

# Аграрный вестник Юго-Востока

**Всероссийский  
научно-практический  
журнал**

**№ 3, 2009**



# ГНУ Уральский НИИСХ Россельхозакадемии

Уральский НИИСХ – ведущее научное сельскохозяйственное учреждение Уральского региона. В составе института комплексный селекционный центр по растениеводству, селекционный центр по животноводству, девять научных отделов и лабораторий. В 2008 г. на базе Красноуфимского селекционного центра ГНУ Уральский НИИСХ создан Уральский опорный пункт ВИР.

Направления научных исследований определяются задачами сельскохозяйственного производства Среднего Урала. В настоящее время ведется:

- разработка научно обоснованных мероприятий, направленных на повышение плодородия и наиболее эффективное использование почв и удобрений;
- создание научных основ и методов интенсификации кормопроизводства и улучшения качества кормов;
- выведение новых сортов зерновых, зернобобовых, картофеля и многолетних трав;
- организация первичного семеноводства и разработка сортовой агротехники;
- совершенствование черно-пестрой породы крупного рогатого скота;
- совершенствование технологий производства молока, говядины, свинины.

Научный потенциал (59 научных сотрудников, из них 6 докторов, 23 кандидата наук, три Заслуженных агронома РФ) и материально-техническая база института позволяют проводить исследования на высоком уровне.

Институтом созданы десятки высокопродуктивных сортов, которые с успехом возделываются как на территории Свердловской области, так и в 9 из 12 регионов РФ на площадях более 1,5 млн. га. За последние шесть лет в Госкомиссию передано 26 сортов зерновых культур, многолетних трав и картофеля, включены в Госреестр РФ 20 сортов. А всего в Реестр селекционных достижений, допущенных к использованию, в настоящее время включено 63 сорта селекции ГНУ Уральский НИИСХ.

Институт осуществляет первичное семеноводство по 16 сортам зерновых и зернобобовых культур, а также 20 сортам многолетних бобовых и злаковых трав. Подразделения института в последние три года существенно увеличили объемы производства оригинальных и элитных семян. Так, под урожай 2010 года произведено 976 т семян высших репродукций зерновых культур, 12 т семян многолетних трав.

Аккредитованная лаборатория семеноводства картофеля ежегодно обеспечивает регионы УрФО, элитхозы, КФХ и частный сектор области оздоровленной рассадой и пробирочным материалом картофеля.

На использование сортов сельхозкультур селекции ГНУ Уральский НИИСХ заключено 287 неисключительных лицензионных догово-



Уральский НИИСХ – динамично развивающийся научный центр.

воров и соглашений. Ожидаемые поступления денежных средств за использование сортов сельхозкультур уральской селекции в 2009 году составят более 2,6 млн. руб.

При непосредственном участии института в 2008 г. создано НП «Союз семеноводов Урала», в который вошли 15 ведущих сельских товаропроизводителей Свердловской области.

Региональный характер носит работа по совершенствованию черно-пестрой породы крупного рогатого скота. В настоящее время уральский тип, созданный в результате многолетней селекционной работы, координируемой учеными института, занял лидирующее распространение в регионе. Данный тип животных является основным в племенных хозяйствах и племенных репродукторах Свердловской области.

Неотъемлемой частью селекционно-племенной работы является проведение в аккредитованной лаборатории иммуногенетической экспертизы достоверности происхождения скота, благодаря чему ежегодно повышается уровень племенного учета в сельхозпредприятиях УрФО. Это положительно отражается на селекционном процессе. В 2009 году в институте организована ДНК-лаборатория для повышения качества и уровня исследований в селекции и воспроизводстве КРС.

В 2009 году достижения ученых и результаты их освоения производством демонстрировались на четырех областных семинарах, проведенных на базе института. В областях и республиках Урала имеется немало сельхозпредприятий, которые на основе современных биологизированных систем земледелия, использования высокопродуктивных сортов и пород животных добились высоких экономических показателей.

Приглашаем к сотрудничеству!

Государственное научное учреждение  
Уральский научно-исследовательский институт  
сельского хозяйства Российской академии  
сельскохозяйственных наук

620061, г. Екатеринбург, ул. Главная, 21

Директор Н.Н. Зезин

Телефон: (343) 252-72-81,  
факс (343) 252-77-77, 252-77-99

E-mail: [uralniishoz@e1.ru](mailto:uralniishoz@e1.ru), [uralniishoz@mail.ru](mailto:uralniishoz@mail.ru)



Директор института, д-р с.-х. наук  
Никита Николаевич Зезин.

## Уважаемые коллеги!

**Третий номер журнала «Аграрный вестник Юго-Востока» выходит в формате спецвыпуска и посвящен проблеме повышения качества зерна.**

Концентрированно и по возможности разносторонне эту проблему удалось высветить благодаря участникам выездного заседания Проблемного совета по качеству зерна Россельхозакадемии, которое состоялось 21-22 декабря 2009 года в Саратове на базе НИИСХ Юго-Востока. В работе Совета приняли участие руководители РАСХН и Минсельхоза РФ, директора и ведущие специалисты академических НИИ, представители саратовского АПК.

Ученым и специалистам известен масштаб, актуальность и неотложность решения данной проблемы. Стабильное производство качественного зерна без преувеличения является фундаментом продовольственной безопасности России. Однако далеко не всегда как в прошлом, так и в настоящем этот приоритет реализовывался в растениеводческой отрасли во всей полноте – в угоду валу производители не раз жертвовали качеством зерна.

К сожалению, особенно в последние годы проблема повышения качества зерна оказалась на периферии интересов научного сообщества, что лишь усугубило ситуацию. А механизмы рыночной саморегуляции сегодня еще часто дают сбой по всей технологической цепочке: от производства зерна до обеспечения конечного потребителя качественными продуктами питания.

Вниманию читателей в этом номере журнала предложены статьи по проблеме повышения качества зерна на очень чувствительных для ее решения направлениях – селекция, производство, заготовка, хранение и переработка. Всего две цитаты из опубликованных статей, которые дают представление об остроте ситуации и возможных путях решения проблемы.

«Чем больше замалчивается вопрос качества зерна, тем тяжелее могут быть последствия. Если в урожае

1988 г. продовольственная пшеница составляла по РСФСР более 85% (данные ГХИ СССР и ВНИИЗ), то в середине 90-х (1995-1996 гг.) – не более 75%, в 2004 г. – 70% (данные ГХИ РФ), а в 2008 г. – уже менее 60% (данные ФГУ «Центр оценки качества зерна»). В настоящее время практически отсутствует производство сильной пшеницы (даже из стандарта ГОСТ Р 52554-2006 удален высший класс), остается несколько процентов ценной, в то время как в 80-е годы более 50% посевов составляли сорта сильной и ценной по качеству пшеницы» (Мелешкина Е.П. *Современные аспекты качества зерна пшеницы.* // *Аграрный вестник Юго-Востока – Саратов, 2009.* - №3).

«Формирование сложного комплекса показателей, объединяющих понятие «качество хлеба», начинается в сфере сельского хозяйства, в системе заготовок, хранения и переработки зерна и завершается на хлебозаводе. Соответственно, от технологий возделывания до производства хлеба должна действовать целевая комплексная система управления качеством» (Поландова Р.Д., Дремучева Г.Ф., Карчевская О.Е. *Хлебопекарные свойства пшеничной муки, состояние, методы регулирования качества в производстве хлебобулочных изделий.* // *Аграрный вестник Юго-Востока – Саратов, 2009.* - №3).

Редакция надеется, что новые факты и идеи, введенные в научный оборот авторами статей, опубликованных в спецвыпуске журнала, будут способствовать быстрейшему и системному решению проблемы повышения качества зерна.

С пожеланием удачи и с Новым годом,



**А.И. ПРЯНИШНИКОВ,**  
Председатель Проблемного  
совета по качеству зерна РАСХН,  
директор ГНУ НИИСХ Юго-Востока РАСХН

УДК 633.11.004.12

# Современные аспекты качества зерна пшеницы

## Modern Aspects of Wheat Grain Quality

**Е. П. МЕЛЕШКИНА,**  
ГНУ ВНИИЗ РАСХН,  
г. Москва  
e-mail: meleshkina-elena@mail.ru

**E.P. MELESHKINA,**  
All-Russia Scientific Research Institute of  
Grain and Grain Products Processing of  
Russian Agricultural Academy, Moscow  
e-mail: meleshkina-elena@mail.ru

На основе данных ГНУ ВНИИЗ, ГХИ РФ, РЗС, ФГУ «Центр оценки качества зерна» и Росстата дан анализ динамики качества зерна пшеницы, факторы, формирующие качество, определены проблемы и особенности хлебопекарных свойств российского зерна и муки из пшеницы.

**Ключевые слова:** зерно, пшеница, качество, показатели, проблемы, особенности, клейковина, белок, число падения, хлебопекарные свойства, мука пшеничная, реологические свойства теста.

Using the data of All-Russia Scientific Research Institute of Grain and Grain Products Processing, the State Grain Inspection of the Russian Federation, the Russian Grain Union, Federal Official Institution «Estimation Center of Grain Quality» and Russian Statistic Center the analysis of dynamics of wheat grain quality is made, the quality forming factors, problems and features of baking properties of the Russian wheat grain and wheat flour are defined.

**Key words:** grain, wheat, quality, indicators, problems, features, gluten, protein, falling number, baking properties, wheat flour, dough rheological properties.

Разрушение старых хозяйственных связей в годы перехода от планово-распределительной системы к рыночной отразилось не столько на количественных характеристиках урожая пшеницы – валовом сборе и урожайности, сколько на качественных параметрах зерна. Одним из главных показателей качества, определяющих класс зерна именно российской пшеницы, является количество клейковины (белкового вещества), которое уже в период перестройки резко снизилось (табл. 1), при том что валовой сбор зерновых в 1990 г. составлял еще 116,7 млн. т.

Таблица 1

Средневзвешенное количество клейковины в зерне по годам и регионам России (данные ГХИ СССР и ВНИИЗ)

Регион России	1988 г.	1989 г.	1990 г.
Центральный	20,7	20,4	15,9
Центрально-Черноземный	22,4	21,7	19,0
Северо-Западный	15,4	15,4	14,4
Волго-Вятский	22,5	20,4	17,2
Поволжский	25,3	23,5	20,8

Однако чем больше замалчивается вопрос качества зерна, тем тяжелее могут быть последствия. Если в урожае 1988 г. продовольственная пшеница составляла по РСФСР более 85 % (данные ГХИ СССР и ВНИИЗ), то в середине 90-х (1995–1996 гг.) – не более 75 %, в 2004 г. – 70% (данные ГХИ РФ), а в 2008 г. – уже менее 60 % (данные ФГУ «Центр оценки качества зерна»). В настоящее время практически отсутствует производство сильной пшеницы (даже из стандарта ГОСТ Р 52554-2006 удален высший класс), остается несколько процентов ценной, в то время как в 80-е годы более 50 % посевов составляли сорта сильной и ценной по качеству пшеницы.

При непринятии каких-либо действенных мер тенденция снижения качества и доли продовольственной пшеницы в общем объеме производимого зерна продолжится, что чревато тяжкими последствиями, а именно, для западных фирм открывается огромный рынок сбыта пищевых добавок без гарантии, что среди них нет опасных или потенциально опасных. Применение пищевых добавок в самом распространенном, традиционном и наиболее доступном всем слоям населения России продукте – хлебе может иметь далеко идущие последствия для здоровья нации и биобезопасности страны в целом.

Другой аспект, усиливающий проблему качества зерна пшеницы, – внешний. В 2008 г. Россией произведено 63 млн. т зерна пшеницы, а объем внутреннего потребления составил 43,5 млн. т (по данным РЗС). Таким образом, производство пшеницы значительно превосходит потребление, и Россия имеет большой экспортный потенциал, который успешно реализует. В связи с этим качество российского зерна, его особенности и характерные свойства становятся вопросом важным не только для внутренних потребителей, но и для внешних.

Вопрос качества зерна должен решаться на правительственном уровне. В настоящее время после упразднения ГХИ РФ ежегодный мониторинг качества зерна проводит ФГУ «Центр оценки качества зерна». Помимо него на местах оценку качества зерна проводят лаборатории Россельхозцентра, Россельхознадзора и другие. Однако полученный материал от разных организаций не подвергается необходимому анализу по показателям качества, самое большее – проводится количественная оценка классов зерна. В то же время существует много проблем, решение которых помогло бы более рационально использовать зерновое сырье. Например, для мягкой пшеницы существует проблема высокой белковости при слабой клейковине, что делает ее ценным сырьем для кондитерского и хлебопекарного производства, но ведет к отнесению к низким классам и, в конечном итоге, потере ценных свойств.



С середины прошлого до начала XXI столетия работа по оценке качества нового урожая проводилась на правительственном уровне совместно с учеными: Государственной хлебной инспекцией СССР и Всесоюзным научно-исследовательским институтом зерна и продуктов его переработки. В настоящее время отсутствует единый российский аналитический центр, который бы проводил объективный и достоверный анализ качества российского зерна с позиции его потенциала для пищевой и перерабатывающей промышленности, в том числе с прогнозированием. Отдельные иностранные компании проводят такие аналитические исследования, однако пока не поздно, необходимо иметь на федеральном уровне свой российский аналитический центр по исследованию качественного потенциала зерна.

**Основные закономерности динамики качества зерна в современных условиях.** ГНУ ВНИИЗ всегда тесно сотрудничал с ГХИ СССР. На основе анализа экспериментальных данных с привлечением материалов ГХИ РФ нами установлена динамика качества зерна товарной пшеницы. Можно выделить два периода, граница между которыми условно проходит по 1998 году. После 1990 г. производство зерновых резко падает и достигает минимальной отметки в 1998 году - 47,9 млн. т. Во многом это связано с тем, что с начала 90-х гг. и вплоть до кризиса 1998 г. шло сокращение посевных площадей и урожайности. Период после 1998 г. отмечен увеличением объемов производства зерновых. Два выделенных нами периода, по-видимому, связаны с периодом разрушения планово-распределительной системы и переходом к рыночным отношениям и их стабилизации.

Для первого периода изменений качества зерна российской пшеницы характерны следующие закономерности:

1. Снижение доли продовольственного зерна в производстве пшеницы, особенно после 1994 г.;

2. Резкое снижение производства пшеницы более высоких классов по сравнению с низкими; так, по данным ГХИ РФ в 1992 г. в 13 регионах производили пшеницу 1-го и 2-го классов, а в 1996 г. уже только в 5 регионах и не выше 2-го класса.

3. Основные классы продовольственной пшеницы 3-й и 4-й;

4. Рост доли 4-го класса по сравнению с 3-м; практическое отсутствие 1-го и 2-го класса;

5. Резкая нестабильность качества пшеницы в широком диапазоне (т.н. разнокачественность);

6. Начало процесса сглаживания различий по качеству между зерном, выращенным в разных регионах, как следствие преобладания низких классов над высокими;

7. Постепенное увеличение производства озимой пшеницы IV типа и сокращение производства яровой I типа.

Второй период глобальных изменений качества российского зерна пшеницы совпадает с начавшимся оживлением экономики после 1998 г. В это время за счет увеличения урожайности и посевных площадей обеспечен рост валовых сборов, а в 2008 г. собран рекордный урожай за последние 15 лет - 108 млн. тонн зерна. Напомним, что российский рекорд составляет 121,5 млн. т и относится к 1973 году. Полученная средняя урожайность по стране - 22,2 центнера с гектара является рекордной за всю историю России.

Для второго периода изменения качества зерна характерны следующие закономерности:

1. Увеличение и стабилизация объемов производства мягкой пшеницы, постепенное снижение доли продовольственного зерна и увеличение объемов зерна 5-го класса (если с 1992 по 1996 гг. доля продовольственного зерна в среднем составляла 75,6 %, то с 1998 по 2004 гг. - 69,0 % (по данным ГХИ РФ)). Анализ данных ГХИ по 2000-м годам

показывает некоторую стабилизацию в этом соотношении, однако в последние годы 2006 - 2008 доля пшеницы 5-го класса становится все больше. По данным РЗС, в последний год она составляла уже 35 %, т.е. более 1/3);

2. «Следы» 1-го класса и несколько процентов 2-го класса в общем объеме производства пшеницы;

3. Основные классы 4-й и 5-й; стабилизация соотношения между 3-м и 4-м классами при преобладании 4-го (Так, в 2004 г. 4-й класс составлял 45 %, а 3-й всего лишь - 27 % - по данным ГХИ РФ; по данным Института зерна, соотношение 3-го, 4-го и 5-го класса в последние годы можно оценить как примерно равные доли 3-го и 5-го классов при существенном преобладании 4-го класса);

4. Усиление разнокачественности зерна в товарных партиях (по обследованному Институтом зерна партиям пшеницы в 2006-2008 гг. натура составила от 667 до 843 г/л, стекловидность - от 0 до 99 %, количество клейковины от «следов» до 43 %, качество клейковины от 10 до 125 ед. ИДК, энергия деформации от 60 до 910 Дж и т.д.);

5. Отсутствие значимого различия по качеству между зерном из разных регионов (по данным ГХИ, в 2003 г. массовая доля клейковины в Южном, Центральном, Приволжском и Сибирском федеральных округах составила 23-24 %, число падения - 306-342 с, объемный выход хлеба из пшеницы Южного округа - 420 см<sup>3</sup>/100 г муки против 488 и 449 - из пшеницы Центрального и Приволжского округов соответственно; по данным Института зерна, за 2006-2008 гг. качество зерна в Южном федеральном округе было не выше, чем в Центральном, различия между Центральным и Приволжским федеральными округами практически отсутствовали);

6. Существенное преобладание производства озимой пшеницы IV типа над производством яровой I типа.

**Факторы, формирующие качество зерна в современных условиях России.** Выделенные периоды различаются факторами, определяющими качество зерна. В период перехода от планово-распределительной системы к рыночной практике главным становится природные факторы: это, прежде всего, погодно-климатические условия и зона возделывания. Тот факт, что из-за сильной засухи в 1998 г. произошел особенно резкий спад производства зерна, когда было получено в 2 раза меньше зерна (47,9 млн. т зерна, что на 40,7 млн. т меньше), чем в предыдущем, благоприятном по погодным условиям, году, доказывает очень сильную зависимость нашего зернового производства от погодных условий. При отсутствии агротехники, минеральных удобрений, защиты почвы происходит быстрое истощение природных запасов качества.

В рыночных условиях, когда появляется рачительный хозяин, наряду с природными усиливается влияние человеческого фактора. В силу действия экономических законов ужесточаются требования к качеству продукции.

