	1,33	22,86	21,9	709	193
2,2 - 2,4	6,80	3,54	28,80	24,6	795	207
2,4 - 2,6	10,95	5,69	34,66	25,2	810	241
2,6 - 2,8	32,95	17,13	39,72	25,0	822	263
2,8 - 3,0	43,15	22,44	45,77	28,9	817	262
3,0 - 3,2	1,85	0,96	52,50	35,5	586	234
Исходные	100	52,0	39,06	27,1	809	263
Средневзвеш.*	-	-	40,44	26,7	807	252
Отклонение	-	-	+ 1,38	- 0,4	- 2	- 11
Доп. откл.**	-	-	6% или 2,34	± 2,0	± 5	± 26

Проведение статистической обработки показало, что у сорта Приокская существует тесная прямая зависимость массы 1000 зерен от толщины зерновки: $Y = - 41,333 + 29,155X$; $R^2 = 0,999$. Зависимости содержания сырой клейковины: $Y = 79,657 - 52,161X + 11,875X^2$; $R^2 = 0,889$, натуры зерна: $Y = - 2718,143 + 2734,940X - 527,083X^2$; $R^2 = 0,647$ и показателя "Число падения": $Y = - 695,714 + 649,881X - 111,310X^2$; $R^2 = 0,879$ от толщины зерновки (X, мм) имеют сложный нелинейный характер и наиболее точно описываются уравнениями второго порядка с точками экстремума, находящимися в пределах полученных экспериментальных данных. Так, с увеличением толщины зерновки содержание клейковины снижается, а натура и «Число падения» - возрастают и, достигнув точек экстремума при толщине зерновки 2,20, 2,59 и 2,92 мм соответственно, содержание клейковины начинает возрастать, а натура и «Число падения» - снижаться. Таким образом, у

яровой пшеницы сорта Приокская существуют аналогичные зависимости основных показателей качества зерна от толщины зерновки, которые наблюдались у сорта Иргина.

Зерно пшеницы сорта Приокская урожая 2008 г. по содержанию сырой клейковины относится к III (27,1%), а по величине натуре и «Числу падения» - к I классу качества (не < 750 г/л и не < 200 сек). Так как класс качества продовольственной пшеницы (I, II или III) определяют по наихудшему значению одного из показателей (ГОСТ Р 52554-2006), при фракционировании зерна следует добиваться существенного изменения в желаемом направлении именно этого показателя. В данном случае: существенного повышения содержания сырой клейковины.

Рассмотрим теоретическую возможность повышения содержания клейковины в зерне пшеницы в партии весом 100 т. Так как фракция зерна 1,7 - 2,0 мм была наиболее засоренной и составляла в урожае небольшую часть (менее 2%) при фракционировании зерна установим нижнее решето размером 2,0 мм. Так как только две фракции зерна (2,8 - 3,0 и 3,0 - 3,2 мм) характеризуются содержанием сырой клейковины более 28 % (II класс), установим верхнее решето размером 2,8 мм и проведем разделение исходной партии зерна на две фракции: 2,0 - 2,8 и 2,8 - 3,2 мм соответственно. После проведения фракционирования зерна вес первой (мелкой) партии, без учета потерь зерноочистительной машиной составит 53,25 т., второй (крупной) - 45 т. Масса 1000 зерен и содержание клейковины у первой партии снизятся до 36,48 г и 24,8%, а у крупной, наоборот, повысятся до 46,05 г и 29,2% соответственно, превысив в обоих случаях допустимые отклонения, регламентируемые соответствующими ГОСТами. То есть, при разделении зерна исходной партии пшеницы на две фракции произойдут существенные изменения (повышение) массы 1000 зерен и содержания клейковины. При этом существенных изменений натуре зерна и величины «Числа падения» наблюдаться не будет.