Однако снижение качества продолжается, несмотря на его замедление. В чем же причина продолжающегося снижения качества зерна? С одной стороны, по-прежнему действуют природные факторы, поскольку уровень агротехники все еще оставляет желать лучшего; к этому добавляется действие объективного закона природы: чем выше урожайность, тем ниже содержание белка.

С другой стороны, действуют следующие факторы. Во-первых, экономический подъем после 1998 г. стимулировал увеличение производства зерна на фуражные цели. Во-вторых, увеличение валовых сборов и урожайности способствует росту экспорта зерна, который, в свою очередь, формирует спрос на 4-й и даже 5-й классы. В-третьих, в условиях упразднения системы государственных заготовок хозяйства, вырастившие зерно, зачастую предпочитают

хранить его у себя. По данным РЗС, в 2007 г. 67 %, а в 2008 году – 73 % зерна хранились у сельхозпроизводителя. Такое положение в целом негативно сказывается на качестве, т.к. сельхозпроизводитель не всегда располагает необходимыми мощностями элеваторов, позволяющими сохранять и улучшать качество зерна. Снижение роли элеваторно-складского хозяйства – фактор, усиливающий проблему разнокачественности зерна. Товарные партии формируются поставщиками зерна из большого числа мелких партий разного качества и поставляются непосредственно на перерабатывающие предприятия вместо больших однородных партий, что ведет к проблеме обеспечения стабильности выхода и качества муки. В-четвертых, фактор, влияющий на качество зерна, – отсутствие или слабая связь между семеноводами, товарными производителями зерна и его переработчиками. В России работают талантливые селекционеры. В 1993 г. в Госреестр было включено 193 сорта пшеницы, а в 2009 г. уже – 367. Однако на полях присутствует лишь небольшая доля этих сортов. Исчезновение сильной пшеницы на полях сопровождается и со стороны селекционеров созданием сортов больше ценной, чем сильной пшеницы. Так, в 2004 г. в этот список было включено 100 сильных и 93 ценных по качеству сортов, в 2009 году – 92 сильных и 126 ценных сортов. Таким образом, семеноводческий потенциал в России большой, но отсутствие единой системы оценки зерна по потребительским свойствам, с позиции качества конечного продукта приводит к потере ценных свойств сортового зерна на этапах товарного производства.

**Особенности качества российского зерна.** Факт выравнивания качества по регионам нельзя воспринимать однозначно. Традиционно в России южные регионы (Краснодарский и Ставропольский края, Ростовская область) являлись производителями сильной и ценной озимой пшеницы, восточные регионы, например, Алтайский край, Новосибирская область – сильной и ценной яровой пшеницы. В силу природных факторов эти регионы остаются потенциальными производителями высококачественного зерна. Видимое выравнивание в настоящее время – результат роста удельного веса низких классов зерна. Пшеница же 3-го и особенно 1-2-го классов сохраняет свои особенности и резкие различия в зависимости от региона возделывания.

Несмотря на различные тенденции изменения качества в разные периоды имеются общие черты, составляющие особенности российского зерна, – это резкая нестабильность и очень широкий диапазон качества зерна. Для настоящего времени является характерным, что нестабильность и широкий диапазон качества зерна проявляются особенно ярко в неоднородности товарных партий, поступающих на переработку. Ненадлежащее формирование больших товарных партий и отсутствие подработки, проводимой на элеваторах, приводят к нестабильности качества, неоднородности помольных смесей и вызывают трудности при помоле и в дальнейшем при выпечке хлебобулочных изделий.

**Показатели потребительских свойств зерна.** В рыночных условиях, чтобы быть конкурентоспособными, предприятия должны учитывать требования потребителя, и сегодня технологические свойства зерна все чаще называют потребительскими – они должны удовлетворять требования потребителей, в первую очередь, мукомольных и хлебопекарных предприятий. Для зерна пшеницы и ржи можно выделить две основные группы показателей потребительских свойств: мукомольные (натура и стекловидность) и хлебопекарные (массовая доля и качество клейковины, число падения). Поскольку зерно является продуктом долгого хранения, то очень важными являются показатели, позволяющие сохранять должный уровень потребительских свойств.

Кроме этого, ни один потребитель не приобретет зерно или продукты из него, если оно не безопасно. В зерне обязательно должны контролироваться микробиологические показатели, содержание токсичных элементов, пестицидов, радионуклидов, вредной примеси. В последнее время большое внимание потребители уделяют показателям пищевой ценности, из которых в зерне в соответствии со стандартом определяют массовую долю белка.

Показатели потребительских свойств могут изменяться даже при соблюдении обычного порядка хранения, если их уровень связан с неустойчивым, нехарактерным для природы зерна состоянием качества. Закладка зерна на хранение без учета его качественных показателей может привести к падению количества клейковины в пшенице до 4 % в течение месяца, т.е. к переходу зерна из выше- в нижележащий класс, к резкому укреплению качества клейковины с переходом из II группы удовлетворительной слабой в III неудовлетворительную крепкую, т.е. к дефектности зерна, в зерне ржи – к резкому снижению числа падения с переходом из 2-го в 4-й класс и т.д. За 1-2 месяца при внешнем благополучии и сохранении физической массы из-за снижения качества можно вместо продовольственного получить фуражное или дефектное зерно.

Остановимся на основных показателях хлебопекарных свойств зерна пшеницы. На мировом рынке торговые операции на основе содержания сухой или сырой клейковины встречаются довольно редко, обычно применяется показатель содержания белка. Но в России большие площади пашни, многообразие почвенно-климатических условий, резкие колебания метеоусловий по годам, а также поврежденные клопом-черепашкой, насекомыми, болезнями и проч. не позволяет ограничиваться только содержанием белка. При одном и том же содержании белка может быть совершенно различное содержание клейковины, к тому же разного качества. Например, при повреждении клопом-черепашкой общее содержание белка может не меняться, но количество клейковины будет меньше, чем у неповрежденного зерна, вследствие распада клейковины под действием протеолитических ферментов слюны клопа. Другой пример – это морозобойное зерно, которое нередко встречается в восточных районах России. В нем отмечается повышенная активность ферментативного комплекса, ведущая при хранении к дальнейшему расщеплению белковых веществ, в результате чего происходит резкое изменение свойств клейковины – она становится губчатой, крошащейся. При этом количество белка не изменяется. В связи с этим количество и качество клейковины – это основные классообразующие показатели для российской пшеницы. Белок для российской пшеницы – это показатель пищевой ценности.

В зависимости от качества клейковину относят к одной из пяти групп, однако II группу качества клейковины нельзя оценивать однозначно по ряду факторов. 1-й фактор – развитие производства. В настоящее время хлебопекарное производство отличается высокой степенью механизации и автоматизации. Тесто, имеющее клейковину слабую удовлетворительную, отличается пластичностью, хорошо формируется, поддается механизированной обработке без разрывов, а выпекаемый хлеб имеет гладкую корку, без трещин и подрывов. 2-й и 3-й факторы – это применение ускоренных технологий и хлебопекарных улучшителей в хлебопечении, когда тесто за короткий период брожения должно приобрести хорошие упруго-эластичные. В связи с этим оптимальным качеством клейковины в муке для хлебопечения является 70 – 90 ед. ИДК, т.е. верхний диапазон I группы и нижний диапазон II группы удовлетворительной. При этом важно на уровне 80-90 ед. ИДК учитывать поврежденность зерна клопом-черепашкой.

Проведенные нами исследования позволили установить математическую модель связи свойств зерна с качеством хлеба, из которой следует, что для достоверной оценки хлебопекарных свойств зерна пшеницы необходим как минимум комплекс трех показателей качества – количество и качество клейковины, числа падения. С помощью математической модели рассчитаны оптимальные значения показателей, при которых качество хлеба наилучшее: количество клейковины на уровне 23 – 28 % I группы хорошей при числе падения от 250 до 340 с и предельные значения показателей, при которых качество хлеба резко ухудшается: при количестве клейковины менее 18 и более 32 %, ее качестве ниже 20 и выше 97 ед. ИДК, при числе падения менее 150 и более 400 с в зерне.

ГНУ ВНИИЗ разработаны классификационные ограничительные нормы по числу падения для зерна и установлено, что существует верхнее предельное значение числа падения, при котором хлебопекарные свойства муки резко ухудшаются. Но в отличие от нижнего предела верхний не означает дефектности зерна, наоборот, из такого зерна при достаточном содержании и хорошем качестве клейковины получается отличный хлеб при добавлении зерна с низким числом падения.

Однако не всегда косвенные показатели качества зерна могут объяснить возникающие в хлебе проблемы. Например, если зерно было повреждено клопом-черепашкой, а затем подвергнуто естественной или искусственной сушке, то мы получим качество клейковины I группы хорошей, а в хлебе проявятся дефекты от повреждения зерна клопом-черепашкой. В связи с этим наиболее объективным для оценки хлебопекарных свойств муки остается прямой метод – пробная лабораторная выпечка. Показатели качества хлеба – объемный выход и формоустойчивость по пробной лабораторной выпечке наряду с показателем кислотности муки включены в ГОСТ Р 52189-2003 как показатели, определяемые по договору с потребителем. Для этого метода ГНУ ВНИИЗ совместно с ГНУ ГОСНИИХП разработаны нормы по качеству хлеба.

В последние годы снижены требования к пшеничной муке. В России утвержден ГОСТ Р 52189-2003, объединивший ранее действовавшие ГОСТ и ТУ на пшеничную муку и предусматривающий выпуск муки сортовой и типовой с содержанием клейковины не менее 23 %. Соответственно считавшаяся ранее слабой пшеница теперь является стандартизованным сырьем для производства муки, но мука имеет наименование не хлебопекарная, а общего назначения. Факт этот имеет как негативную сторону – снижение качества и пищевой ценности хлеба, так и положительную – более рациональное отношение к зерну. Пришло время расширить ассортимент муки. Если раньше в ассортименте преобладали

пряники, баранки, бублики, сушки, сухари – изделия из хлебопекарной муки, то сейчас получили распространение новые виды изделий, такие, как крекер, галеты, различные виды вафель и пченья. В линейке хлебобулочных расширен ряд национальных и экзотических изделий: лаваш, лепешки, матнакаш, пельменные изделия и т.д. Все эти изделия требуют муку с определенными свойствами, т.е. широкому ассортименту мучных изделий должен соответствовать такой же широкий ассортимент муки. Однако на практике кондитеры и хлебопеки вынуждены использовать пищевые добавки – хлебопекарные улучшители. С одной стороны, мукомопы борются за высокое содержание клейковины в муке, а с другой стороны, кондитеры, выпекающие вафельные листы, крекер и сахарное печенье, получают из муки с высоким содержанием крепкой или хорошей клейковины брак, кулинары, чтобы получить пельменное тесто, вносят в муку высокого качества ферментные препараты протеолитического действия, которые разрушают клейковину и расслабляют ее.

Говоря о расширении ассортимента производимой продукции, мы подразумеваем также «ассортимент» сельскохозяйственных культур, «ассортимент» зерна с различными свойствами. В СССР под продовольственной подразумевали именно хлебопекарную пшеницу. Конечно, этому способствовали объективные причины – надо было, прежде всего, накормить население, не допустить голода, обеспечить страну самым главным традиционным продуктом питания – хлебом. Но при этом мы потеряли пшеницу мягкозерную, которая как нельзя лучше соответствует современным требованиям широкого ассортимента кондитерских, мучных кулинарных и других изделий. В силу различными причинами, к сожалению, процесс потери зерна с уникальными природными свойствами продолжается – исчезает с наших полей твердая пшеница, зачастую вместо твердой мы имеем зерносмесь с мягкой пшеницей. В нашей стране производится чуть более 1,2 млн. тонн твердой пшеницы на площади 1 млн. га (по данным Минсельхоза США). Много проблем в хлебопекарном качестве ржи, в результате чего наше население забывает вкус ржаного хлеба.

Улучшения качества можно ожидать, только соблюдая современный подход к качеству, который можно обозначить двумя основными положениями. Во-первых, эффективное и рациональное использование зерна может быть обеспечено объединением всех стадий производства и переработки в единую аграрно-пищевую технологическую цепь, в которой конечный продукт определяет требования к сырью. Во-вторых, нет плохого качества, есть нецелевое, неэффективное и нерациональное использование зерна – главного богатства, которое дала природа человеку.

УДК 664.6.7

## Хлебопекарные свойства пшеничной муки, состояние, методы регулирования качества в производстве хлебобулочных изделий

## Baking Properties of Wheat Flour, Condition and Methods of Quality Regulation in Manufacture of Bakery Products

Р.Д. ПОЛАНДОВА,  
Г.Ф. ДРЕМУЧЕВА,  
О.Е. КАРЧЕВСКАЯ,  
ГНУ ГОСНИИХП РАСХН  
e-mail: info@gosniihp.ru

R.D. POLANDOVA,  
G.F. DREMUCHEVA,  
O.E. KARCHEVSKAYA,  
State Research Institute of Baking  
Industry of Russian Agricultural  
Academy  
e-mail: info@gosniihp.ru

В статье рассмотрены хлебопекарные свойства муки, используемой в настоящее время на хлебопекарных предприятиях. Освещены методы улучшения качества продукции при переработке пшеничной муки с пониженными хлебопекарными свойствами.

**Ключевые слова:** мука пшеничная хлебопекарная, хлебобулочные изделия, сорт, клейковина, цвет, число падения, показатели качества муки, комплексные хлебопекарные добавки-улучшители, комплексные технологии.

*Baking properties of flour use at the baking enterprises are stated in the article. Methods of improvement of production quality at processing of wheat flour with the lowered baking properties are reflected.*

**Key words:** wheat baking flour, bakery products, grade, fibrin, color, falling number, quality flour indicators, complex baking additives - improvers, complex technologies.

В производстве хлебобулочных изделий используется мука пшеничная, подразделяющаяся на сорта. Сорт муки обусловлен ее выходом (количество муки из 100 кг зерна), чем меньше выход муки, тем выше сорт.

Требования к качеству зерна, муки и хлеба взаимосвязаны между собой. Потребность хлебопекарной отрасли в пшеничной муке примерно 6 млн. т, для выработки которой с показателями качества соответствующими требованиям стандарта требуется 8-9 млн. т качественного зерна третьего класса с содержанием клейковины не менее 23%.

Включение в продовольственные ресурсы пшеницы четвертого класса с низким содержанием клейковины привело к снижению качества хлеба. В настоящее время в России на ряде мини-мельниц исключают отдельные операции при подготовке зерна к помолу, например, мойку, допускают другие отклонения, как в зерноочистительном, так и размольном отделениях, что отрицательно влияет на качество муки.

Примерно 60-65% от общего объема муки, используемой хлебозаводами и пекарнями, обладает пониженными хлебопекарными свойствами, так как вырабатывается из

помольных партий с примесью проросшего зерна, поврежденного клопом-черепашкой, свежубранного, морозобойного, высушенного при высокой температуре и др. Такая мука характеризуется меньшим содержанием и низким качеством клейковины (крепкая, короткорвущаяся, излишне растяжимая или крошковатая) и повышенной или пониженной ферментативной активностью. Хлеб из этой муки имеет более низкий объем, крошковатый или заминающийся мякиш, быстрее черствеет и плесневеет.

В мировой практике требования к качественным показателям зерна и муки определяет производитель хлеба. В России же производители конечного продукта – хлеба отвечают перед населением за всю систему поле-магазин.

В связи с этим одной из главных задач из-за нестабильности качества муки является дополнение действующих стандартов показателями взаимосвязанными со стандартами на муку и хлеб.

В ГОСНИИХП систематически проводятся исследования хлебопекарных свойств муки, поступающей на хлебопекарные предприятия. С учетом предложений ВНИИЗ РАСХН и промышленности разрабатываются классификационные показатели хлебопекарных свойств муки для включения в ГОСТ: нижний предел крупности помола муки, показатели норм кислотности согласно ГОСТу на методы испытаний; показатели автолитической активности согласно ГОСТу на методы испытаний; классификационные показатели пробной выпечки хлеба по ГОСТу на «Метод пробной лабораторной выпечки» (объемный выход хлеба, формоустойчивость подового хлеба) и др.

Муку пшеничную вырабатывают двух видов – пшеничная хлебопекарная и пшеничная общего назначения.

Мука пшеничная хлебопекарная вырабатывается из пшеницы мягких сортов с добавлением до 20% твердых (дурум). В зависимости от массовой доли сырой клейковины, белизны или массовой доли золы, а также крупности помола мука пшеничная хлебопекарная подразделяется на сорта: экстра, высший, крупчатка, первый, второй и обойная.

Мука пшеничная общего назначения вырабатывается из мягких сортов пшеницы и, в зависимости от белизны или массовой доли золы, массовой доли сырой клейковины, а также крупности помола подразделяется на типы: М 45-23, М 53-23, МК 55-23, М 75-23, МК 75-23, М 100-25, М 125-20, М 145-23 («М» - мука вырабатывается из мягких сортов



пшеницы, «МК» – из мягких сортов пшеницы крупного помола. М45-25 и др. цифры обозначают зольность в муке, содержание сырой клейковины).

Мука пшеничная хлебопекарная, вырабатываемая в соответствии с ГОСТом Р 52189-03, обеспечивает выработку высококачественной продукции. Однако в ряде регионов страны до сих пор используют пшеничную муку, выработанную по ТУ 8 РФ 11-95-91, то есть муку с пониженными хлебопекарными свойствами. Многие хлебопекарные предприятия в значительных объемах перерабатывают муку общего назначения, которая не гарантирует соблюдения требований стандартов на хлебобулочные изделия.

Для производства хлебобулочных изделий в основном предназначена мука пшеничная хлебопекарная.

Замена муки пшеничной хлебопекарной мукой пшеничной общего назначения в производстве изделий, содержащей меньшее количество сырой клейковины, приведет к выработке изделий с пониженной пищевой ценностью, в частности из-за меньшего содержания белка.

Кроме этого использование муки общего назначения снижает потребительские свойства продукции (иногда наблюдаются разрывы и трещины на верхней корке, толстый гребешок у городской булки, плохой козырек у паляницы и т.д.).

Качество пшеничной муки регламентируется 14-ю обязательными показателями, которых недостаточно для характеристики хлебопекарных свойств муки.

По показателям безопасности мука пшеничная должна соответствовать требованиям Сан Пин 2.3.2. 1078-01 (п. 1.4.4).

Хлебопекарные свойства муки в основном характеризуются газообразующей способностью, силой муки, крупно-

стью частиц, цветом. Размеры частиц муки влияют на скорость протекания биохимических и коллоидных процессов в тесте. Размеры частиц муки в /с до 180-190 мкм, второго сорта и обойной от 200 до 600 мкм. Мука из мягкой пшеницы имеет меньшие размеры частиц по сравнению с мукой из твердых пшениц. Для муки с различным количеством и качеством клейковины степень измельчения зерна должна быть различна. Хлебобулочные изделия наилучшего качества получатся из муки с оптимальным размером частиц.

Потребитель обычно отдает предпочтение хлебу с более светлым мякишем, а цвет мякиша связан с цветом муки.

Цвет муки определяется цветом эндосперма, а также цветом отрубей. Но для характеристики хлебопекарных свойств муки большое значение имеет и ее способность к потемнению, которая обусловлена содержанием в муке аминокислоты тирозина и активностью фермента полифенолоксидазы.

Способность муки после замеса, брожения и расстойки образовывать тесто с определенными реологическими свойствами, характеризует ее силу.

Сильной считается мука, способная поглощать в процессе замеса большее количество воды, слабая – меньшее, средняя занимает промежуточное положение. Сила муки определяется ее белково-протеиновым комплексом. Содержание в муке белковых веществ, их состав и состояние определяют технологические свойства муки и пищевую ценность хлеба. Белковый комплекс представлен глиадиновой и глютеиновой фракциями и определяет эластичность, вязкость, упругость теста.

Протеолитические ферменты-протеиназы расщепляют белки по пептидным связям и способны активироваться соединениями содержащими сульфгидрильную группу (вос-

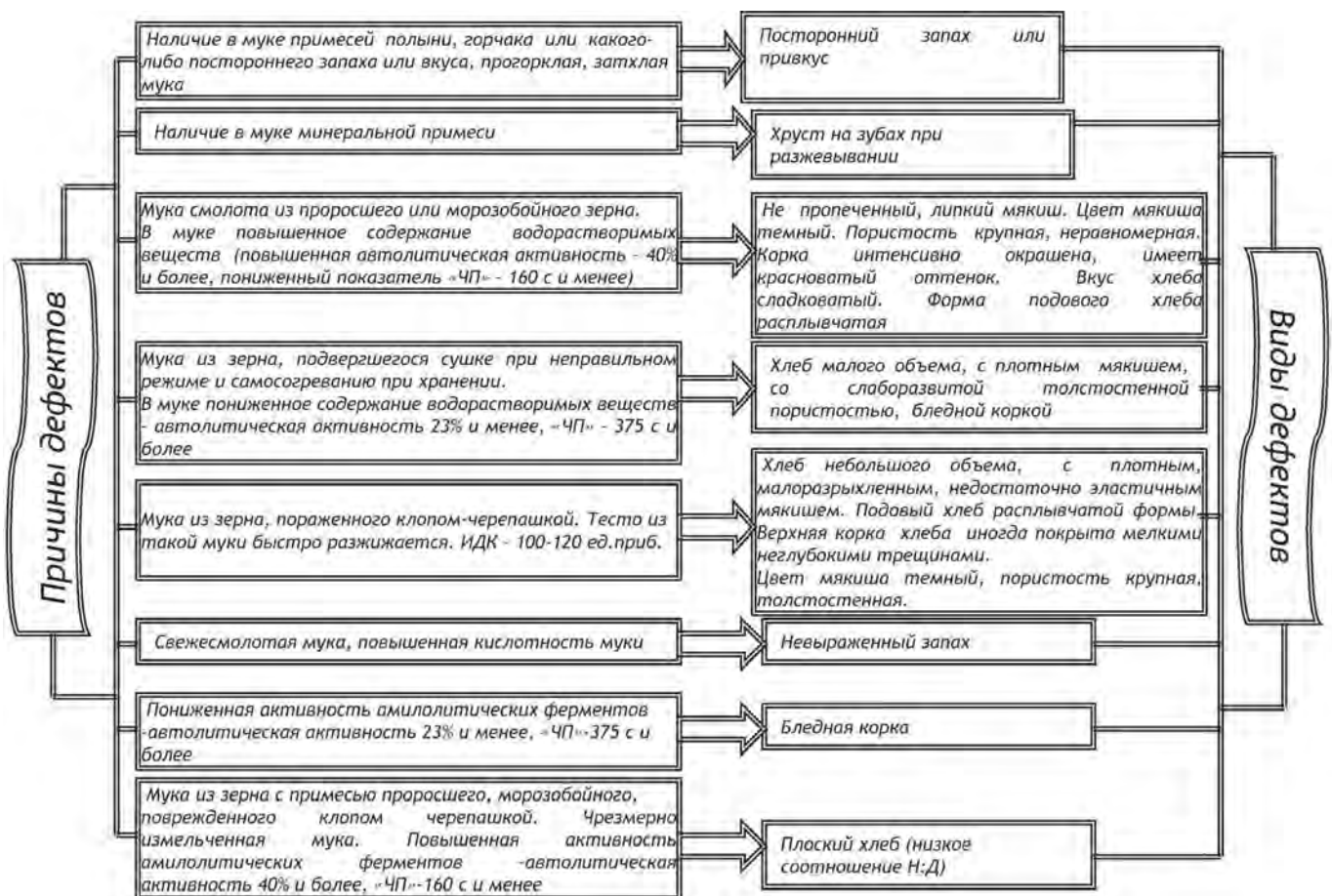


Рис. 1 Структурная схема причин и дефектов хлебобулочных изделий.

становиваться) и инактивироваться соединениями окислительного действия, например, кислородом.

Кроме того, сила муки обуславливает газодерживающую способность теста, то есть способность удерживать диоксид углерода.

Газообразующая способность муки – способность приготовленного из нее теста образовывать диоксид углерода под действием дрожжей – главный показатель хлебопекарного достоинства муки.

Хлебопекарные свойства муки в основном зависят от состояния и степени изменения ее белково-протеиназного (количество и качество клейковины) и углеводно-амилазного комплексов (сахарообразующая, число падения, автолитическая активность). Степень и скорость изменения этих структурных компонентов муки обуславливаются показателями муки и параметрами приготовления теста

Проблема выработки хлебопекарной продукции с хорошими показателями качества из муки с нестабильными пониженными хлебопекарными свойствами и в настоящее время весьма актуальна.

Мука с пониженными хлебопекарными свойствами имеет в основном следующие отклонения от качества, выраженные в большей или меньшей степени: пониженное количество и качество клейковины (короткорвущаяся, крошковая или рвущаяся слоями, неэластичная, излишне растяжимая), повышенную или пониженную активность ферментов.

Взаимосвязь причин и дефектов хлебобулочных изделий при использовании муки с пониженными хлебопекарными свойствами представлена на структурной схеме рис. 1.

На основе исследований, проводимых ежегодно в ГОСНИИХП, разработаны комплексные технологии, особенностью которых является сочетание оптимизированных параметров технологического процесса (температура, влажность, продолжительность брожения, кислотность и др.), применение заквасок или кислотосодержащих полуфабрикатов, применение комплексных улучшителей целевого назначения, композиционные составы которых вза-

имоувязаны с особенностями хлебопекарных свойств муки, что позволяет стабилизировать и улучшить качество хлебобулочных изделий в конкретных условиях производства.

Использование комплексных технологий обеспечивает максимальный эффект улучшения качества хлеба: увеличение удельного объема до 20%, формоустойчивости, улучшение пористости и эластичности мякиша, а также снижение заминаемости и крошковатости, т.е. получение хлеба по качеству практически соответствующего документации. Исключение одного из составляющего комплексной технологии (параметры, методы, добавки и др.) или их совокупности снижает в разной степени (на 50% и выше) эффект улучшения качества хлеба.

Практической реализацией этих работ является производство комплексных улучшителей ГОСНИИХП направленного принципа действия: «Фортуна» и «Амилокс-6» для муки с излишне растяжимой клейковиной, «Амилокс-3» для устранения дефектов хлеба из муки с крепкой клейковиной, «Шанс-2» – для муки с пониженной автолитической активностью, «Топаз» – с повышенной автолитической активностью от 45% до 65% и числом падения 170-200 с, для предотвращения картофельной болезни – «Отон».

Влияние хлебопекарных свойств пшеничной муки на качество хлебобулочных изделий представлено в «Справочнике по сырью» т. 1 (ГОСНИИХП, 2008 г.). Методы, способы, комплексные технологии по корректировке качества муки в «Сборнике современных технологий» (ГОСНИИХП, 2008 г.); в «Рекомендациях по улучшению качества хлеба из пшеничной муки с пониженными свойствами» (ГОСНИИХП, 2009 г.).

Формирование сложного комплекса показателей, объединяющих понятие «качество хлеба», начинается в сфере сельского хозяйства, в системе заготовок, хранения и переработки зерна и завершается на хлебозаводе. Соответственно, от технологий возделывания до производства хлеба должна действовать целевая комплексная система управления качеством.



УДК 633.11.004.12

## Проблема качества зерна и научные подходы ее решения

### Problem of Grain Quality and Its Scientific Decision

**А.И. ПРЯНИШНИКОВ,**  
ГНУ НИИСХ Юго-Востока  
РАСХН, г. Саратов  
e-mail: raiser\_saratov@mail.ru

**A.I. PRYANISHNIKOV,**  
Agricultural Research Institute of  
South-East Region, Saratov  
e-mail: raiser\_saratov@mail.ru

*В статье отражены основные проблемные вопросы получения качественной сельскохозяйственной продукции и видение научных подходов для их решения.*

**Ключевые слова:** качество зерна, белок, селекция.

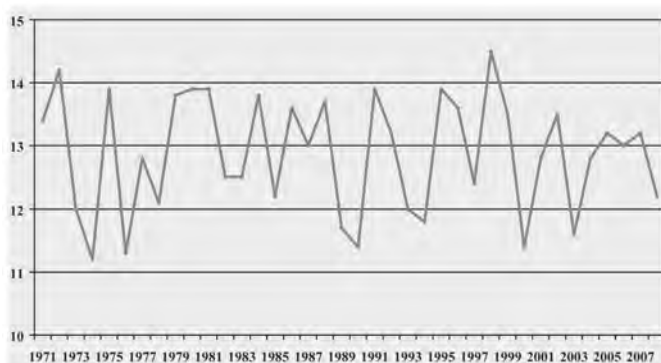
*The basic problem questions of manufacture of high-quality agricultural production and scientific approaches to their decision are reflected in the article.*

**Key words:** grain quality, protein, selection.

Климатические условия Саратовской области в текущем году способствовали получению зерна с высоким качеством зерна. Следует отметить, что если в 2008 году из 2500 тыс. тонн немногим более 50% было отнесено к категории продовольственной пшеницы, то в текущем году это количество отмечается на уровне 80% и более. Отмеченные факты производства и наши исследования свидетельствуют о высокой зависимости качества зерна от изменений климата. По мнению ученых [1] за последние 40 лет наметилась опасная тенденция ухудшения условий региона для получения высокобелкового зерна (рис. 1). Их выводы согласуются с данными Всероссийского НИИ зерна, которые также указывают на снижение доли продовольственной пшеницы в валовом сборе России начиная с 80-х годов прошлого столетия: 1988 г. – 85%, в середине 90-х гг. – не более 75%, в 2004 г. – 70%, а в 2008 г. – менее 60% [2]. В связи с этим поиск путей улучшения качества сельскохозяйственной продукции становится все более проблематичным.

Среди причин, оказывающих негативное влияние на качество зерна, следует выделить:

1. Глобальные и локальные изменения климата, которые способствуют ухудшению естественных условий и в частности нашего региона по качеству зерна. В 2008 году содержание белка в зерне пшеницы Саратовской области составило всего 12,1%, для сравнения: в 1971 году этот показатель был на уровне 13,4%.
2. Снижение почвенного плодородия (ежегодные потери гумуса в наших стационарах составляют 0,3% от значений исходных параметров 1970 г.), усиление процессов эрозии и деградации почвы, изменение режима минерального питания почвы и т.д.
3. Ухудшение фитосанитарной обстановки, использование химических средств защиты растений, увеличение микотоксической зараженности зерна. Последние факторы очень сильно влияют на безопасность продуктов питания.



**Рис. 1. Динамика биохимического потенциала климата для яровой пшеницы по м/с Саратов ЮВ (по Курдюкову Ю.Ф., Левицкой Н.Г., 2004)**

Выделенные моменты, указывающие на комплексность рассматриваемой проблемы, требуют системных подходов в ее решении. Среди рассматриваемых факторов, способствующих улучшению качества, на первое место следует поставить развитие биологического потенциала культуры, а приоритетными направлениями в ее реализации считать совершенствование теоретических основ селекции по созданию сортов:

1. устойчиво формирующих высокое качество продукции при неблагоприятных условиях среды (увлажнения, низкий температурный режим);
2. имеющих высокий уровень сбалансированности продуктивных свойств и качественных показателей;
3. характеризующихся высоким уровнем толерантности к ферменту клопа вредной черепашки и ряду других биотических стрессоров, оказывающих влияние на качественный состав зерна;
4. сбалансированных по количественному и качественному составу белков, амилполитической активности ферментов, способствующих улучшению питательных свойств зерна.

Развитие методологических подходов к оценке селекционного материала возможно только на основе фундаментальных исследований взаимодействия генотип-среда, позволяющих представить данный признак как результат взаимодействия двух динамично развивающихся систем – внешней среды (интенсивность воздействия) и внутренней (ответ растительной системы). Нашими исследованиями по озимой пшенице показано, что температурный режим является основным фактором, определяющим тот или иной тип качества зерна. В годы, когда закладывается высокое качество, во время формирования зерновки и ее налива отмеча-

ются умеренные температуры, с последующим их повышением к восковой и полной спелости. [3]

При оптимизации отборов и совершенствовании оценки в институте на основе генетико-статистических критериев установлена селекционная значимость показателей флуоресцентного зондирования. Экспериментально доказана и обоснована их эффективность при отборах с F3 и показано, что аддитивная генетическая вариация, как и реакция гибридных популяций на отбор, в той или иной степени стабилизируются в F3-F4. Обоснована эффективность отдельных методов оценки озимой пшеницы, в частности седиментационного анализа с уксусной кислотой для оценки в ранних поколениях при доле проросшего зерна до 30%.

**Повышение питательной ценности белка.** В селекционных программах приоритетным считать их ориентированность на оптимальное сочетание содержания с качественным составом (фракционным составом). Так, в наших работах с зерновым сорго выявлено, что у образцов с высокой перевариваемостью запасных белков эндосперма (кафаринов) обработка пепсином увеличивает количество растворимого крахмала, тогда как у образцов с низкой перевариваемостью запасных белков такое воздействие увеличивает количество резистентного крахмала. Это позволяет целенаправленно вести работы на создание гибридов зернового сорго с высокой питательной ценностью.

Другим решением улучшения питательной ценности зерна следует считать изучение и оценку амилолитической активности ферментов, оказывающих влияние на расщепление белковых молекул. Пример: создание белозерных сортов озимой ржи с повышенным содержанием белка и пониженным содержанием ингибитора трипсина, что косвенно улучшает питательные свойства зерна (табл. 1).

Таблица 1

#### Характеристика нового сорта озимой ржи Иван по биохимическим критериям

Сорт	Масса 1000 зерен, г	Содержание белка, %	Ингибитор трипсина, мг/г.
ИВАН	24,8	10,1	1,7
Саратовская 7, St	27,3	9,2	2,2

**Сбалансированность хозяйственного комплекса.** Данная проблема становится все более актуальной, поскольку ориентация селекционных программ на продуктивность делает оценку на качество сопутствующей (второстепенной), от чего можно констатировать четкую тенденцию снижения качественных критериев с повышением урожайности (рис. 2). И в свете решения этой проблемы все большее внимание следует уделять получению форм, имеющих положительные сдвиги в отмеченной закономерности, примером может служить новый сорт озимой пшеницы Жемчужина Поволжья.

Важным выводом анализа многолетних данных по качеству является высокая вариабельность не только от климатических условий, но и других факторов, оказывающих влияние на конечный продукт во время возделывания культуры. Так, среди причин, оказывающих негативное влияние на зерновую продукцию, следует выделить биотический стресс, главным образом клопа вредной черепашки (в прошедшем году, как и в 2008, все партии зерна, которые не были отнесены к продовольственной пшенице, характеризовались высоким процентом повреждения данного вредителя). Этот фактор свидетельствует о высокой степени зависимости качества зерна по параметру своевременности обработки посевов от данного вредителя. Селекционной практикой выделен ряд сортов, обладающих высоким уровнем толе-

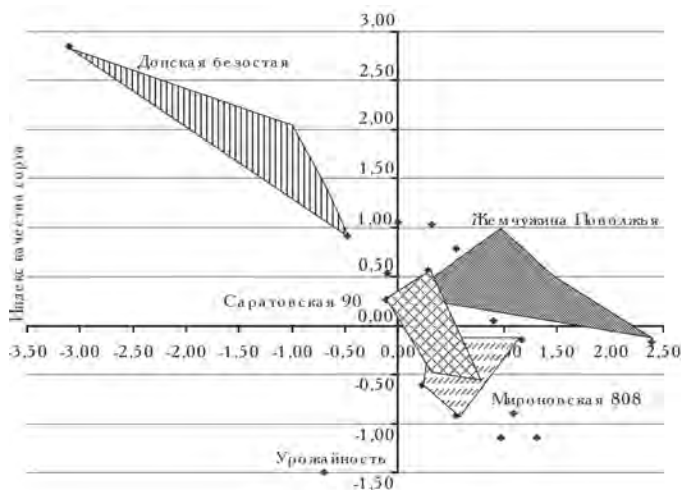


Рис. 2. Селекционный фактор в решении проблемы сбалансированности продуктивных и качественных свойств озимой пшеницы.

рантности к ферменту клопа вредной черепашки (Саратовская 8, Виктория 95, Тарасовская остистая и др.), однако их наличие не снимает проблемы чистоты зерна от повреждения вредителем. Этот показатель становится все более определяющим в свете задачи, стоящей перед российским сельскохозяйственным производством как МИРОВОГО экспортера. Так, по оценкам Американской пшеничной ассоциации (Goris van Lit, 2009), российская пшеница содержит в среднем 2,8% поврежденного зерна, в то время как по стандартам GASC, к примеру, объем импортного зерна с поражениями от насекомых не должен превышать 1% от объема партии (Лондонский международный саммит по вопросам качества зерна, 2009).

Среди других техногенных факторов следует выделить оперативность проведения операций и главным образом уборочных работ. Так, по данным нашего института, затягивание операций при уборочных работах, особенно при неустойчивой погоде, ведет не только к потерям, но и ухудшению качества зерна, его прорастанию. В опытах НИИСХ Юго-Востока сила муки при подборе валков сразу после подсыхания в них зерна имела значение 479 е.а., а на 5 дней позже — 245 е.а.. То есть, зерно из сильного перешло в группу среднего по качеству. Задержка с обмолотом до двух недель снижала массу зерна на 20-30 г, содержание белка — на 1,2%, клейковины — на 3%. По технологической оценке качества зерна задержка уборки пшеницы на 10 дней приводит к снижению реологических свойств вдвое.