Так как первые части исходных образцов зерна пшеницы были подвергнуты фракционированию на семяочистительной машине на семь фракций, проведем практическое фракционирование образцов, оставшихся после квартования, установив нижние (2,0 мм) и верхние решета (2,8 мм), как было рассмотрено выше. Проведение практического фракционирования показало, что вес мелкой партии зерна составил (исходя из расчета, что вес исходной партии был 100 т.) 52,0 т., крупной - 44,1 т., при теоретических (расчетных) величинах - 53,25 и 45,0 т., соответственно. Потери первой партии при фракционировании составили 1,25 т., второй - 0,90 т. или 2,35% и 2,0%, соответственно. То есть абсолютные и относительные потери зерна у крупной партии были ниже, чем у мелкой. Масса 1000 зерен и содержание сырой клейковины у первой партии снизились и составили 36,3 г и 24,5%, соответственно, а у крупной - повысились до 46,34 г и 29,4%, соответственно (табл. 24). При этом теоретические (расчетные или прогнозные) величины этих показателей качества для первой партии зерна составляли 36,48 г и 24,8%, а для крупной - 46,05 г и 29,2%, соответственно. Как видим экспериментально полученные после разделения зерна на две фракции и теоретические (прогнозные) величины показателей качества зерна во всех случаях не превышали допустимых отклонений, регламентируемых соответствующими ГОСТами. При

этом существенных изменений натуры зерна и величины показателя «Число падения», как и было спрогнозировано, не наблюдалось.

Таблица 24. Изменение качества зерна яровой пшеницы сорта Приокская при фракционировании на решетках (2008 г.)

Фракция, мм	Доля фракции, %	Масса 1000 зерен, г		Сырая клейковина, %		Натура, г/л		«Число падения», сек	
		П 1*	П 2**	П 1	П 2	П 1	П 2	П 1	П 2
1,7-2,0	1,75	-	-	-	-	-	-	-	-
2,0-2,2	2,55	58,29	-	55,85	-	1807,95	-	492,15	-
2,2-2,4	6,80	195,84	-	167,28	-	5406,00	-	1407,60	-
2,4-2,6	10,95	379,53	-	275,94	-	8869,50	-	2638,95	-
2,6-2,8	32,95	1308,77	-	823,75	-	27084,9	-	8665,85	-
2,8-3,0	43,15	-	1974,98	-	1247,04	-	35253,6	-	11305,3
3,0-3,2	1,85	-	97,13	-	65,68	-	1084,1	-	432,90
Сумма	100	1942,43	2072,11	1322,82	1312,72	43168,4	36337,7	13204,6	11738,2
Исходные		39,06		27,1		809		263	
Средневзвеш.		36,48	46,05	24,8	29,2	811	808	248	261
Отклонение		- 2,58	+ 6,99	- 2,3	+ 2,1	+ 2	- 1	- 15	- 2
Допуст. откл.		6% или 2,34		± 2,0		± 5		± 26	± 26
После проведения практического фракционирования									
Фактические		36,30	46,34	24,5	29,4	810	809	245	255
Отклонение		- 2,76	+ 7,28	- 2,6	+ 2,3	+ 1	0	- 18	- 8

Примечание: П 1* и П 2** - первая и вторая партии зерна после фракционирования

ВЫВОДЫ

1. Азотное удобрение обеспечивает существенное повышение урожайности зерна всех четырех сортов яровой пшеницы, возделываемых по пласту клевера, однако внесение N120 до посева по сравнению с N90 не обеспечивает достоверной прибавки урожайности. Существенная прибавка урожайности зерна при внесении N90 по сравнению с N60 до посева получена только в благоприятный по увлажнению год у трех из четырех сортов: Иргины, Крепыша и Эниты. Максимальная урожайность зерна получена при возделывании сорта интенсивного типа Энита, минимальная - сорта Ленинградка. Проведение некорневой азотной подкормки во все фазы вегетации (кущение, трубкование, цветение) при возделывании яровой пшеницы сорта Иргина по пласту клевера не обеспечивает существенной прибавки урожайности зерна и не влияет на накопление в нем сырого белка и сырой клейковины по сравнению с разовой дозой азотного удобрения, внесенной до посева.