Отмеченные факторы свидетельствуют о широте проблематики получения качественной зерновой продукции, требующей системного и комплексного решения.

#### Литература

1. Левицкая Н.Г., Шаталова О.В., Курдюков Ю.Ф. Влияние глобального потепления климата на величину его биохимического потенциала в Поволжье. // Адаптивные ресурсосберегающие технологии в получении высококачественного зерна в Поволжье. Саратов: Изд-во «Новый ветер», 2004. — С. 83-88.
2. Мелешкина Е.П. Современные аспекты качества зерна пшеницы. // Аграрный вестник Юго-Востока — Саратов, 2009. — №3.
3. Прянишников А.И. Методологические особенности адаптивной селекции озимой пшеницы на урожайность и качество в Нижнем Поволжье. // Автореф. дисс. ... доктора с.-х. наук. Саратов, Изд-во «Три А», 2006. — 48 с.



УДК 633.111«321»:575.2:664.746

# Эффективность отбора по показателю SDS-седиментации в гибридных популяциях яровой мягкой пшеницы

## The Selection Effectivity by SDS-sedimentation Index in the Spring Soft Wheat Hybrid Populations

**В.М. БЕБЯКИН,**  
ГНУ НИИСХ Юго-Востока  
РАСХН, г. Саратов  
e-mail: raiser\_saratov@mail.ru

**V.M. BEBYAKIN,**  
Agricultural Research Institute of  
South-East Region, Saratov  
e-mail: raiser\_saratov@mail.ru

Рассмотрена фенотипическая изменчивость показателя SDS-седиментации в полновесных гибридных популяциях яровой мягкой пшеницы и эффективность отбора высококачественных потомств в  $F_2$  и в  $F_3$  по генотипическому сдвигу ( $R$ ) в последующих поколениях. Выявлена реализованная в группах отбора наследуемость ( $h^2$ ) седиментационных оценок и их согласованность между поколениями ( $F_2-F_3$ ,  $F_2-F_4$ ,  $F_3-F_4$ ).

**Ключевые слова:** популяция, показатель SDS-седиментации, интенсивность отбора, генотипический сдвиг, наследуемость, корреляция.

The phenotypic changeability of SDS-sedimentation index in the full value hybrid populations of spring soft wheat and selection efficiency of posterities with high quality in  $F_2$  and  $F_3$  by genotypic shear ( $R$ ) in the posterior generation was shown. The heritability ( $h^2$ ) of sedimentation estimations was realized in the selected groups and their coordination between generations ( $F_2-F_3$ ,  $F_2-F_4$ ,  $F_3-F_4$ ).

**Key words:** population, SDS-sedimentation index, selection intensity, genotypic shear, heritability, correlation.

### Введение

Разработка методических подходов к оценке гибридных популяций и теоретических основ отбора в ранних поколениях самоопыляющихся культур имеет теоретическое и практическое значение. Установлено [1], что генотипический сдвиг в  $F_3$  и в  $F_4$  при отборе в  $F_2$  лучших по критериям качества зерна потомств, как и реализованная наследуемость ( $h^2$ ) качественных характеристик, оставляет желать лучшего. В данном сообщении рассматриваются селекционно-генетические подходы к теории отбора высококачественных потомств в гибридных популяциях яровой мягкой пшеницы.

### Материал и методика

Изучению подвергались потомства  $F_2$ ,  $F_3$ ,  $F_4$  (отсчет поколений по растению), полученные от скрещивания Тулайковской 10 (Т10) и Юго-Восточной 4 (ЮВ-4) с селекционной линией СФР 195-11-05 (СФР 195). Гибриды и их родительские формы выращивались по методу частых стандартов. Качество зерна определяли по показателю SDS-седиментации.

Дисперсионный анализ экспериментальных данных проводился по программе для бесповторных опытов с частыми стандартами с коррекцией их по скользящей средней. Генетическую структуру популяций оценивали по генотипическому сдвигу ( $R$ ) за одно и два поколения и по реализованной наследуемости ( $h^2$ ). Генотипический сдвиг определяли по разнице между средними значениями показателя SDS-седиментации всей популяции ( $\bar{X}_n$ ) и средним его значением у отобранной части потомств в предшествующем поколении (экстенсивный отбор), а также при отборе 10 и 20% ( $i_{10}$ ,  $i_{20}$ ) лучших потомств в  $F_2$  и  $F_3$ . Взаимосвязь между одноименными оценками разных поколений ( $F_2-F_3$ ,  $F_2-F_4$ ,  $F_3-F_4$ ) или их повторяемость в потомстве оценивали по величине и значимости коэффициента генетической корреляции ( $r_g$ ).

Таблица 1  
Показатель SDS-седиментации у гибридов и их родительских форм, мл

Сорт, популяция	n	$\bar{X} \pm m$	Критерий достоверности	Пределы варьирования	V (%)
<b><math>F_2</math> (2004 г.)</b>					
Т 10×СФР 195 (1)	101	68,4±0,9	5,7* (1-2)	39 – 94	12,8
Т 10 (2)	48	77,5±1,3	12,4* (1-3)	54 – 98	11,8
СФР 195 (3)	8	48,0±1,4	15,3* (2-3)	44 – 56	8,3
ЮВ-4×СФР 195 (1)	158	63,1±0,5	8,8* (1-2)	46 – 82	10,0
ЮВ-4 (2)	50	71,9±0,9	5,2* (1-3)	60 – 83	8,6
СФР 195 (3)	8	53,6±1,8	9,3* (2-3)	44 – 61	9,9
<b><math>F_3</math> (2005 г.)</b>					
Т 10×СФР 195 (1)	97	55,6±0,6	4,4* (1-2)	44 – 72	10,3
Т 10 (2)	47	60,6±1,0	1,2 (1-3)	44 – 74	11,0
СФР 195 (3)	8	52,3±3,0	2,8* (2-3)	40 – 66	15,0
ЮВ-4×СФР 195 (1)	143	59,1±0,8	0,9 (1-2)	40 – 88	16,1
ЮВ-4 (2)	49	57,7±1,4	0,1 (1-3)	42 – 88	16,9
СФР 195 (3)	9	58,7±3,7	0,3 (2-3)	44 – 74	18,8
<b><math>F_4</math> (2006 г.)</b>					
Т 10×СФР 195 (1)	93	75,9±0,6	2,5* (1-2)	60 – 88	7,7
Т 10 (2)	48	79,3±1,3	3,7* (1-3)	54 – 92	10,9
СФР 195 (3)	8	65,9±2,6	4,6* (2-3)	56 – 76	11,3
ЮВ-4×СФР 195 (1)	145	69,8±0,5	7,2* (1-2)	54 – 86	8,1
ЮВ-4 (2)	50	75,4±0,6	2,0 (1-3)	66 – 84	6,0
СФР 195 (3)	9	65,1±2,3	4,3* (2-3)	54 – 76	10,8

\* - Значимо на 5%-ном уровне.

**Примечание.** n – количество проанализированных потомств,  $\bar{X} \pm m$  – среднее значение показателя SDS-седиментации и его ошибка, V – коэффициент вариации.

### Результаты исследований

Показатель SDS-седиментации, комплексно отображающий качество зерна яровой пшеницы, наследуется по промежуточному типу, что подтверждается оценками гибридных популяций и родительских форм (табл. 1). Величина седиментационного осадка варьирует, как правило, в пределах изменчивости ее у исходных компонентов. Таким образом, вовлечение в скрещивания низкокачественного сорта или линии нежелательно. Кроме того, необходимо учитывать, что количественная выраженность показателя SDS-седиментации очень сильно зависит от содержания белка в зерне, по крайней мере, больше, чем от качества клейковины.

Для оценки эффективности отбора высококачественных генотипов по показателю SDS-седиментации выявлялся генотипический сдвиг в последующих поколениях. Установлено, что реакция гибридных популяций на отбор неоднозначная. При отборе в  $F_2$  20% лучших потомств сдвиг в  $F_3$  в направлении отбора был максимальным (табл. 2). Величина же сдвига в  $F_4$ , как и зависимость его от интенсивности отбора, у гибридных популяций оказалась неоднозначной. При вовлечении в скрещивания сортов, слабо различающихся по содержанию клейковины в зерне (Тулайковская 10, СФР 195-11-05), наиболее эффективным в популяции был жесткий отбор ( $i_{10}$ ), а при скрещивании контрастных по этому признаку сортов (Юго-Восточная 4, СФР 195-11-05) интенсивность отбора не оказывала существенного влияния на его результативность.

Таблица 2

#### Генотипический сдвиг в $F_3$ и в $F_4$ при отборе высококачественных потомств в $F_2$ по показателю SDS-седиментации, мл

Популяция	$F_2$ (2004 г.)			$F_3$ (2005 г.)			$F_4$ (2006 г.)		
	Интенсивность отбора								
	$i(> \bar{X}_n)$	$i_{20}$	$i_{10}$	$i(> \bar{X}_n)$	$i_{20}$	$i_{10}$	$i(> \bar{X}_n)$	$i_{20}$	$i_{10}$
	Селекционный дифференциал (S)			Генотипический сдвиг (R)					
Т 10×СФР 195	5,7	13,6	18,3	3,0	3,4	2,5	1,5	1,1	5,4
ЮВ-4×СФР 195	4,3	8,2	9,9	3,1	3,5	2,2	2,4	2,4	2,3

Таблица 3

#### Генотипический сдвиг в $F_4$ при отборе высококачественных потомств в $F_3$ по показателю SDS-седиментации, мл

Популяция	$F_3$ (2005 г.)			$F_4$ (2006 г.)		
	Интенсивность отбора					
	$i(> \bar{X}_n)$	$i_{20}$	$i_{10}$	$i(> \bar{X}_n)$	$i_{20}$	$i_{10}$
	Селекционный дифференциал (S)			Генотипический сдвиг (R)		
Т 10×СФР 195	5,9	8,8	11,4	0,6	2,0	1,4
ЮВ-4×СФР 195	9,5	14,1	18,7	0,8	0,6	3,2

В методологии исследования гибридных популяций используются различные подходы к проведению первичных отборов. Большинство исследователей считают возможным начинать отбор в  $F_2$  или в  $F_3$ . Есть и другие мнения, согласно которым в ранних поколениях материал не приемлем для дальнейшего изучения и размножения вследствие его высокой гетерозности. Величина генотипического сдвига в  $F_4$  при отборе лучших потомств в  $F_3$  в зависимости от гибридной комбинации и интенсивности отбора показана в табл. 3. Из приведенных данных видно, что несмотря на вы-

сокий уровень селекционного дифференциала (S) сдвиг (R) по показателю SDS-седиментации незначительный.

Расчеты показали (табл. 2–3), что отборы в  $F_3$  не имеют существенных преимуществ перед отборами в  $F_2$ . Как в том, так и в другом случае предпочтительнее интенсивный отбор ( $i_{10}$ ). Снижение селекционного эффекта при отборе потомств в  $F_3$ , по-видимому, связано с условиями формирования зерна в 2005 году. Можно предполагать, что отбор по показателю SDS-седиментации во влажные годы более эффективен.

Критерии, используемые для оценки ранних поколений, должны быть генотипически обусловленными, то есть селекционно значимыми. Установлено, что реализованная в группах отбора наследуемость ( $h^2$ ) показателя SDS-седиментации, по которой обычно судят об аддитивной генетической вариации, в зависимости от популяции и интенсивности отбора сильно варьирует (табл. 4).

Таблица 4

#### Реализованная наследуемость ( $h^2$ ) показателя SDS-седиментации в группах отбора

Популяция	Интенсивность отбора		
	$i(> \bar{X}_n)$	$i_{20}$	$i_{10}$
$F_2 - F_3$			
Т 10×СФР 195	0,526	0,250	0,137
ЮВ-4×СФР 195	0,720	0,427	0,222
$F_2 - F_4$			
Т 10×СФР 195	0,263	0,080	0,295
ЮВ-4×СФР 195	0,558	0,292	0,232
$F_3 - F_4$			
Т 10×СФР 195	0,101	0,022	0,012
ЮВ-4×СФР 195	0,084	0,042	0,171

В системе  $F_2 - F_3$  максимальный вклад генетических факторов в количественную выраженность показателя SDS-седиментации проявляется при экстенсивном отборе. По мере повышения интенсивности отбора доля генетической изменчивости признака закономерно снижается. Реализованная в условиях проведения экспериментов наследуемость в системах  $F_2 - F_4$  и  $F_3 - F_4$  менее выражена (табл. 4).

О наследуемости признака в узком смысле слова ( $h^2$ ) можно судить и по коэффициенту корреляции между одноименными оценками разных поколений. Корреляционный анализ показал достоверную взаимосвязь между оценками  $F_2$  и  $F_3$  ( $r_a = 0,219^* - 0,353^{**}$ ). Менее выраженная согласованность выявлена между данными  $F_2$  и  $F_4$  ( $r_a = 0,168 - 0,268^*$ ), между  $F_3$  и  $F_4$  ( $r_a = 0,106 - 0,144$ ). Таким образом, вклад генов с аддитивными эффектами в количественную выраженность показателя SDS-седиментации не настолько высок, чтобы не считаться с условиями внешней среды при использовании этого критерия в программах селекции.

### Литература

1. Бебякин В.М. Селекционно-генетические аспекты оценки гибридных популяций яровой пшеницы по критериям качества зерна / В.М. Бебякин, И.А. Осыка // Агротехнологические и экологические аспекты развития растениеводства на Евро-Северо-Востоке Российской Федерации. – Киров, 2008. – С. 60–67.



УДК 633.11:631.524.86

# Взаимосвязь между содержанием белка в муке и числом падения у яровой мягкой пшеницы

## The relationship between flour protein content and falling number in spring bread wheat

О.В. КРУПНОВА,  
ГНУ НИИСХ Юго-Востока  
РАСХН, г. Саратов  
e-mail: raiser\_saratov@mail.ru

O.V. KRUPNOVA,  
State Scientific Institution «Agricultural Research Institute for South-East Region», Saratov  
e-mail: raiser\_saratov@mail.ru

Изучена взаимосвязь между содержанием белка в муке и числом падения у сортов и линий в годы с различным температурным режимом, количеством осадков и временем их выпадения. Установлена слабая корреляция между содержанием белка в муке и числом падения.

**Ключевые слова:** содержание белка в муке, число падения, корреляция.

*Relationship between of flour protein content and falling number in varieties and lines in years at different temperature regime, quantity of rainfall and time their fall out was studied. A weak correlation between of flour protein content and falling number was found.*

**Key words:** flour protein content, falling number, relationship.

### Введение

Содержание белка в зерне и число падения по Хагбергу являются важными показателями качества зерна. От первого признака зависит качество хлеба, макарон, кондитерских и других продуктов [1]. Чем выше содержание белка в зерне, тем дороже зерно на мировом рынке. Уборка урожая часто совпадает с ненастной погодой, возникает риск предуборочного прорастания и резкого снижения качества зерна из-за высокой активности фермента альфа-амилазы. Нередки случаи, когда зерно внешне вполне здоровое (без видимых признаков прорастания) имеет низкое качество, также связанное с активностью альфа-амилазы, но в данном случае активность фермента обусловлена дефектными генами [2]. К сожалению, насколько эти гены распространены в отечественных сортах озимой и яровой пшеницы, неизвестно.

Для мониторинга активности альфа-амилазы с середины прошлого века определение числа падения по Хагбергу признано Международным стандартом (1968). В нашей стране, согласно ГОСТу 27 676-88, у зерна первого и второго класса ЧП должно быть не ниже 200 сек.

Число падения широко используется в генетике и селекции, как один из методов оценки генотипов на устойчивость к предуборочному прорастанию [3].

Для селекции пшеницы на повышение числа падения весьма важно знать генетический контроль этого признака, его взаимосвязи с другими признаками, а также с внешней средой. Все это важно также и для практики производства зерна.

Анализ публикаций свидетельствует о весьма сложных взаимосвязях между числом падения, содержанием белка в зерне и другими признаками, а также об огромном влиянии на экспрессию признаков различных внешних факторов. По данным одних авторов, взаимосвязь между числом падения и содержанием белка положительная [4, 5, 6], по данным других – отрицательная или вовсе отсутствует [7, 8]. Неоднозначность этих результатов может быть связана, прежде всего, с генотипом. Сорта значительно различаются по устойчивости к предуборочному прорастанию [9, 10], числу падения [11]. Установлено значимое влияние на содержание белка в зерне и число падения технологии выращивания, в частности, срока посева, нормы высева, орошения, удобрения [7, 12], фунгицидов и т.д. [6, 12]. В отечественной литературе мало публикаций по этой проблеме [13, 14, 15]. В настоящей работе сообщаются результаты исследований, проведенных в ГНУ НИИСХ Юго-Востока.

### Материалы и методы

В качестве материала использовали сорта и линии яровой мягкой пшеницы, созданные в лаборатории генетики и цитологии ГНУ НИИСХ Юго-Востока с использованием Lr-транслокаций от следующих сороридичей: *Triticum aestivum* L., *Triticum dicoccum*, *Triticum dicoccoides*, *Agropyron intermedium*, *Agropyron elongatum*, *Secale cereale*. Контролями служили сорта Саратовская 29, Саратовская 55, Саратовская 58. Методика полевых испытаний изложена в статье [16]. Уборка урожая проводилась не позднее чем через одну – две недели после полного созревания зерна у всех сортов и линий. «Число падения» определяли на приборе «Falling Number», согласно инструкции к прибору. Содержание белка в муке определяли на анализаторе фирмы «Inframatіc». Годы исследований были весьма контрастными по условиям погоды. В 2008 году засушливой оказалась первая половина вегетации, в 2005 и 2006 годы – вторая. В период от колошения до уборки урожая осадки выпадали в 2005 г. – 12 раз, в 2006 г. – 16 раз и 2008 г. – 24 раза.

### Результаты и обсуждение

Результаты исследований содержания белка в муке и числа падения у сортов и линий представлены в табл. 1.

Изучаемые сорта и линии накопили достаточно высокий процент белка в зерне, что, по-видимому, связано с тем, что они выращивались по черному пару.

Самый высокий показатель среднего содержания белка наблюдался в 2008 году – 18,3%. (по сортам и линиям колебание от 14,6 до 20,4%), а в 2005 и 2006 гг. был практически одинаковым. Стабильно высокое содержание белка за годы

исследований показали следующие линии: C55\*5/Т. *dicocoides*, Л785-02 (Л503\*5/ ТcLr26), Л9-05 (Л1089\*5/ТcLr9), Л-759-04( Л1089\*4/ТcLr24).