2. Возрастающие дозы азотного удобрения повышают содержание сырого белка и сырой клейковины в зерне всех изученных сортов пшеницы. Однако увеличение их накопления неадекватно возрастающим дозам азота и при этом наблюдается тенденция к ухудшению качества клейковины. Максимальным содержанием белка и клейковины хорошего качества характеризуется зерно скоро-спелого сорта Иргина, минимальным - интенсивного сорта Энита. Зерно с более

высокими показателями технологических качеств у всех изученных сортов формировалось при допосевном внесении N90 и N120. Хлеб лучшего качества во все годы получен из зерна сорта Иргина, остальные три сорта яровой пшеницы (Крепыш, Энита и Ленинградка) характеризуются более низким качеством хлеба.

3. По динамике накопления сухой надземной массы, содержанию и потреблению азота и величине показателя «Синтезировано сухого вещества на единицу поглощенного азота» по фазам вегетации существенных различий между четырьмя сортами яровой пшеницы не выявлено. В фазу полной спелости существенные различия между сортами отмечены по урожайности зерна, хозяйственному коэффициенту (К хоз.), содержанию в зерне сырого белка и сырой клейковины, массе 1000 зерен, величине показателей: обеспеченности зерна азотом (Поз N) и «Синтезировано сухого вещества зерна на единицу поглощенного азота». Среди четырех сортов максимальная урожайность зерна, величина показателя «Синтезировано с. в. зерна на единицу поглощенного азота» и К хоз. отмечены у низкобелкового сорта Энита, а минимальные - у высокобелкового сорта Иргина.

4. Для формирования максимальной урожайности зерна яровой пшеницы сорта Иргина при возделывании ее по пласту клевера запас нитратного азота в фазу кущения в слое почвы 0 - 40 см должен быть не ниже 62, в слое 0 - 60 - не ниже 79 кг/га; минерального азота - не ниже 129 и 131 кг/га; в фазу трубкования запас нитратного и минерального азота в слое почвы 0 - 40 см должен составлять не менее 56 и 104 кг/га соответственно.

5. С увеличением доз азотного удобрения наблюдается тенденция к возрастанию реутилизации азота из вегетативных органов в зерно и пропорциональному снижению его поступления из почвы в период налива зерна. В зависимости от условий увлажнения в период налива зерна полнота оттока азота с возрастанием доз азотного удобрения повышается, если в данный период наблюдается нормальное увлажнение или создаются несколько засушливые условия. Максимальное абсолютное количество азота в растениях яровой пшеницы сорта Иргина, возделываемой по пласту клевера в благоприятный по увлажнению год, накапливалось и реутилизировалось из междоузлий, затем - из листьев, элементов колоса и минимальное - из стеблевых узлов. В год с засухой в период вегетации количество реутилизованного азота в белке зерна в зависимости от доз минеральных удобрений снижалось в 1,4-1,8 раза, а междоузлия и листья были равноценны по величине реутилизованного азота в белке зерна. Чем ниже (считая от колоса) расположен орган растения, тем ниже из него абсолютная и относительная реутилизация и полнота оттока азота в формирующуюся зерновку.

6. Суммарное содержание сахаров и содержание общего азота в растениях яровой пшеницы по фазам вегетации могут являться диагностическими показателями функционального состояния, определяющих степень взаимодействия двух процессов: фотосинтеза и азотного питания, интегральным показателем интенсивности которых является накопление надземной массы, от величины которой, в свою очередь, зависит уровень урожайности основной и побочной продукции.

7. Зависимости урожайности зерна яровой пшеницы от гидротермических условий межфазных периодов вегетации, а также природы зерна от содержания белка и массы зерновки имеют сложный нелинейный характер и наиболее точно

описываются уравнениями второго порядка с выраженными точками экстремума или областями оптимума.

8. При выращивании яровой пшеницы в смешанных посевах с викой в различных посевных соотношениях, существенно улучшаются основные показатели качества зерна злаковой культуры по сравнению с возделыванием ее в монопосеве. При этом доза азотного удобрения может быть существенно снижена (с 90...60 до 60...30 кг/га д. в. соответственно) и получено зерно яровой пшеницы с равным или более высоким содержанием белка и сырой клейковины, а также с более высокими показателями технологических качеств.