Таблица 1

**Показатели содержания белка в муке (СБ), числа падения (ЧП) и коэффициенты корреляции (r) между СБ и ЧП у 24 сортов и линий**

Год	СБ, %		ЧП, сек		r
	Среднее колебание		Среднее колебание		
2005	16,95	15,1-18,9	366	317-480	-0,27*
2006	16,92	14,2-19,1	218	128-307	0,00
2008	18,33	14,6-20,4	222	157-296	0,03

Такое сильное колебание значений признака по годам обусловлено, прежде всего, режимом обеспечения растений водой, особенно в период формирования и налива зерна, так как посев по черному пару обеспечивает достаточно высокий уровень содержания белка в зерне не только в засушливые, но и в годы относительно благоприятные для урожая [16].

Значения показателя числа падения по всему набору сортов и линий были наивысшими в 2005 г. и значительно ниже – в 2006 и 2008 гг., когда у ряда сортов и линий значения числа падения не соответствовали требованиям ГОСТа 27 676-88 для зерна первого и второго класса. Следует отметить, что различия в значениях показателя числа падения между линиями их аналогами обусловлены, прежде всего, генетическим фоном, а не чужеродными транслокациями [11]. В 2006 г. показатель числа падения ниже 200 сек. имели 6 сортов и линий, в 2008 г. – 7. Если в 2005 г. высокий уровень значений числа падения у всех сортов и линий можно связать с меньшим числом дней с осадками в период от колошения до уборки, то различия между генотипами в остальные годы, по-видимому, обусловлены не только этим фактором. В среднем за все годы исследований число падения не ниже 200 сек. было у сортов Саратовская 29, Саратовская 55, Л503, Фаворит, а также у линий Л785-02 (Л503\*5/ТcLr26), Л21-05 (Л1089\*4/ТcLr25) и Л-759-04 (Л1089\*4/ТcLr25), содержащих Lr-транслокации от ржи посевной.

В годы исследований наблюдалась слабая связь между содержанием белка и числом падения, коэффициенты корреляции колебались от слабой положительной (0,03) до слабой отрицательной (-0,27\*) (табл. 1.).

Результаты изучения взаимосвязи между признаками содержания белка в муке и числом падения представлены на рис. 1 и табл. 2.

Как видно из рис. 1, взаимосвязь между рассматриваемыми признаками в 2005 г. была отрицательной, однако в 2006 и 2008 гг. – наоборот, положительной, хотя и очень слабой. Регрессионный анализ взаимоотношений между содержанием белка и числом падения для 24 генотипов по-

казал отрицательный коэффициент регрессии в 2005 году и положительный в 2006 и 2008 годах, однако эти величины статистически не достоверны (табл. 2). Причины относительно слабой связи между признаками в наших опытах неизвестны.

Таблица 2

**Регрессионный анализ взаимоотношений между содержанием белка и числом падения для 24 генотипов в 2005, 2006 и 2008 гг.**

Год	Коэффициент регрессии(b)	Коэффициент множественной детерминации R <sup>2</sup>	F фактическое
2005	-12,4	0,082	1,96
2006	0,7	0,00	0,01
2008	4,9	0,02	0,49

Неоднозначность полученных данных может быть обусловлена как генотипами, так и метеорологическими условиями и другими факторами. Так в Нечерноземной зоне, по данным Э.Д. Неттевича [13], в 1995 году у 32 сортов яровой мягкой пшеницы значения числа падения колебались от 263 до 291 сек., то есть, различия между ними были небольшие. Между тем, в 1998 году – размах составил от 62 до 296 сек., при среднем значении 120 сек. Здесь же, по данным Н.С. Беркутовой и др. [14], в период с 1998 по 2004 год наивысшие значения числа падения не превышали 243 сек (сорта Эстер, Энгелина), а у сортов Лада и Приокская они снизились до 62 сек.

В Поволжье также бывают годы неблагоприятные для уборки урожая. В 1990 году у сортов яровой твердой пшеницы показатель числа падения колебался от 63 до 170 сек., тогда как в 1992 году он поднялся до 464-594 сек., в то время как за оптимальный показатель этого признака для твердой пшеницы на мировом рынке считается 400 сек. [15]. В период 1996-2000 годов у 11 саратовских сортов яровой твердой пшеницы содержание белка в зерне колебалось от 14,1 до 15,6%, а число падения – от 380 до 447 сек. [15], в данном случае взаимосвязь между содержанием белка и числом падения слабая, положительная (r= 0,21).

В остро засушливом Заволжье условия для уборки урожая, как правило, более благоприятные, чем в Правобережье. На Ершовской ОСОЗ в 2007 г в условиях орошения и удобрения у 11 сортов яровой мягкой пшеницы содержание белка в зерне колебалось от 14,0 до 18,7%, а число падения – от 342 до 549 сек. [17], в этом исследовании взаимосвязь между содержанием белка и показателем числа падения была также слабая, но отрицательная (r= -0,22).

Каковы причины колебания направлений и силы взаимосвязей между признаками содержание белка в зерне и число падения? Некоторые из возможных причин уже отмечались выше. На число падения может влиять не только активность альфа-амилазы, но также соотношение между различными

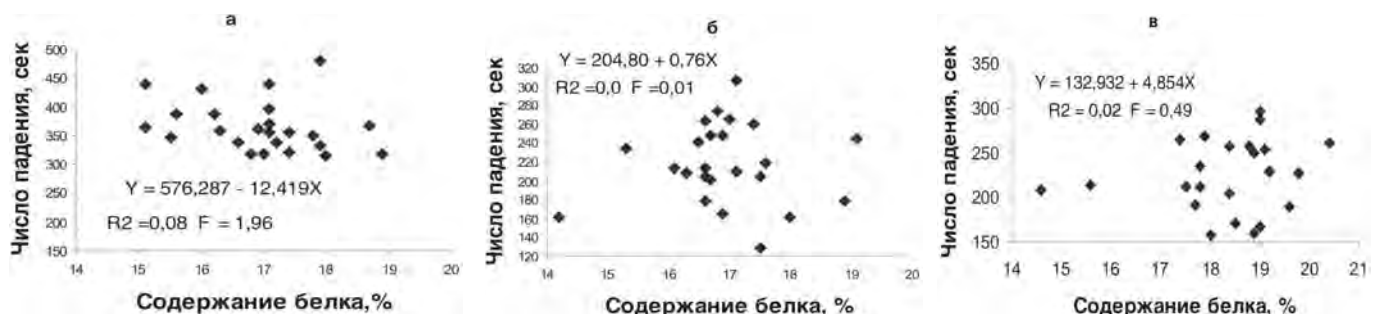


Рис. 1. Взаимосвязь между содержанием белка в муке и числом падения а-2005 г., б-2006 г., в-2008 г.

фракциями белка и крахмала, а также качество крахмала [7, 6], в результате чего данные числа падения не всегда тесно коррелируют с данными активности альфа-амилазы [7, 18]. Известна также неоднородность зерна по содержанию белка даже в пределах одного колоса.

На значение показателя число падения могут влиять эпифитотии возбудителей болезней, при этом установлены разные эффекты на число падения таких широко распространенных биотрофов, как ржавчина (*Puccinia* spp.) и не менее опасного некротрофа – *Septoria tritici*. Фунгицидная защита от ржавчин сопровождается повышением содержания белка в зерне, а от септориоза, наоборот, снижением содержания белка в зерне и изменением взаимосвязей содержания белка в зерне с числом падения [19]. Установлено также значимое влияние на число падения почернения зародыша и грибной инфекции на семенах [20, 21, 22, 23]. Все это свидетельствует о том, что случаи разно направленных ассоциаций между признаками содержание белка в зерне и число падения заслуживают дальнейшего изучения [24].

Автор выражает благодарность д.б.н. С.Н. Сибикееву за предоставленные образцы семян сортов и линий для исследований.

### Литература

1. Bushuk W. Wheat breeding for end-product use. Wheat: Prospects for global improvement // Proc. 5th Inter. Wheat Conference, 10-14 June, 1996, Ankara, Turkey. Kluwer Academic Publishers. D.-B – L. -1997. V. 6. P. 203-211.
2. Mares D., Mrva K. Late-maturity  $\alpha$ -amylase: Low falling number in wheat in the absence of preharvest sprouting // J. Cereal Sci. 2008. V.4. P. 6-17.
3. Rasul G., Humphreys D. G., Brulé-Babel A., et al. Mapping QTLs for pre-harvest sprouting traits in the spring wheat cross 'RL4452/AC Domain' // Euphytica. 2009. V. 168. P. 363-378.
4. Every D., Simmons L., Al-Hakkak J., et al. Amylase, falling number, polysaccharide, protein and ash relationships in wheat millstreams // Euphytica. 2002. V.126. P.135-142.
5. Pasha M., Anjum F. M., Butt M. S., Iqbal J. S. Gluten Quality prediction and correlation studies in spring wheats // J. Food Quality. 2007. V. 30 (4). P. 438-449.
6. Wang J., Pawelzik E., Weinert J., Zhao Q., Wolf G. A. Factors influencing falling number in winter wheat // Eur. Food Res. Technol. 2008. V. 226. P. 1365-1371.
7. Johansson E. Effect of two wheat genotypes and Swedish environment on falling number, amylase activities, and protein concentration and composition // Euphytica. 2002. V.126. P.143-149.
8. Gooding M. J., Ellis R. H., Shewry P. R., Schofield J. D. Effects of Restricted Water Availability and Increased Temperature on the Grain Filling, Drying and Quality of Winter Wheat // J. Cereal Sci. 2003. V.37. P. 295-309.
9. Соловов Д. П. Устойчивость яровой мягкой пшеницы к предуборочному прорастанию в Нижнем Поволжье: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Соловов Дмитрий Петрович. – Саратов; НИИСХ Юго-Востока, 2003. 23 с.
10. Антонов Г.Ю. Источники устойчивости к предуборочному прорастанию и продуктивность яровой мягкой пшеницы: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Антонов Григорий Юрьевич. – Саратов, СГАУ. 2007. 20 с.
11. Крупнова О.В. Влияние года, Lr-транслокаций и почернения зародыша на число падения у сортов и линий яровой мягкой пшеницы // Сб. материалов региональной научно-практической конференции 26-27 февраля 2009 г., Саратов, часть I. С.135-143.
12. Kindred D. R., Gooding M. J., Ellis R. H. Nitrogen fertilizer and seed rate effects on Hagberg falling number of hybrid wheats and their parents are associated with  $\alpha$ -amylase activity, grain cavity size and dormancy // J. Sci. Food Agric. 2005. V. 85. P. 727 – 742.
13. Неттевич Э.Д. Качество зерна яровой мягкой пшеницы в связи с устойчивостью к прорастанию на корню // Доклады Рос. Академ. с.-х. наук. 1999. № 6. С.6-8.
14. Беркутова Н.С., Давыдова Н.В., Давыдова Е.И., Бучма Е.В. Технологические свойства зерна сортов яровой пшеницы // Селекция и семеноводство. 2006. № 3-4. С.20-22.
15. Васильчук Н.С. Селекция яровой твердой пшеницы. Саратов, 2001. – 123 С.
16. Сибикеев С.Н., Воронина С.А., Крупнов В.А., Дружин А. Е. Влияние Lr19 +Lr26 –транслокаций на продуктивность и качество зерна яровой мягкой пшеницы // Сборник научных трудов / ГНУ НИИСХ Юго-Востока Россельхозакадемии. – Саратов: ООО «Ракурс».2009. С.122-126.
17. Францев А.С., Васильчук Н.С., Шутарева Г.И. Устойчивость к предуборочному прорастанию зерна яровой мягкой пшеницы в условиях левобережья Саратовской области // Сб. науч. труд./ ГНУ НИИСХ Юго-Востока Россельхозакадемии. – Саратов: «Ракурс». 2009. С.61-71.
18. Неттевич Э.Д., Беркутова Н.С., Максименко М.И. Устойчивость сортов яровой пшеницы к прорастанию зерна в колосе и селекция на качество в условиях Нечерноземья. // Сельскохозяйственная биология. 1986. № 2. С.3-7.
19. Gooding M. J. Influence of Foliar Diseases and their Control by Fungicides on Grain Yield and Quality in Wheat // Developments in Plant Breeding. Wheat Production in Stressed Environments. Springer Netherlands. 2007. V. 12. P.567-581.
20. Clarke M. P., Gooding M. J., Jones S. A. The effects of irrigation, nitrogen fertilizer and grain size on Hagberg falling number, specific weight and blackpoint of winter wheat // J. Sci. Food Agric. 2004. V.84. P. 227-236.
21. Dimmock, J., Gooding M. J. The influence of foliar diseases, and their control by fungicides, on the protein concentration in wheat grain: A review // J. Agric. Sci. (Cambridge) - 2002. V. 138. P. 349 – 366.
22. Biddulph T.B., Plummera J.A., Setterb T.L., Mares D.J. Seasonal conditions influence dormancy and preharvest sprouting tolerance of wheat (*Triticum aestivum* L.) in the field // Field Crops Res. 2008. V.107. . P.116-128.
23. Krupnova O.V., Krupnov V.A., Antonov G.Yu. Black point: influence on bread-making quality // Annual Wheat Newsletter. KSU, USA. 2005. V.51. P.105-106.
24. Farrell A. D., Kettlewell P. S. The relationship between grain weight and alpha-amylase in winter wheat: varietal comparison from UK field experiments // Euphytica. 2009. V. 168. P. 395-402.



УДК [581.1]: 577.112.826

## Современные направления улучшения качества зерна ячменя

### Modern Tendencies of Barley Grain Quality Improvement

**А.И. РЫБАЛКА,**

*Селекционно-генетический институт УААН (г. Одесса)*

**М.М. КОПУСЬ, Д.П. ДОНЦОВ,**

*ВНИИ зерновых культур им. И.Г. Калиненко РАСХН, г. Зерноград, Ростовская обл.*

*e-mail: zern-sem@zern.donpac.ru*

**A.I. RYBALKA,**

*Institute of Selection and Genetics (Odessa, Ukraine)*

**M.M. KOPUS, D.P. DONTSOV,**

*All-Russian Research Institute of Grain Crops named after I.G. Kalinenko, Zernograd, Rostov region, Russia*

*e-mail: zern-sem@zern.donpac.ru*

*Показаны современные направления исследований в области улучшения качества зерна ячменя: пивоваренного, кормового и пищевого. Приведены примеры использования методов современной функциональной геномики и протеомики, а также традиционных методов исследования и оценки качества зерна ячменя. Выполнен анализ состояния и перспектив селекции ячменя на пивоваренные свойства, особенностей западно-европейской системы испытания пивоваренных сортов и их коммерциализации.*

**Ключевые слова:** *ячмень, качество, солод, функциональная геномика, молекулярные маркеры.*

*The modern research tendencies for improvement of barley grain quality including brewer's barley, barley for fodder and for food were reviewed. Examples of using methods of modern functional genomics and proteomics as well as traditional research methods and quality evaluation of barley grain were presented. Analysis of current state and perspectives of barley breeding for improving of beer-making quality, West-European system of malting quality varieties tests and their commercialization was made.*

**Key words:** *barley, quality, malt, functional genomics, molecular markers.*

Зерно ячменя – уникальное сырье, имеющее три основные направления использования: а) изготовление пива, виски и других напитков; б) изготовление корма для животных; в) производство разнообразных продуктов питания. Показатели названных категорий качества зерна ячменя закладываются в сортах селекционером и реализуются в процессе производства зерна по определенным технологиям производства.

Еще два десятилетия тому назад генетическое изучение признаков качества зерна ячменя, которые в классическом определении принадлежат к сложным количественным признакам и имеют полигенный контроль, было заданием достаточно сложным. Решалось оно путем традиционного статистического анализа генотипических и фенотипических

варианс с определением отдельных эффектов генов, наследование которых невозможно было уверенно проследить в генетических и селекционных популяциях межсортовых скрещиваний. И, соответственно, неустановленной была роль конкретных генов и их функциональная связь с определенными признаками качества зерна ячменя. Как результат, фактический вклад генетических исследований в практическую селекцию ячменя был незначительным и четко не определенным.

Сегодня генетические исследования признаков качества зерна ячменя приобрели принципиально другую методическую и методологическую базу и могут не только контролировать наследование отдельных генов, но и изучать их функциональную роль, чтобы целенаправленно влиять на рекомбинационные процессы, процессы биосинтеза белков и ферментов, интеграцию генов в хромосомы, замещение нежелательных генов, манипулирование генами с целью целенаправленного формирования признаков качества зерна с необходимыми для селекции и переработки зерна характеристиками.

Один из важнейших разделов современной генетики признаков ячменя получил название функциональной геномики, или технологии, с помощью которой большое количество генов, контролирующих селекционные признаки ячменя, и в том числе его качество, могут быть идентифицированы, изолированы и при помощи диагностических маркеров из 100% гарантией предусмотрены в составе желаемых генотипов растений [1]. Функциональная геномика делится на несколько суб-дисциплин, таких как собственно геномика, протеомика и метаболомика, которые оперируют соответственно на уровне генной структуры и функции биосинтеза белков и ферментов, метаболических реакций и взаимодействия метаболитов, принимающих участие в реализации конкретных признаков качества зерна.

Собственно геномика сегодня базируется почти исключительно на использовании в исследованиях молекулярных генетических маркеров хромосом ячменя. Регистрация генетических коллекций и генных ресурсов ячменя, изучение гибридных популяций, селекционных линий, коммерческих гибридных сортов ячменя сегодня осуществляется с использованием не только запасных белков, но и таких молекулярных маркеров как SSR (simple sequence repeats, или микросателлиты, представленные короткими последовательностями нуклеотидов, характеризующихся значительным полиморфизмом и широко распространенные в растениях, в

т.ч. ячмене), SNP (single nucleotide polymorphism), EST (expressed sequence tag). Каждая из этих систем диагностических маркеров имеет свои технологические особенности и преимущества, но все они дают возможность молекулярного скрининга генетического полиморфизма, надежной идентификации определенных целевых локусов, или тесно сцепленных с ними генов или фрагментов последовательностей ДНК этих генов с использованием эффективных современных технологий, имеющих в основе полимеразную цепную реакцию (PCR-ПЦР).

Уже сформировавшийся целый раздел современной селекции ячменя, получил название – селекция, базирующаяся на использовании молекулярных маркеров MMAS или MAS (molecular marker – assisted selection). А конкретные молекулярные маркеры, причастные к генетическому контролю определенных количественных признаков получили название QTL (quantitative traits linkage).

Наиболее перспективными для использования в селекции ячменя считают SSR маркеры. Технология их использования относительно простая. SSR маркеры довольно тесно сцеплены с локусами, контролирующими важные селекционные признаки ячменя. На сегодня сконструировано столько SSR маркеров, которые существенно перекрывают число локусов, которые необходимо контролировать в системе рутинной селекции.

Наличие системы SSR маркеров позволяет сканировать весь геном ячменя. Сорта, генетические линии ячменя, могут быть охарактеризованы, в случае необходимости, по системе SSR маркеров, которые максимально перекрывают весь геном ячменя.

Специальным проектом USDA-IFAFS в Калифорнийском университете США созданы ДНК микрочипы молекулярных маркеров, которые репрезентуют около 22000 генов ячменя. База микрочипов была создана на основе более чем 400000 EST последовательностей ДНК ячменя в сотрудничестве между лабораториями США, Германии, Японии, Шотландии, Финляндии.

Уникальная база молекулярных маркеров по специальному международному проекту SAGE (Serial Analysis of Gene Expression) была создана в Великобритании. Она дает возможность изучать экспрессию отдельных генов (около 14500) в клетках тканей разных органов в процессе дифференциального развития ячменя.

В качестве примера рассмотрим достижения функциональной геномики в изучении такого важного полигенного признака зерна ячменя, как пивоваренные качества. Качество пива, как и солода, и связанные с ним физические, биохимические и физиологические особенности ячменного зерна характеризуются десятками показателей, контроль которых осуществляется целой системой генных кластеров, отдельных генов и их аллелей.

За последнее десятилетие существенный прогресс был достигнут в идентификации и характеристике не менее 25 QTL, ассоциированных с важнейшими показателями качества ячменного солода, такими как экстрактивность солода, диастатическая активность, параметры модификации клеток и белкового комплекса в процессе соложения. Так, австрийскими учеными был скрещен сорт кормового ячменя Keel (низкая экстрактивность и диастатическая активность, но высокое содержание  $\beta$ -глюканов) с тремя сортами-донорами, имевшими высокие показатели пивоваренного качества. Отбор лучших по пивоваренным показателям линий ячменя в этой популяции осуществляли исключительно с использованием MMAS технологии. В результате отобранные селекционные линии оказались наилучшими по пивоваренному качеству. В этом опыте было локализовано QTL, связанный с диастатической активностью,

в хромосоме 5HL, а QTL, связанный с экстрактивностью солода – в хромосоме 2HS. Другие важные для пивоваренного качества QTL были локализованы в хромосомах 7H (QTL 1) и 4H (QTL 2) [2].

Одним из ключевых локусов, связанных с пивоваренным качеством ячменя, является локус  $\beta$ -амилазы в хромосоме 4H, контролирующей активность фермента  $\beta$ -амилазы, термостабильность, его изоэнзимные формы и соотношение свободная – связанная  $\beta$ -амилаза. Для локуса  $\beta$ -амилазы по результатам секвенирования последовательностей его ДНК были сконструированы аллель-специфические PCR маркеры, отвечающие за последовательности шести аминокислот в структуре молекулы  $\beta$ -амилазы. Дополнительно к этому локусу были сконструированы PCR маркеры, определяющие полиморфизм в микросателлитном регионе интрона III, расположенном в этом же локусе. Таким образом, все необходимые варианты  $\beta$ -амилазы (термостабильные и термолабильные) зерна ячменя легко идентифицируются при помощи двойной системы молекулярных маркеров и могут быть использованы как для селекционных линий с термостабильным генетическим вариантом этого фермента [3].

Японские ученые нашли QTL индекса Кольбаха и активности протеиназы в солоде в хромосоме 5HL [4]. Используя QTL анализ в хромосоме 5H (проксимально центромеры) найден локус, связанный с периодом физиологического покоя семян [5].

Одним из важнейших биохимических компонентов зерна ячменя являются  $\beta$ -глюканы, или растворимая клетчатка. Высокое содержание  $\beta$ -глюканов в зерне ячменя негативно влияет на пивоваренные качества солода. С другой стороны, они имеют большое диетическое значение в питании человека. Для изучения наследования содержания  $\beta$ -глюканов было использовано 88 генетических маркеров для картирования QTL. Удалось картировать три  $\beta$ -глюканов в хромосомах 1H и 4H, которые охватывают 22% вариабельности этого признака. Почти 17% вариабельности по содержанию  $\beta$ -глюканов связаны с вакси-геном, расположенным в хромосоме 1H ячменя.

Фермент липоксигеназа-1 (локус LOX-1) имеет прямое отношение к вкусу пива и стабильности пены. Найдены QTL (хромосома 4H), позволяющие идентифицировать генетические варианты (термостабильный H-тип и термолабильный L-тип) этого фермента в селекционных популяциях [6].

В настоящее время использование молекулярных маркеров в селекции ячменя стало не только системным явлением, а даже сформировался новый современный метод селекции ячменя, предложенный Танксли и Нельсоном (1996): АВ-QTL (advanced backcross QTL analysis), или анализ QTL в системе насыщающего скрещивания.

Молекулярные маркеры успешно используются для улучшения пивоваренного качества и при отдаленной гибридизации с популярным дикорастущим сородичем *Hordeum spontaneum*.

Кроме пивоваренных свойств молекулярные маркеры успешно используются для изучения генетического контроля других составных компонентов ячменного зерна, имеющих отношение к показателям кормовой и пищевой ценности культуры.

Например, голозерный ячмень в присутствии гена *Waxy* (нулевое содержание амилазы в крахмале) имеет высокую диетическую ценность, так как содержит значительно больше полезных для здоровья людей  $\beta$ -глюканов, чем пленчатый ячмень. Поэтому при селекции голозерного ячменя пищевого назначения, для комбинирования в одном генотипе гена *waxy* и гена *nud* (голозерность) на помощь приходят SSR маркеры.

Технология конструирования новых молекулярных маркеров непрерывно прогрессирует. Так, Институт биоресурсов – Университет Окаяма (Япония) сообщает о создании из разных библиотек клоновой ДНК ячменя (к-ДНК) больше 60000 EST маркеров и 11000 праймеров для их идентификации. EST маркеры оказались достаточно информативными при изучении процессов накопления в зерне ячменя крахмала и липидов [7].

Значительные успехи были достигнуты в сфере генной инженерии ячменя. Генная трансформация осуществляется, главным образом, рутинными методами при помощи бомбардирования микрочастицами клеток щитка зерновки, или клеток незрелого зародыша, или культивирования микроспор пыльцы с агробактерией *Agrobacterium tumefaciens*.

Путем генной трансформации в геном ячменя были интегрированы гены, кодирующие клейковинные белки и другие белки пшеницы и кукурузы. Получены генетические линии ячменя с повышенным составом антиоксидантов (токолы и проантоцианидины). Созданы трансгенные линии ячменя, в зерне которых синтезируется животный белок – коллаген, на основе которого изготавливается желатин.

Наряду с успехами молекулярной генетики и генной инженерии еще не исчерпали свои возможности многочисленные и достаточно эффективные методы протеомики. Ведь протеомика, в отличие от статичных объектов, которые изучает геномика, оперирует динамичными объектами (генными продуктами): белками, ферментами и другими составными экспрессии генов.

Чрезвычайно эффективным методом, позволяющим идентифицировать отдельные белки и ферменты зерна является метод электрофореза в гелевых носителях и особенно – двухмерный (2D). Метод дает возможность в одном аналитическом процессе одновременно идентифицировать отдельные компоненты запасных белков ячменя – гордеинов,  $\beta$ -амилазы и другие белки, имеющие отношение к признакам кормового, пищевого и пивоваренного качества зерна ячменя [8].

Не потеряли своего значения и традиционные методы изучения и оценки качества ячменя. Не утратили своего значения обычные рутинные показатели по составу свободного аминного азота, индекс Кольбаха (отношение растворимого / общего азота) и другие. Для определения этих показателей, как правило, используют автоматические микросолодовни компании Phoenix Biosystems (Австралия) со стандартными для каждой страны режимами микросоложения.

Одним из направлений широкого использования зерна ячменя является изготовление перловой крупы. Для качества этой крупы имеет значение твердость и белизна эндосперма зерновки. Среди показателей зерна, влияющих на твердость зерна, ведущее место принадлежит содержанию белка в зерне. Установлено также, что содержание  $\beta$ -глюканов имеет еще большее влияние на твердость зерна, чем содержание белка [9].

В последнее время пищевое значение все больше приобретает голозерный ячмень, поскольку зерно такого ячменя не имеет пленки и может быть использовано в каком-либо технологическом процессе: помол на муку, крупы, изготовление хлопьев, частичное проращивание зерна, лопающееся зерно и т.д. При переработке зерна голозерного ячменя в изготовленных из него пищевых продуктах сохраняются все его полезные компоненты:  $\beta$ -глюканы, токолы и проантоцианидины, которые делают голозерный ячмень чрезвычайно ценным сырьем для диетического и детского питания. Например, в Корее, Японии, Канаде, США, в странах ЕС голозерный ячмень – один из основных

злаков для изготовления: муки обыкновенной, муки солода, хлопьев с зерна и солода, отруби, медового солода, хлеба, спагетти, булгура, кондитерских изделий, молотого ферментированного зерна с молоком, напитков на основе солода и другого.

Особого внимания заслуживают  $\beta$ -глюканы эндосперма ячменя. Они составляют 70-75% сухой массы стенок клеток эндосперма, или 5-6% массы зерна. Для сравнения пшеничное зерно содержит их в 30 (!) раз меньше. Они представляют собой разновидность легкорастворимой клетчатки и входят в семейство высокомолекулярных полисахаридов. В водных растворах они имеют высокую плотность благодаря их большой молекулярной массе чрезвычайно ассиметрической конфигурации молекул и не ковалентному взаимодействию полиглицозидных цепей. Именно плотность водных растворов  $\beta$ -глюканов является главной физической характеристикой этих уникальных соединений. Их диетическая ценность состоит в том, что их присутствие в тонком кишечнике приводит к существенному снижению холестерина в плазме крови. Они являются превентивным фактором против раковых заболеваний кишечника, помогают предотвращать повышение сахара в крови сразу после приема пищи. Следовательно, их присутствие – важное профилактическое условие против трех смертоносных болезней столетия: сердечно-сосудистых, рака внутренних органов, сахарного диабета.

Не менее диетически ценным, чем  $\beta$ -глюканы, являются токолы, принадлежащие к группе жирорастворимых витаминов (E). В масле из зерна ячменя найдены восемь изомеров токолов (4 токоферолы и 4 токотриенолы). Они играют чрезвычайно важную роль в регулировании холестерина в крови человека. Токолы имеют высокую активность и как антиоксиданты, блокирующие вредные для организма перекисные реакции липидов клеточных мембран. Интересно, что голозерный ячмень с геном *Waxy* и нулевым содержанием амилазы в крахмале имеет повышенное содержание как  $\beta$ -глюканов, так и токолов.

Таким образом, несмотря на относительно простой цитологический статус диплоидного ячменя с числом хромосом только 14, это злак с чрезвычайно высоким генетическим полиморфизмом признаков качества зерна. В связи с этим селекция сортов ячменя определенного назначения по качеству зерна требует использования комплекса биохимических и молекулярно-генетических лабораторных процедур. И если методологию селекции и оценки селекционного материала ячменя по показателям кормовой и пищевой ценности в комплексе с арсеналом лабораторных процедур еще можно представить, то методология селекции и сортоиспытания сортов пивоваренного направления является чрезвычайно сложной. В условиях современного селекционного центра, даже хорошо оборудованного, использование в реальном селекционном процессе перечисленных выше методов контроля показателей пивоваренного качества является чрезвычайно дорогим и практически невозможным. Ведь кроме придания сорту пивоваренного качества перед селекционером стоит главная задача – создать сорт конкурентный по урожаю зерна, адаптивный, устойчивый к болезням, стрессовым факторам среды и т.п.

Поэтому в селекционном процессе сортов пивоваренного направления продолжают использовать только наиболее простые и надежные показатели, которые зарекомендовали себя как способные выявить среди многочисленных селекционных линий образцы, которые имеют только пивоваренную ориентацию. Окончательная объективная оценка пивоваренных свойств сортов ячменя осуществляется в процессе сортоиспытания.



## Литература

1. E. Newbigin, A. Bacic, P. Langridge, G. Fincher. Functional genomics in the productivity and end-use quality of barley // Czech Journ. of Genetics and Plant Breeding – 2004, - V. 40, - P. 107.
2. A. Barr, J. Eglinton, H. Collins, E. Vassos, S. Roumeliotis. QTL for malting quality – a 25 piece Puzzle // Czech Journ. of Genetics and Plant Breeding – 2004, - V. 40, - P. 39.
3. P. Eckstein, C. Hay, B. Rossnagel, R. Lance, G. Scoles. Allele-specific markers and molecular diversity at the *Bmy 1* locus determining enzyme thermostability // Czech Journ. of Genetics and Plant Breeding – 2004, - V. 40, - P. 64.
4. M. Kihara, Y. Okada, W. Saito, N. Kawada, T. Kaneko, K. Ito. Impact of chromosome 5HL QTL on the malting quality and proteinase activity in malt // Czech Journ. of Genetics and Plant Breeding – 2004, - V. 40, - P. 99.
5. D. Prada, I. Romagosa, S. Ullrich, L. Cistue, J. Molina-Cano. Czech Journ. of Genetics and Plant Breeding – 2004, - V. 40, - P. 101.
6. N. Hirota, T. Kaneko, K. Ito, K. Takeda. Genetic variation of barley seed lipoxygenase-1: thermostability // Czech Journ. of Genetics and Plant Breeding – 2004, - V. 40, - P. 32.
7. K. Sato, N. Nankaku, Y. Motoi, K. Takeda. A large scale mapping of ESTs on barley genome // Czech Journ. of Genetics and Plant Breeding – 2004, - V. 40, - P. 40.
8. J. Chmelik, P. Rehulka. Investigation of barley proteome // Czech Journ. of Genetics and Plant Breeding – 2004, - V. 40, - P. 108.
9. T. Tohno-oka, N. Kavada, T. Yoshioka. Relationship between grain hardness and endosperm cell wall polysaccharides in barley // Czech Journ. of Genetics and Plant Breeding. – 2004, - V. 40, - P. 116.

УДК 633.16.004.12

## Оценка и требования к качеству зерна голозерного крупяного ячменя

### Estimation and Requirements to Grain Quality of Naked Groats Barley

Ю. В. КОЛМАКОВ,  
Н. И. АНИСЬКОВ,  
ГНУ СибНИИСХ СО РАСХН

e-mail: sibniish@bk.ru

YU. V. KOLMAKOV, N.I. ANISKOV  
Siberian Research Agricultural  
Institute of Russian Agricultural  
Academy  
e-mail: sibniish@bk.ru

При оценке селекционного материала ячменя по выходу крупы оправдана и необходима дифференциация времени обработки в камере голлендра как по навескам используемого зерна, так и по пленчатым и голозерным сортам.

**Ключевые слова:** ячмень пленчатый и голозерный, доля мелкого зерна, время обработки, голлендр, содержание белка, цвет перловой крупы.

*The time differentiation of barley processing in the pearling mill both for samples of grain in use, and for chaffy and naked grades is justified and necessary at the estimation of material for selection of naked groats barley at the groats output.*

**Key words:** chaffy and naked barley, part of fine grain, processing time, pearling mill, protein content, pearl barley color.

При создании новых сортов ячменя крупяного назначения важно объективное изучение качества зерна для идентификации перспективных форм. Регламент качества заготовляемого и поставляемого зерна ячменя отработан действующим

ГОСТом 28672-90. Помимо ограничения в товарных партиях зерна этой культуры сорной и зерновой примеси, зависящей от уровня агротехники, стандарт регламентирует еще два показателя: натуру (не менее 630 г/л) и долю мелкого (проход сита 2,2 x 20 мм) зерна (не более 5%).

При государственном испытании новых сортов ячменя [1] узаконены требования по выравненности зерна (не менее 85%), выходу перловой крупы (не менее 44%) и оценке готовой каши (не менее 4,5 балла). Все эти показатели важны при подборе товарных партий зерна соответствующих (ценных) сортов для эффективной переработки в крупу. Регламентированные нормативы разрабатывались на пленчатых сортах ячменя. В последние годы в дополнение к пленчатым сортам селекционерами созданы принципиально новые голозерные. У таких сортов цветочные чешуи, закрывающие зерно, не сросшиеся с зерновкой, и при обмолоте отделяются. При переработке зерна не требуется затрачивать усилия на снятие пленок, что упрощает работу по производству крупы. Кроме того, для голозерных сортов типичен более высокий уровень натуре и значительная доля мелкого (более 30%), особенно у сортов с многорядным колосом. Все это обуславливает необходимость корректировки действующего стандарта и более углубленного изучения качества зерна таких сортов с позиций переработки.

В связи с этим нами были проведены исследования дина-

мики количества и качества получаемой из зерна пленчатого и голозерного ячменя перловой крупы в зависимости от продолжительности обработки и величины навески.

Опыт выполнялся по двум навескам зерна 25 и 50 г с обрушиванием в рабочей камере голлендра «Сатаки» при разном времени (от 4-х до 15 мин.). Для опыта взято зерно пленчатого сорта Омский 90 и двух голозерных – Омский голозерный 1 (двурядный колос) и Омский голозерный 2 (многорядный колос). Выход крупы определяли после ее взвешивания к исходной навеске подработанного (сход с сита 2,2 x 20 мм) зерна. Готовую крупу оценивали по цвету (визуально) и содержанию белка (методика И.М. Базавлука). Исходные показатели качества зерна трех сортов представлены в таблице 1.

Таблица 1

### Качество зерна сортов ячменя

Сорт	Масса 1000 зерен, г	Натура, г/л	Белок, %	Выравненность, %	Доля мелкого зерна, %
Омский 90	53,4	645	16,00	76,3	4,1
Омский голозерный 1	45,4	724	18,82	74,0	19,7
Омский голозерный 2	35,1	730	16,19	49,6	45,4

Довольно мелкозерный для культуры ячменя, многорядный сорт Омский голозерный 2 отличается низкой выравненностью на ситах 2,8 x 20 и 2,5 x 20 мм, а также значительной долей мелкого зерна. Несмотря на более крупное зерно, другой голозерный сорт также имеет около 20% мелкого – прохода через сито 2,2 x 20 мм. Этот уровень довольно типичен для голозерных сортов. При изучении более 40 коллекционных образцов голозерного ячменя в течение трех лет нами получено лишь около 29% (28,6) номеров с долей мелкого менее 5% и 71% номеров с долей мелкого от 5 до 47,6%, в т.ч. 19% с долей мелкого более 11%.

Результаты выполненных исследований на зерне трех сортов ячменя представлены данными таблицы 2.