9. Существенное увеличение содержания белка в зерне пшеницы, высеваемой в смеси с викой, обусловлено во-первых: увеличением поступления азота в растения злакового компонента смеси в период вегетации; во-вторых: без внесения азотного удобрения и при внесении N30 - более интенсивным поглощением азота корневой системой в период налива зерна, а при внесении азотных удобрений в более высоких дозах (N60 и N90) - за счет увеличения полноты оттока его из вегетативных органов в зерно.

10. Определение эффективности смешанных посевов пшеницы и вики по урожаю основной продукции (зерно) и по величине всей надземной массы (зерно + солома) показало, что злаковый компонент смеси более агрессивен и конкурентоспособен, чем бобовый и с возрастанием доз азота конкурентоспособность и агрессивность злакового компонента смеси возрастают, а бобового - снижаются. Максимальная биологическая эффективность смешанных посевов и наименее напряженные конкурентные отношения между компонентами смеси наблюдаются на фоне без внесения азота при половинных нормах высева семян (50 / 50) и в посевах с преобладанием злаковой культуры (75 / 25) в составе высеваемой смеси.

11. Смешанные посевы яровой пшеницы и яровой вики по интенсивности поглощения азота на единице площади в период вегетации эффективнее одновидовых посевов в 1,9...2,8 раза, а наименее напряженные конкурентные отношения в потреблении азота во все фазы вегетации, независимо от доз азотного удобрения, наблюдаются в посевах с половинными посевными нормами.

12. В урожае основных групп бобовых культур (зернобобовые, однолетние и многолетние травы) Кировской области в период с 1986 по 2010 гг. ежегодно накапливалось от 24 до 36 тыс. т общего азота, в т. ч. от 13 до 21 тыс. т симбиотического. Поступление органического вещества в этот период составило 0,74 – 1,28 млн т. Наибольший вклад в накоплении общего и симбиотического азота и поступлении органического вещества в почву принадлежал многолетним бобовым травам.

13. Изменение величины урожайности зерна яровой пшеницы в различные по увлажнению годы происходит за счет перераспределения фракций. Зерно различных фракций неравноценно по биохимическому составу (содержанию сырого белка и сырой клейковины) и технологическим качествам (массе 1000 зерен, натуре и «Числу падения»). Масса 1000 зерен определенной фракции практически не изменяется в различные по увлажнению годы и функционально (линейно) зависит от толщины зерновки. При фракционировании зерна различных сортов яровой пшеницы зависимость содержания сырого белка и сырой клейковины от толщины зерновки наиболее точно описывается уравнением

второго или третьего порядка с одной или двумя точками экстремума. С увеличением толщины зерновки от ее минимальных величин, натура зерна повышается и, достигнув точки экстремума, начинает снижаться. В год с засушливыми условиями в период кущение - цветение с увеличением толщины зерновки «Число падения» возрастает и, достигнув точки экстремума (2,77 мм), начинает снижаться. В год с резким недостатком влаги в период трубкования - полная спелость максимальным «Числом падения» характеризовалась самая мелкая фракция и с увеличением толщины зерновки «Число падения» снижалось. В благоприятный по увлажнению год все фракции зерна пшеницы характеризовались сравнительно высоким «Числом падения» (231...309 сек.), при этом каких-либо значимых зависимостей «Числа падения» от толщины зерновки не обнаружено.

14. Экспериментальные значения основных показателей качества исходной партии зерна яровой пшеницы и их средневзвешенные величины (определенные с учетом доли каждой фракции в исходной партии) существенно не различаются и в подавляющем большинстве случаев находятся в пределах допустимых отклонений, регламентируемых соответствующими государственными стандартами. При фракционировании зерна пшеницы зависимости содержания сырого белка, сырой клейковины, натуры и массы 1000 зерен от толщины зерновки при изменении условий увлажнения в период вегетации имеют однонаправленный, а с показателем «Число падения» - разнонаправленный характер.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

1. Получение зерна пшеницы, соответствующего III классу качества (ГОСТ Р 52554 - 2006) и пригодного для самостоятельного хлебопечения, возможно при выращивании яровой пшеницы сорта Иргина и озимой - Янтарная 50 и внесении азотного удобрения не менее 60, II класса - при возделывании Иргины и внесении доз азота не менее 90 кг/га д.в. только в благоприятные по увлажнению годы.