Минимальное время обработки навески зерна в камере голлендра (4 мин.) обеспечило получение крупы со значительным недодиром оболочки по пленчатому сорту, а по голозерным сортам крупа была неоднородного грязного цвета. Варианты с обработкой зерна более 4-х, но менее 12 мин. способствовали получению лучшей крупы по ее визуальной оценке. Недобрушенная оболочка по бороздке и ее контрастирование на фоне белого эндосперма характеризовали эти варианты как не обеспечивающие в полной мере получение полноценной крупы. Увеличение времени обработки зерна в голлендре положительно повлияло на цветовую характеристику получаемой крупы сниженного выхода.

Поскольку при производстве крупы происходит снятие как оболочки, так и верхнего (алеиронового) слоя эндосперма содержание белка снижается. Так, даже при 4-х минутах обработки это снижение составило 0,44–2,06%. По пленчатому сорту понижение белковости в крупе было наибольшим 1,94–2,06%, а по голозерным 0,44–0,63 и 1,07–1,69% соответственно сортам.

В среднем по 8-ми вариантам времени обработки зерна в полученной из 50 г крупы белка было больше на 0,28 (Омский голозерный 1) – 0,51% (Омский 90). По выходу крупы преимущество было также за вариантами обработки большей навески зерна на 4,7 – 6,0% при одинаковой цветовой характеристике готовой продукции.

Снижение навески используемого для анализа зерна ячменя до 25 г способствует при том же времени обработки

понижению выхода крупы с меньшим содержанием в ней белка. Сокращая время обработки 25 г зерна по сравнению с навеской 50 г на 2 минуты (с 12-ти до 10-ти), можно сблизить получаемые выхода крупы и ее белковость, но при этом отмечается снижение цвета готовой крупы на 0,2–0,6 балла.

Таблица 2

### Количество и качество перловой крупы из зерна сортов ячменя при разном времени обработки

№ п/п	Время обработки зерна, мин.	25 г			50 г		
		Выход крупы, %	Белок, %	Цвет крупы, балл	Выход крупы, %	Белок, %	Цвет крупы, балл
<b>Омский 90</b>							
1	4	73,9	13,94	2,7	74,7	14,06	2,6
2	6	67,6	13,31	2,8	70,3	13,62	2,7
3	8	62,9	12,88	3,2	63,6	12,62	3,2
4	10	52,1	10,94	3,5	59,4	12,44	3,5
5	12	46,4	10,94	3,7	52,0	11,31	3,7
6	13	45,0	10,32	4,0	51,3	11,44	4,2
7	14	43,0	10,69	4,2	50,9	10,94	4,4
8	15	39,8	10,06	4,4	48,8	10,75	4,5
	среднее	53,8	11,64	3,6	58,9	12,15	3,6
<b>Омский голозерный 1</b>							
1	4	79,1	18,19	2,6	84,2	18,38	2,5
2	6	72,0	17,06	2,6	73,0	17,59	2,6
3	8	66,4	17,31	2,9	69,2	17,25	2,8
4	10	54,9	16,19	3,0	54,8	16,62	2,9
5	12	54,5	15,50	3,4	60,1	16,00	3,3
6	13	50,4	15,31	3,7	56,8	14,81	3,5
7	14	48,1	15,12	3,8	55,2	15,50	3,7
8	15	44,3	14,50	3,8	54,0	15,31	3,9
	среднее	58,7	16,15	3,2	64,7	16,43	3,2
<b>Омский голозерный 2</b>							
1	4	77,8	14,50	2,6	80,6	15,12	2,5
2	6	72,6	13,56	2,7	74,4	14,44	2,8
3	8	68,9	13,12	3,0	70,0	13,81	3,0
4	10	62,7	12,69	3,2	65,7	12,69	3,1
5	12	52,1	11,38	3,8	61,2	12,25	3,8
6	13	50,3	11,81	3,9	57,1	11,44	3,9
7	14	50,0	11,62	4,1	57,5	11,56	4,2
8	15	45,3	11,00	4,3	50,9	12,00	4,3
	среднее	60,0	12,46	3,4	64,7	12,91	3,4

Таким образом, при изучении селекционного материала ячменя по вынужденно уменьшенным навескам зерна и сокращенному времени обработки при определении выхода крупы достигается некоторое ухудшение ее товарного вида, особенно по голозерным сортам (на 0,3–0,6 балла).

На основе построения кривых динамики выхода крупы и ее цвета по данным трех сортов можно определить оптимальное время обработки разных навесок зерна в рабочей камере голлендра. При наличии на проведение этого анализа 50 г зерна время обработки в голлендре около 11 мин., а по 25 г зерна – менее 10 мин. Удлинение обработки по времени обуславливает потерю эндосперма в виде мучки и получение менее белковой, лучшего цвета крупы. Дифференциация времени обработки оправдана не только по разным навескам используемого зерна, но и по сортам. Сдерживающим фактором этому является, независимо от наличия пленки, бороздка зерновки – ее глубина. Этот морфологический признак при создании новых сортов селекционе-

ры должны учитывать, подбирая исходные формы и создаваемый материал с минимальной глубиной бороздки зерновки.

Учитывая наличие значительной доли мелкого зерна у сорта Омский голозерный 2, мы провели определение выхода крупы из разных фракций – по зерну сходом с сит 2,2 x 20; 2,0 x 20 и 1,8 x 20 мм. Если средний выход крупы из зерна сходом фракции с сита 2,2 x 20 мм был 61,6%, то из фракции 2,0 x 20 мм – 62,1%, а из фракции схода 1,8 x 20 мм – 62,4%. Выход продукции не снижается, а даже несколько повышается при меньших отходах зерна – проход через сито 2,2 x 20 мм – 49,6%; 2,0 x 20 мм – 27%; 1,8 x 20 мм – 2,9%.

Выявление крупных свойств селекционного материала ячменя с использованием голлендра основано на оптимиза-

ции времени обработки соответствующей навески зерна. При этом достигается больший выход крупы хорошего товарного вида с оправданным снижением белковости.

Переработка зерна более мелких фракций зерна голозерного ячменя, санкционированная послаблением по скорректированному в стандарте критерию мелкого (сход 2,0 x 20 мм), обеспечит повышение выхода перловой крупы востребованного качества на основе новых улучшенных голозерных сортов.

### Литература

1. Горпинченко Т.В. Оценка качества сортов зерновых, масличных культур и картофеля/Т.В. Горпинченко, В.В. Шмаль, В.Е. Ториков. М. 2007, С. 31-34.

УДК 633.14.004.12

## К вопросу о качестве зерна овса

## Contemplating the problem of Oats Grain Quality

**Г.А.БАТАЛОВА,**  
ГУ НИИСХ Северо-Востока  
РАСХН, г. Куров  
e-mail: g.batalova@mail.ru

**G.A. BATALOVA,**  
Agricultural Research Institute  
of North-East Region, Kirov  
e-mail: g.batalova@mail.ru

Овес – одна из наиболее важных и распространенных зерновых культур, как в мировом земледелии, так и в России. В период феодального развития и расширения России овес стал второй после озимой ржи культурой при освоении Сибири и завоевал азиатскую часть страны. В РФ производится 22 % мирового сбора зерна овса, в Канаде – 14 %, США – 7%, Польше – 6%, Австралии – 5 %.

Основные посевы овса в России сосредоточены в Сибирском, Приволжском и Центральном федеральных округах (табл. 1). Из административных территорий Сибирского ФО наибольшее производство зерна овса имеют Алтайский край – 511,2 тыс. т, Красноярский край – 522,4 тыс. т, Новосибирская область – 361,2 тыс. т; в Приволжском ФО – Республики Башкортостан, Татарстан и Самарская область (367,9; 211,6 и 191,6 тыс. т соответственно).

Таблица 1

### Посевные площади и валовые сборы зерна в весе после подработки

	Площади, тыс. га		Валовые сборы, тыс. т	
	2007 г.	2008 г.	2007 г.	2008 г.
Российская Федерация	3553,68	3564,34	5387,4	5831,7
Центральный ФО	539,24	555,96	792,1	1036,2
Северо-Западный ФО	58,26	62,22	104,0	102,4
Южный ФО	166,91	129,19	187,2	272,3
Приволжский ФО	872,74	962,63	1232,6	1697,7
Уральский ФО	336,63	350,43	551,1	534,9
Сибирский ФО	1476,0	1408,1	2385,1	2077,1
Дальневосточный ФО	103,44	95,79	135,4	111,0

Овес является ценнейшей зернофуражной культурой для лошадей, свиней, крупного рогатого скота и птицы, отличным предшественником для других культур, фитосанитаром почв. Он используется в виде целого или дробленого зерна, муки и отрубей. Зеленая масса идет на сочный корм, сено, силос, травяную муку, брикеты, как в чистом виде, так и в смеси с бобовыми культурами. При совместных посевах с бобовыми ценность овсяного корма увеличивается. В зерне овса возрастает содержание белка, повышается переваримость белка, жира, клетчатки и др.

Овес издревле являлся неотъемлемой частью быта человека, служил ему и пищей, и лекарственным средством. Зерно овса – ценное сырье для изготовления различных видов круп, овсяных хлопьев, муки, толокна, кондитерских изделий, производства детского и диетического питания. Овсяная мука используется в качестве добавки при выпечке пшеничного хлеба, поджарки успешно заменяют картофель и рис в приготовлении традиционных блюд. Овсяные продукты используют для производства различных пищевых концентратов, загустителей для супов, соусов, наполнителей для паштетов.

Селекционная работа с овсом в России была начата в конце XIX столетия и основывалась первоначально на местных крестьянских, низкоурожайных, в основном мелкозерных формах. В настоящее время исследования по овсу сосредоточены преимущественно в 15 селекционных центрах и направлены на создание сортов нового поколения, сочетающих высокую урожайность и качество зерна с устойчивостью к биотическим и абиотическим факторам внешней среды.

На 2009 г. в Госреестр охраняемых селекционных достижений, допущенных в производство по РФ, включено 80 со-



ртов овса ярового, в том числе 5 сортов голозерного типа. Овес голозерный, наряду с пленчатым, приобретает все большее значение для сельскохозяйственного производства и перерабатывающей промышленности. Он может использоваться на кормовые и пищевые цели без предварительной обработки, что значительно снижает трудовые затраты и стоимость продукции. Выход крупы из голозерного овса составляет 88-89%, из пленчатого — 48-58%.

Использование голозерного овса позволяет сократить расход сои при откорме поросят на 20% [1], денежный доход на каждый килограмм прироста живой массы увеличивается на 3,0 - 3,5%. При включении его в рационы кур-несушек увеличивается их яйценоскость, дополнительная прибыль достигает 250 долларов в расчете на 1000 голов и позволяет заменить в рационах часть зерна кукурузы и пшеницы [2].

Урожайный потенциал современных голозерных сортов оценивается на уровне 50 ц/га и более [3-4]. В 2009 г. на государственное сортоиспытание передан новый сорт овса голозерного Першерон (ГУ НИИСХ Северо-Востока), сочетающий высокие урожайность (59,3 ц/га) и качество зерна (белок - 15,09%, жир - 5,62%, крахмал - 58,77%) с устойчивостью к осыпанию и полеганию, повреждению шведской мухой, полевой устойчивостью к поражению корневыми гнилями.

Содержание белка в основных районированных пленчатых сортах овса составляет в среднем 11-14%, максимальное содержание у возделываемых сортов может достигать 20% [5], а у сорно-полевых гексаплоидных видов овса — до 27...28% и даже до 35% [6] в пересчете на беспленчатое зерно. Количество усвояемых белков овса составляет 90...95% от всего белка, содержащегося в зерне. Среди образцов коллекции ВИР выделены формы с содержанием белка до 18-23 % и более (табл. 2).

Таблица 2

#### Характеристика дикорастущих видов овса (*Avena L.*) по содержанию белка и масла в зерне [7]

Вид	Содержание, %		Вид	Содержание, %	
	белка	масла		белка	масла
<i>A. ventricosa</i>	15,4	8,7	<i>A. barbata</i>	20,2	7,2
<i>A. clauda</i>	10,2	8,9	<i>A. vaviloviana</i>	17,3	6,8
<i>A. pilosa</i>	9,7	10,4	<i>A. magna</i>	21,9	7,6
<i>A. longiglumis</i>	22,1	7,6	<i>A. murphy</i>	19,1	8,9
<i>A. canariensis</i>	14,7	11,2	<i>A. fatua</i>	17,4	9,1
<i>A. wiesti</i>	17,9	8,8	<i>A. occidentalis</i>	19,8	7,8
<i>A. hirtula</i>	13,7	7,4	<i>A. ludoviciana</i>	17,5	9,8
<i>A. atlantica</i>	20,1	7,6	<i>A. sterilis</i>	21,9	8,0
			<i>A. sativa</i>	14,5	6,8

Для овса характерно наилучшее для зерновых культур соотношение аминокислот, в основном объясняемое тем, что доминирующими фракциями овса являются глобулины. Белки глобулиновой фракции наиболее богаты незаменимыми аминокислотами: треонином — 3,3%, триптофаном — 1,9%, валином — 5,3% и другими аминокислотами [8].

Характерной особенностью зерна овса является высокое содержание жиров (3...11%), в 2-3 раза больше, чем у других зерновых. При селекционном улучшении этот показатель возможно повысить в 1,5 раза. Содержание жира 16,4% отмечено у некоторых средиземноморских овсюгов. Овес является уникальным видом среди зерновых, поскольку более 50% общего жира семян отлагается в крахмалистом эндосперме, а не в зародыше развивающейся зерновки [9]. Овсяные масла более стойки к окис-

лению, что связано с низким содержанием линолевой кислоты. В масле овса выделено десять высокомолекулярных карбоновых кислот, две из них (линолевая и линоленовая) являются незаменимыми для человека и животных. Суммарное количество линолевой, олеиновой и пальмитиновой кислот достигает 90...95%, стеариновой и линоленовой — по 1...4%, что указывает на его высокие пищевые качества [10].

Основную часть зрелого зерна овса составляют углеводы. Крахмал овса характеризуется уникальными химическими, физическими и структурными особенностями. Содержание его колеблется от 36 до 59%. По своей структуре он ближе всего стоит к наиболее крахмалистой культуре — рису и отличается от крахмала пшеницы и других зерновых культур [11]. Он богат некрахмалистыми полисахаридами, особенно водорастворимыми или β-глюканами, который определяет диетические и лечебные свойства овса, такие, как снижение содержания холестерина в крови. Овес, наряду с ячменем, по содержанию β-глюканов в зерне превосходит рожь и пшеницу (табл. 3) и имеет большую долю его растворимой формы. Содержание β-глюканов в зерновке овса на 80% определяется сортовыми особенностями и составляет 3,8...8,5% [12]. Это указывает на перспективность селекции в данном направлении. В настоящее время созданы сорта овса с повышенным содержанием β-глюканов: Кировец - 5,1%, Факир - 4,9%, Аргамак - 4,8% (Россия, НИИСХ Северо-Востока), Спринт - 5,0% (Россия, УралНИИСХоз), Marion - 5,7% (США).

Таблица 3

#### Содержание β-глюканов в зерне различных культур [13]

Материал	Содержание β-глюканов, %			
	овес	ячмень	рожь	пшеница
Зерно	3,8...4,0	3,9...4,5	2,3...2,6	0,6...0,7
Зерно	4,8...6,6	4,4	1,2...2,9	1,2...1,4
Эндосперм	1,4...2,3	3,7...4,5	1,5...2,0	0,2...0,4
Отруби	9,6	-	-	-

Известно, что пшеница, рожь и ячмень не пригодны для питания лиц, больных целиакией, в силу непереносимости одного из компонентов белка злаковых — проламина. Основным методом лечения является пожизненная диета, при которой исключаются все продукты с этими злаками. Полученные в институте растениеводства им. Н.И.Вавилова и ВНИИ жиров данные свидетельствуют, что почти у половины больных этим заболеванием отсутствуют антитела, способные связываться с белками пленчатого сорта овса Аргамак и ряда голозерных сортов.

Наряду с селекцией важнейшим фактором повышения качества зернофуража является технология возделывания. Значительный вклад в формирование высокого и качественного урожая продукции вносит рациональное использование минеральных удобрений и подбор предшественников. При посеве по пласту клевера содержание белка в зерне овса увеличивается относительно посевов по озимой ржи на 2,39% в среднем по сортам овса пленчатого типа, для голозерных сортов — на 0,58%. В абсолютном выражении показатель варьирует у пленчатых сортов при посеве по озимой ржи от 8,09% до 9,84%, по пласту клевера — от 10,73% до 13,56%. У голозерных сортов содержание белка в зерне составило по предшественнику озимая рожь 13,80 - 15,59%, клевер — 14,98 - 16,20.

### Заключение

Овес наряду с ячменем является ценной продовольственной и зернофуражной культурой. Его использование позволяет формировать полноценный рацион для различных групп животных и птицы. Современные сорта и технологии, а также расширение производства, наряду с традиционным пленчатым овсом, овса голозерного позволяет увеличить выход ценных диетических продуктов питания, повысить производство продукции животноводства, ее качество и экономические показатели деятельности отрасли.

### Литература

1. Kobylansky V.D., Rodionova N.A., Kūūts H.D. The valuable donors for quality improvement in oat breeding // Proc. 3rd Intern. Oat Conf. Lund. Sweden, July 4-K-8. 1988. P.134-136.
2. Халецкий С.П., Сорока С.В., Ковтун В.М., Сорока Л.И., Надточаева С.В., Власов А.Г. Технология получения высокой урожайности овса. // Современные ресурсосберегающие технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси: сборник научных материалов, 2-е изд., доп. и перераб. / РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». Минск: ИВЦ Минфина, 2007. С. 158-164.
3. Vazel H., Lichtenfeld H., Lohse G., Stelzner C. Zur Produktionseinführung und Saatgutproduktion von Nackhafer (*Avena nuda*) in der DDR // Qualitätssaatgut – Produktion und Ertragsbeeinflussung. Halle (Saale). 1988. P.423-429.
4. Баталова Г.А. О завершенных научных разработках по селекции овса // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. Киров. 2009. № 4 (15). С. 14-19.
5. Souza E., Sorrells M.E. Inheritance and distribution of variation at four avenin loci in North American oat germplasm // Genome. 1990. V.33.
6. Frey K.J. Protein of Oats // A paper presented at the third munkebjerg meeting of the cereals Section of EUCARPIA. 25-26. XX. 1976.
7. Лоскутов И.Г. Видовое разнообразие и селекционный потенциал рода *Avena* L. // Дисс. ... д-ра биол. наук. Санкт-Петербург: ВИР. 2003. 38 с.
8. Кретович В.Л. Биохимия растений. М.: Высшая школа. 1980. 445 с.
9. Peterson D.M., Wood D.F. Composition and structure of high-oil oat // Cereal Sci. 1997. Vol. 26. P. 121-128.
10. Karow R.S. Oil composition in parental, F<sub>1</sub>, and F<sub>2</sub> populations of two oat (*Avena sativa* L.) crosses // MSc Thesis. University of Wisconsin. Madison. 1980.
11. Baker R.J., McKenzie R.I.H. Heritability of oil content in oats, *Avena sativa* L. // Crop Science. 1972. Vol.12. № 2. P. 201-202.
12. Saastamoinen M., Hietaniemi V., Pihlava J.-M. et al.  $\beta$ -glucan contents of groats of different oat cultivars in official variety, in organic cultivation, and in nitrogen fertilization trials in Finland // Agric. Food Sci. 2004. V.13. P.68-79.
13. Michniewicz J. Inne polisacharydy nieskrobiowe // in: H. Gasiowski (ed.) Owies chemia I technologia. Poznan, 1995. P.62-68.