2. Зерно яровой пшеницы, соответствующее по содержанию сырой клейковины II и III классу качества может быть получено при выращивании ее в смешанном посеве с яровой викой при половинных нормах посева в чистом виде. При этом доза азотного удобрения может быть существенно (в два раза) снижена (с 60 до 30 кг/га д. в.) по сравнению с монопосевом пшеницы и получено зерно с равным или более высоким содержанием белка и сырой клейковины.

3. Разделение образцов зерна пшеницы, отобранных от однородных крупных партий, на фракции и определение их качества, позволяет выявить уровень белковости, содержание сырой клейковины в зерне, величину показателя «Число падения», натуру и массу 1000 зерен конкретной фракции и вид данных зависимостей. За счет правильного подбора и установки верхних и (или) нижних решет на зерноочистительных машинах вторичной очистки возможно разделение зерна на фракции с целью повышения или снижения показателей технологических качеств у конкретной партии зерна до регламентируемых ГОС-Том Р 52554-2006 величин или требуемых потребителем кондиций.

Список основных опубликованных работ по теме диссертации

Публикации в изданиях из Перечня российских рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций

1. Завалин, А.А. Влияние условий азотного питания на урожайность и качество зерна различных сортов яровой пшеницы / А.А. Завалин, А.В. Пасынков, **Е.Н. Пасынкова** // *Агрехимия*. - 2000. - № 7. - С. 27-34.
2. Завалин, А.А. Роль бобовых культур в земледелии Кировской области / А.А. Завалин, А.В. Пасынков, М.И. Пономарева, Л.М. Козлова, **Е.Н. Пасынкова** // *Агрехимия*. - 2002. - № 6. - С. 66-71.
3. Завалин, А.А. Оценка доли влияния различных факторов на формирование урожая и технологические качества зерна яровой мягкой пшеницы в условиях Северо-Востока Нечерноземной зоны России / А.А. Завалин, А.В. Пасынков, **Е.Н. Пасынкова** // *Сельскохозяйственная биология*. - 2003. - № 3. - С. 89-93.
4. **Пасынкова, Е.Н.** Азотное питание, урожайность и качество зерна яровой пшеницы в одновидовом и смешанном с викой посевах / Е.Н. Пасынкова // *Агрехимия*. - 2009. - № 2. - С. 18-27.
5. **Пасынкова, Е.Н.** Оценка эффективности смешанных посевов яровой пшеницы и вики / Е.Н. Пасынкова, А.А. Завалин // *Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук*. - 2010. - № 1. - С. 6-8.
6. **Пасынкова, Е.Н.** Динамика конкурентных отношений в потреблении азота растениями яровой пшеницы и вики, возделываемых в смешанных посевах / Е.Н. Пасынкова // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. - 2010. - № 2 (17). - С. 28-33.
7. Завалин, А.А. Зависимость урожая зерна яровой пшеницы от гидротермических условий межфазных периодов вегетации / А.А. Завалин, **Е.Н. Пасынкова**, А.В. Пасынков // *Плодородие*. - 2010. - № 4. - С. 6-8.
8. Завалин, А.А. Вклад факторов в формировании урожая и основных показателей качества яровых зерновых культур / А.А. Завалин, **Е.Н. Пасынкова**, А.В. Пасынков // *Достижения науки и техники АПК* - 2011. - № 1. - С. 8-10.
9. **Пасынкова, Е.Н.** Эффективность смешанных посевов яровых зерновых и зернобобовых культур на Северо-Востоке Нечерноземья России / Е.Н. Пасынкова, А.А. Завалин, Я.В. Макарова, А.В. Пасынков // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. - 2011. - № 2 (21). - С. 21-26.
10. Пасынков, А.В. Статистические зависимости основных показателей качества зерновых культур / А.В. Пасынков, **Е.Н. Пасынкова** // *Агрехимия*. - 2011. - № 2. - С. 24-40.
11. **Пасынкова, Е.Н.** Хозяйственная и биологическая эффективность смешанных посевов зерновых и зернобобовых культур / Е.Н. Пасынкова, А.В. Пасынков, П.В. Лекомцев, Я.В. Макарова // *Агро XXI*. - 2012. - № 7-9. - С. 32-34.
12. **Пасынкова, Е.Н.** Совершенствование элементов технологии возделывания пшеницы для получения продовольственного зерна / Е.Н. Пасынкова // *Агро XXI*. - 2012. - № 7-9. - С. 29-31.
13. **Пасынкова, Е.Н.** Роль колоса, листьев, стеблевых узлов и междоузлий в накоплении белка в зерне яровой пшеницы / Е.Н. Пасынкова, А.А. Завалин // *Достижения науки и техники АПК*. - 2012. - № 9. - С. 27-29.
14. **Пасынкова, Е.Н.** Содержание сахаров и общего азота в яровой пшенице по фазам вегетации как диагностические показатели функционального состояния растений / Е.Н. Пасынкова, А.А. Завалин, А.В. Пасынков // *Достижения науки и*

Публикации в других научных изданиях

15. **Пасынкова, Е.Н.** Влияние уровня азотного питания на урожайность и качество яровой пшеницы в Кировской области / Е.Н. Пасынкова, Н.Г. Суров, А.В. Пасынков // Сельскохозяйственная наука Северо-Востока Европейской части России. / Сб. науч. трудов. - Киров: НИИСХ С-В, 1995. - Т. 2. - С. 190-193.

16. **Пасынкова, Е.Н.** Формирование величины и качества зерна яровой пшеницы в зависимости от уровня азотного питания / Е.Н. Пасынкова, А.В. Пасынков // Тез. докладов XXXI науч.-техн. конф. - М.: ВИУА, 1996. - С. 4-5.

17. Суров, Н.Г. Яровая пшеница в Кировской области (технологические процессы возделывания на продовольственные цели) / Н.Г. Суров, А.В. Пасынков, **Е.Н. Пасынкова** - Киров: НИИСХ С-В, 1996. - 15 с.

18. **Пасынкова Е.Н.** Роль гидротермических условий в накоплении белка в зерне яровой пшеницы / Е.Н. Пасынкова, А.В. Пасынков // Бюлл. ВИУА. - М., 1997. - № 110. - С. 21.

19. Суров, Н.Г. Формирование качественного зерна яровой пшеницы в условиях Кировской области / Н.Г. Суров, А.В. Пасынков, М.И. Пономарева, **Е.Н. Пасынкова** // Матер. науч.-практич. конф. - Казань, 1996. - С. 154-157.

20. Пасынков, А.В. Роль основных элементов минерального питания в формировании зерна яровой пшеницы, пригодного для хлебопечения / А.В. Пасынков, **Е.Н. Пасынкова** // Современные проблемы оптимизации минерального питания растений. / Матер. науч.-практ. конф. - Н. Новгород, 1998. - С. 120-122.

21. **Пасынкова, Е.Н.** Накопление белка в зерне различных сортов яровой пшеницы и факторы, его определяющие / Е.Н. Пасынкова, А.В. Пасынков // Пермский аграрный вестник. - 1998. - Вып. 2. - С. 7-8.

22. Пасынков, А.В. Содержание белка в зерне различных сортов яровой пшеницы и показатели, его определяющие / А.В. Пасынков, **Е.Н. Пасынкова** // Ekologiczne aspekty mechanizacyjny powozenia, ochrony roslin, uprawy gleby izbiony roslin uprawnych / VII Miedzynarodowe sympozium. -Warszawa, 2000. - P. 221-227.

23. **Пасынкова, Е.Н.** Эффективность чистых и смешанных посевов яровой пшеницы и вики / Е.Н. Пасынкова // Научные основы семеноводства и агротехнологий сельскохозяйственных культур у условиях Евро-Северо-Востока РФ / Матер. науч.-практ. конф. - Саранск: Мордовский НИИСХ, 2007. - С. 354-357.

24. **Пасынкова, Е.Н.** О возможности получения продовольственного зерна озимой пшеницы в Кировской области / Е.Н. Пасынкова, А.Н. Давлетшина, Н.А. Скоробогатых // Научное обеспечение стратегии адаптивной интенсификации АПК на Северо-Востоке Нечерноземной зоны РФ / Матер. науч.-практ. конф. - Руэм: Марийский НИИСХ. – 2007. - С. 102-104.

25. **Пасынкова, Е.Н.** Изменение качества зерна яровой пшеницы при выращивании ее в смешанных посевах с викой / Е.Н. Пасынкова // Агрохимия и экология: история и современность / Матер. междун. науч.-практ. конф. - Н. Новгород: Изд. ВВАГС, 2008. - Т. 3. - С. 286-290.

26. **Пасынкова, Е.Н.** Эффективность азотных удобрений при возделывании яровой пшеницы и вики в смешанных посевах / Е.Н. Пасынкова // Актуальные проблемы растениеводства и кормопроизводства. / Сб. науч. трудов регион. науч.-практ. конф. : - Пермь: ФГОУ ВПО «Пермская ГСХА, 2008. - С. 122-126.

27. **Пасынкова, Е.Н.** Оценка эффективности смешанных посевов пшеницы и

вики по критериям конкурентоспособности / Е.Н. Пасынкова, А.В. Пасынков // Актуальные проблемы растениеводства и кормопроизводства. / Сб. науч. трудов регион. науч.-практ. конф. - Пермь: ФГОУ ВПО Пермская ГСХА. - 2008 - С. 131-134.

28. **Пасынкова, Е.Н.** К методике оценки эффективности смешанных посевов зерновых и зернобобовых культур по критериям конкурентоспособности / Е.Н. Пасынкова, А.В. Пасынков // Основы повышения эффективности сельскохозяйственного производства Евро-Северо-Востока России: Сборник материалов научно-практ. конф. - Кострома, 2008. - С. 169-172.

29. **Пасынкова, Е.Н.** Эффективность некорневых азотных подкормок яровой пшеницы при возделывании ее по пласту клевера / Е.Н. Пасынкова // Агротехнологические и экологические аспекты развития растениеводства на Евро-Северо-Востоке РФ: Матер. Научной сессии и школы молодых ученых по эколого-генетическим основам северного растениеводства. - Киров: НИИСХ С-В, 2008. - С. 128-133.

30. **Пасынкова, Е.Н.** К вопросу о расширении методики оценки эффективности смешанных посевов / Е.Н. Пасынкова, А.В. Пасынков // Современные проблемы устойчивого конструирования агроландшафтов и ресурсосберегающие технологии в сельском хозяйстве Северо-Восточного региона Европейской части России / Материалы науч.-практ. конф. - Пермь, 2009. - С. 108-112.

31. **Пасынкова, Е.Н.** Яровая и озимая пшеницы в Кировской области: итоги разработки элементов технологии возделывания для получения продовольственного зерна / Е.Н. Пасынкова // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. - 2009. № 2 (13). - С. 37-41.

32. **Пасынкова, Е.Н.** Особенности накопления белка и пластических веществ в зерне яровой пшеницы, возделываемой в смешанных посевах с викой / Е.Н. Пасынкова // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. - 2009. № 4 (15). - С. 48-52.

33. **Пасынкова, Е.Н.** Роль факторов, определяющих накопление белка в зерне яровой пшеницы, возделываемой в смешанных с викой посевах / Е.Н. Пасынкова // Развитие и внедрение агроландшафтных и экологически безопасных систем земледелия на Евро-Северо-Востоке (по Геосети опытов): Матер. Всерос. науч.-практ. конф. - Ижевск: Удмуртский НИИСХ, Ижевская ГСХА, 2009. - С. 153-158.

34. Пасынков, А.В. Эффективность смешанных посевов яровых зерновых и зернобобовых культур при получении высокобелкового зерна / А.В. Пасынков, **Е.Н. Пасынкова**, П.В. Лекомцев, Я.В. Яговкина // Научное обеспечение АПК Евро-Северо-Востока. - Матер. Всерос. науч.-практ. конф. . Саранск, 2010. - С. 451-454.

35. **Пасынкова, Е.Н.** Конкурентные отношения в потреблении азота растениями пшеницы и вики в смешанных посевах / Е.Н. Пасынкова // Научное обеспечение АПК Евро-Северо-Востока. - Матер. Всерос. науч.-практ. конф. - Саранск, 2010. - С. 454-457.

36. **Пасынкова, Е.Н.** Факторы, определяющие накопление белка и пластических веществ в зерне пшеницы, возделываемой в смешанных с викой посевах / Е.Н. Пасынкова // Владимирский земледелец. - 2010. № 1-2 (51-52). - С. 36-39.

37. Пасынков, А.В. О возможности прогноза содержания сырой клейковины в

зерне пшеницы / А.В. Пасынков, **Е.Н. Пасынкова**, Н.В. Котельникова // Инновационному развитию АПК - научное обеспечение / Междунар. научн.-практ. конф. - Пермь: Пермская ГСХА, 2010. - Ч. 2. - С. 156-160.

38. **Пасынкова, Е.Н.** LER как показатель эффективности использования азота смешанными посевами пшеницы и вики / Е.Н. Пасынкова // Инновационному развитию АПК - научное обеспечение / Междунар. научн.-практ. конф. - Пермь: Пермская ГСХА, 2010. - Ч. 2. - С. 160-163.

39. **Пасынкова, Е.Н.** Исследование зависимостей природы зерна пшеницы от содержания белка и массы зерновки / Е.Н. Пасынкова, А.В. Пасынков // Научное обеспечение устойчивого ведения сельскохозяйственного производства в условиях глобального изменения климата / Матер. междунар. научн.-практ. конф. - Казань, 2010. - С. 564-570.

40. **Pasynkova, E.N.** Evaluation of Efficiency of Spring Wheat and Vetch Mixed Crops / E.N. Pasynkova, A.A. Zavalin // Russian Agricultural Sciences, 2010. - Vol. 36, - № 1, pp. - 5-8.

41. **Pasynkova, E.N.** Plonowanie mieszanek zbóż jarych i roślin strączkowych na glebach darniowo-bielicowych / E.N. Pasynkova, A.W. Pasynkow // Nowe technologie w rolnictwie zrownowazonym / XVI konferencja naukowo-techniczna. - Kielce, 2011 r.

42. Пасынков, А.В. Роль смешанных посевов яровых зерновых и зернобобовых культур в получении высокобелкового фуражного зерна / А.В. Пасынков, **Е.Н. Пасынкова**, П.В. Лекомцев, Я.В. Макарова // Инновационные технологии в АПК Евро-Северо-Востока РФ / Сб. науч. трудов. - Н. Новгород, 2011. - С. 52-58.

43. **Pasynkova, E.N.** Efficiency of the mixed crops of spring cereals and legumes cultivated on sod-podzolic soil / E.N. Pasynkova, A.W. Pasynkow // Annals of Warsaw University of Life Sciences - SGGW. - Agricultural and Forest Engineering, 2011. № 57. - P. 15-19.

44. **Пасынкова, Е.Н.** Фракционирование зерна пшеницы как физический способ повышения его качества / Е.Н. Пасынкова, А.А. Завалин, А.В. Пасынков // Тенденции развития агрофизики в условиях изменяющегося климата (к 80-летию АФИ) / Матер. междунар. конф., - С-Пб: Любавич, 2012. - С. 122-126

45. **Пасынкова, Е.Н.** Изменение показателей качества зерна яровой пшеницы при его фракционировании / Е.Н. Пасынкова, А.В. Пасынков, В.Л. Андреев, А.А. Завалин // Агрофизика. - 2012. - № 4 (8). - С. 25-33.

46. **Пасынкова, Е.Н.** Исследование взаимосвязей показателей технологических качеств зерна яровой пшеницы при его фракционировании / Е.Н. Пасынкова, А.В. Пасынков // Материалы научной сессии по итогам 2012 года Агрофизического института. - СПб.: АФИ, 2013. - С. 43-47.