УДК 633.14.004.12

## Фракционная технология подработки озимой ржи для формирования партий зерна с улучшенными хлебопекарными свойствами или с повышенным содержанием крахмала

### Fractional Technology of Winter Rye Treatment for Formation of Grain Parties having Improved Baking Properties or Increased Amylum Content

Н.К. ЛАПТЕВА,

ГУ НИИСХ Северо-Востока  
им. Н.В. Рудницкого РАСХН  
e-mail: utkina.e.i@mail.ru

N.K. LAPTEVA,

Agricultural Research Institute  
of North-West Region named  
after N.V. Rudnitsky  
e-mail: utkina.e.i@mail.ru

В работе показана роль фракционной технологии подработки озимой ржи в формировании партий зерна с определенным изменением в лучшую сторону заданных показателей. Хлебопекарные свойства можно улучшить, удалив из помольной партии зерно крупных размеров (толщиной 2,5 мм и более). В производстве крахмалопродуктов, наоборот, необходимо использовать зерно крупных и средних фракций, удалив с помощью сортировальных машин мелкую фракцию зерна толщиной менее 2,0 мм, что позволит увеличить содержание крахмала в сырье.

**Ключевые слова:** озимая рожь, фракции зерна, число падения, хлебопекарные свойства, содержание крахмала.

*The role of fractional technology of winter rye treatment for formation of grain parties having certain change to the best set of indicators is shown in the article. Baking properties can be improved, having removed the large sized grain (thickness of 2,5 mm and more) from milling blend. On the contrary in amyllum products manufacture it is necessary to use grain of large and average fractions, having removed small fraction of grain in the thickness less than 2,0 mm using sorting machines that will allow to increase the amyllum content in raw materials.*

**Key words:** winter rye, grain fractions, falling number, baking properties, amyllum content.

Хлебопекарные свойства и биохимический состав ржаной муки определяются свойствами зерна, из которого эту муку производят. Качество же формируемого растениями озимой ржи зерна наряду с влиянием почвенно-климатических условий, факторов технологии возделывания и уборки в значительной степени определяется также сортовыми особенностями культуры [1–3]. В определенной

степени эти показатели связаны и с массой 1000 зерен (масса зерна, как известно, имеет тесную положительную корреляцию с его размерами). Зерно определенных размеров по толщине зерновки легко может быть выделено в помольную партию в результате фракционной технологии его подработки.

Вместе с тем хлебопекарные свойства ржаной муки тесно связаны с состоянием углеводно-амилазного комплекса зерна, из которого ее производят (число падения, высота амилограммы и другие). На отрицательную корреляционную связь между массой 1000 зерен озимой ржи и числом падения, высотой амилограммы, а также формоустойчивостью произведенного подового хлеба, указывается в ряде работ [3–5].

В НИИ сельского хозяйства Северо-Востока в 2002–2007 гг. проводились исследования по изучению хлебопекарных свойств ржаной муки в зависимости от фракционного состава зерновой массы, из которой эта мука производится. Зерно сортов озимой ржи конкурсного сортоиспытания и питомников размножения первого года (всего – 90 сортов-бразцов урожая 2002–2006 гг.) с помощью лабораторных решет разделялось на три фракции по толщине: крупную – от 2,5 до 3,0 мм, среднюю – от 2,0 до 2,5 мм и мелкую – от 1,7 до 2,0 мм. В каждой фракции зерна определяли число падения, высоту амилограммы, температуру и скорость клейстеризации водно-мучной суспензии. Из ржаной обдирной муки, полученной из зерна различных фракций сортов Вятка 2 и Фаленская 4 (с питомников Р<sub>1</sub>), были проведены лабораторные выпечки хлеба по методикам ГосНИИХП (С-Пб филиал) и ВНИИЗ.

Установлено, что во все годы исследований число падения и высота амилограммы почти у всех изучавшихся сортов озимой ржи были выше у средней фракции зерна: при толщине зерновки от 2,0 до 2,5 мм (табл. 1). Такая закономерность не проявилась лишь в отдельные годы у нескольких сортов (Дымка, Рушник, Синтетик 2).

В среднем за 5 лет число падения у средней фракции зерна ржи по сортам составило 209 с (1<sup>й</sup> класс качества), тогда как у мелкой и крупной – соответственно 192 и 177 с (2<sup>й</sup> класс качества). Мелкая фракция зерна ржи по числу падения имеет преимущество перед самой крупной фракцией:



разница в среднем за годы исследований составила 32 с, что математически достоверно. Аналогичная закономерность между фракциями зерна прослеживается и по высоте амилограммы: если у средней фракции в среднем за 5 лет по сортам она составила 490 е. а., то у мелкой и крупной фракций – соответственно 439 и 387 е. а.

Данные по числу падения и высоте амилограммы подтверждаются показателями температуры и скорости клейстеризации водно-мучной суспензии, а также расчетами коэффициентов линейной корреляции. Установлено, что между изменениями средних размеров зерна ржи по толщине от 1,75 до 2,25 мм (от мелкой до средней фракции) и числом падения существует слабая положительная связь ( $r = 0,14 \pm 0,02$ ). В то же время между дальнейшим увеличением средних размеров зерна ржи по толщине: от 2,25 до 2,75 мм (от средней до крупной фракции) и числом падения, а также высотой амилограммы зависимость уже отрицательная ( $r = -0,32 \pm 0,02$ ;  $r = -0,25 \pm 0,02$ ).

Таблица 1

**Состояние углеводно-амилазного комплекса зерна озимой ржи в зависимости от фракционного состава зерновой массы (НИИСХ Северо-Востока, 2002-2006 гг.)**

Годы	Количество сортов-образцов	Число падения, с				Высота амилограммы (h), е. а.			
		фракции зерна по толщине, мм							
		общая	мелкая (1,7 – 2,0)	средняя (2,0 – 2,5)	крупная (2,5 – 3,0)	общая	мелкая (1,7 – 2,0)	средняя (2,0 – 2,5)	крупная (2,5 – 3,0)
2002	7	214	212	225	188	785	771	818	631
2003	7	214	209	235	204	509	481	593	501
2004	21	213	204	224	196	437	421	481	359
2005	25	191	181	202	174	234	237	247	209
2006	30	147	155	159	124	282	284	311	235
Среднее за 2002-2006 гг.		196	192	209	177	449	439	490	387
Коэффициенты корреляции (r)		–	0,14* ± 0,02	–0,32** ± 0,02	–	0,08 ± 0,02	–	–0,25** ± 0,02	–

\* - значимо на уровне 0,05

\*\* - значимо на уровне 0,01

НСР<sub>05</sub> по числу падения – 9,0 с

НСР<sub>05</sub> по высоте амилограммы – 53,4 е. а.

Усредненные за 2004-2006 гг. показатели качества хлеба, произведенного по методике ВНИИЗ из муки 87%-ного выхода различных фракций зерна сорта Вятка 2, представлены в таблице 2. По пористости и удельному объему хлеба лучшие показатели получены при использовании зерна средней фракции (соответственно 48,3% и 1,37 см<sup>3</sup>/г). Наиболее высокие показатели по формоустойчивости хлеба (0,49...0,51) отмечены у образцов из мелкой и средней фракций зерна.

Аналогичные результаты получены и по хлебу из муки различных фракций зерна сорта Фаленская 4.

Исследования позволяют сделать вывод, что при необходимости улучшения хлебопекарных свойств зерна ржи можно использовать дополнительную фракционную технологию его подработки, удалив с помощью сортировальных машин крупную фракцию зерна, оставив для переработки на хлебопекарные цели только зерно средних и мелких размеров. Этот способ позволит увеличить число падения сформированной таким образом партии зерна на 15-32 с и в ряде случаев даже повысить класс качества.

Для производства крахмала и его гидролиза с целью получения сахаристых продуктов наиболее пригодны сорта ржи с высоким содержанием крахмала и низким – протеина и пентозанов.

Таблица 2

**Усредненные показатели качества хлеба из муки различных фракций зерна озимой ржи сорта Вятка 2 (НИИСХ Северо-Востока, питомники Р<sub>1</sub>, урожай 2004-2006 гг., выпечки по методике ВНИИЗ)**

Фракции зерна по толщине	Влажность, %	Кислотность, град.	Пористость, %	Удельный объем, см <sup>3</sup> /г	Формоустойчивость (Н/Д)
мука из зерна разных фракций сорта Вятка 2					
общая	47,0	7,4	48,2	1,35	0,47
мелкая □ 1,7...2,0 мм	47,4	8,6	47,7	1,34	0,49
средняя □ 2,0...2,5 мм	47,0	9,1	48,3	1,37	0,51
крупная □ 2,5...3,0 мм	47,3	8,2	46,5	1,34	0,46

В НИИСХ Северо-Востока в 2002...2008 гг. проводилась оценка сортов озимой ржи, а также различных фракций зерна этих сортов по содержанию крахмала. Всего исследован 141 сортообразец озимой ржи, которые выращены в экологическом сортоиспытании института. Разделение зерна на фракции проводилось так же, как и при изучении хлебопекарных свойств.

Результаты анализов показали, что во все годы исследований у большинства сортов озимой ржи содержание крахмала возрастало прямо пропорционально увеличению размеров зерна и наоборот. В среднем за 7 лет в крупной фракции зерна содержание крахмала составило 57,73% (на абсол. – сухое вещество), в средней – 56,31%, в мелкой – 53,92% (табл. 3). Увеличение содержания крахмала в средней фракции зерна по сравнению с мелкой составило 2,39%, в крупной – по сравнению со средней – 1,42%. Разница по этому показателю между крупной и мелкой фракциями – 3,81%.

Коэффициент корреляции между размерами зерна по толщине и содержанием крахмала в нем по годам колебался от 0,34 до 0,54, составив в среднем за 7 лет 0,40 ± 0,02. Корреляция между изменением толщины зерновки от средних до крупных размеров с содержанием крахмала была слабой ( $r = 0,16 \pm 0,015$ ), тогда как при изменении от мелких до средних размеров – средней ( $r = 0,35 \pm 0,01$ ).

На основании 7-летних (2002-2008 гг.) исследований можно сделать заключение: в крахмалопаточном производстве необходимо использовать зерно крупных и средних фракций зерна озимой ржи, удалив с помощью сортировальных машин мелкую фракцию зерна толщиной менее 2,0 мм. Это позволит увеличить содержание крахмала в сырье как минимум на 2,39%.

Эти результаты подтверждены данными совместных с ВНИИ крахмалопродуктов исследований при переработке различных фракций зерна сортов Вятка 2, Фаленская 4 и ряда других сортов на лабораторной установке «завод на столе» [6]. Исследованиями 2004-2008 гг. (в ВНИИ крахмалопродуктов) показано, что зерна мелкой фракции ржи содержат меньше крахмала, больше золы, водорастворимых веществ и клетчатки, чем общая и крупная фракции, поэтому они не рекомендуются для производства крахмала.

Таблица 3

Содержание крахмала в зависимости от фракционного состава зерна озимой ржи в % на абсол.- сухое вещество (НИИСХ Северо-Востока, урожай 2002-2008 гг.)

Годы	Количество сортов	Содержание крахмала в различных фракциях зерна по толщине				Коэффициенты корреляции, r
		общая	крупная □(2,5 – 3,0) мм	средняя □(2,0 – 2,5) мм	мелкая □(1,7 – 2,0) мм	
2002	5	не опред.	58,75	56,48	56,21	0,37 ± 0,26
2003	34	не опред.	56,07	55,27	52,49	0,34 ± 0,09
2004	15	не опред.	59,81	57,73	55,35	0,50 ± 0,13
2005	20	53,08	55,57	53,68	52,15	0,50 ± 0,11
2006	18	56,22	57,23	56,18	53,29	0,54 ± 0,05
2007	20	58,78	60,32	59,56	55,12	0,46 ± 0,05
2008	29	55,21	56,38	55,28	52,81	0,47 ± 0,04
Среднее за 2002-2008 гг.	141	55,82*	57,73	56,31	53,92	0,40 ± 0,02
Коэффициент корреляции (2002-2008 гг.)			r = 0,16 ± 0,015		r = 0,35 ± 0,012	

Примечание: \* - среднее за 2005-2008 гг.

### Литература

1. Кедрова Л.И. Селекция озимой ржи в Северо-Восточном регионе Европейской части России: Диссертация в виде научного доклада на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук. – Санкт-Петербург, 2000. – 64 с.
2. Кобылянский В.Д., Блинова Е.В. Исходный материал озимой ржи для селекции на качество зерна // Селекция, семеноводство и сортовая технология на Северо-Востоке Европейской части России. – Киров, 2001. – С. 59-69.
3. Исмагилов Р.Р., Галикеев А.Г., Аюпов Д.С. Качество зерна сортов озимой ржи в условиях Башкортостана // Озимая рожь: селекция, семеноводство, технологии и переработка – Материалы международной научно-практической конференции. – Киров, 2003. – С. 142 – 143.
4. Бебякин В. М., Пискунова Г. В. О сопряженности признаков качества зерна у озимой ржи // Селекция и семеноводство. – 1998. – № 3. – С. 9 – 12.
5. Урбан Э. П., Михновец Т. В., Бирюкович Т. В. Оценка хозяйственно-ценных признаков сортов озимой ржи в условиях Беларуси // Озимая рожь: селекция, семеноводство, технологии и переработка. – Материалы Международной научно-практической конференции. – Киров. – 2003. – С. 74 – 77.
6. Андреев Н. Р., Авдеев А. Н. Новые технологии переработки зерна озимой ржи на крахмал и крахмалопродукты / Озимая рожь: Селекция, семеноводство, технологии, переработка (г. Саратов, 5-6 июля 2006 г.) // Материалы научно-практической конференции – Саратов. – 2008 г. – С. 81-84.

УДК 633.14 «324»:004:12

## Разграничивающая способность показателей вискографа и их согласованность с характеристиками качества зерна озимой ржи

### Demarcation Ability of Visco-Graph Indexes and Their Coordination with Tests of Winter Rye Grain Quality

Т.Б. КУЛЕВАТОВА, В.М. БЕБЯКИН,  
С.В. ОСИПОВА,  
ГНУ НИИСХ Юго-Востока РАСХН,  
г. Саратов  
e-mail: raiser\_saratov@mail.ru

T.B. KULEVATOVA, V.M. BEBYAKIN,  
S.V. OSIPOVA,  
Agricultural Research Institute of South-  
East Region, Saratov  
e-mail: raiser\_saratov@mail.ru

Обсуждены генотипические различия по показателям вискографа и показана взаимосвязь между компонентами вискограммы и характеристиками качества зерна озимой ржи.

**Ключевые слова:** вязкость суспензии, скорость изменения вязкости, натурная масса зерна, объемный выход хлеба, корреляция.

Genotypic differences by Visco-Graph indexes were discussed and correlation between ones and indexes of winter rye grain quality was shown.

**Key words:** suspension viscosity, velocity of viscosity change, grain nature mass, volume of bread cast, correlation.

### Введение

Хлебопекарные качества ржи зависят в основном от состояния углеводно-амилазного комплекса зерна, и в частности, от особого свойства компонентов зерна (крахмал, белки, пентозаны) набухать при смешивании с водой. Высокое водопоглощение ржаной муки увеличивает выход теста, способствует лучшему его подъему [1]. Водорастворимые пентозаны, содержание которых у ржи значительно выше, чем у других хлебных злаков, играют каркасообразующую роль в ржаном хлебе и поэтому определение их количества и гидратационных свойств чрезвычайно важно. Определение количества пентозанов, основанное на их гидролизе до пентоз, с последующим отщеплением воды и образованием фурфурола очень трудоемкое, поэтому использование его при оценке селекционного материала проблематично [2]. Поиск новых методик оценки селекционного материала, которые давали бы наиболее полное представление о гидрофильности некрахмальных полисахаридов зерна ржи, очень актуален. Наряду с максимальной высотой амиллограммы и температурой гелеобразования крахмала показатели «кривой набухания» дают представление о кинетике набухания компонентов зерна и позволяют в известной мере прогнозировать хлебопекарные качества ржи.

Экспериментально установлено [3], что генотипические различия по показателям вискографа могут превосходить различия, вызванные изменениями условий формирования и налива зерна. В связи с этим представлялось необходимым изучить разграничивающую способность показателей вискографической оценки и согласованность их с другими показателями качества зерна.

### Материал и методика

В качестве экспериментального материала привлекали 16 сортов и популяций озимой ржи, выращенных в контрольном питомнике ГНУ НИИСХ Юго-Востока (2005–2006 гг.). Цельнозерновое зерно (шрот) анализировалось на ротационном вискографе фирмы «Vrabender» (Германия) в различных температурном режиме. Оценивались следующие характеристики: начальная вязкость суспензии ( $BC_0$ ), вязкость суспензии после 3 и 7 минут нагревания ( $BC_{3,7}$ ), вязкость суспензии после 40 минут эксперимента ( $BC_{40}$ ), скорость изменения вязкости на начальном этапе ( $\bar{V}_0$ ), скорость изменения вязкости за 40 минут ( $\bar{V}_{40}$ ), средняя скорость изменения вязкости в опыте ( $\bar{V}_{43,47}$ ) и площадь, ограниченная кривой вискографа ( $S$ ). О физических свойствах зерна судили по массе 1000 зерен, а о хлебопекарных – по объемному выходу формового и подового хлеба ( $V_f, V_n$ ), высоте и диаметру подового хлеба ( $h, d$ ) и по отношению ( $h/d$ ). Микровыпечку хлеба проводили по методике ВИРА [4].

### Результаты исследований

Показатели качества зерна, рекомендованные для оценки селекционного материала, должны обладать высокой дифференцирующей способностью. В связи с этим были проведены соответствующие расчеты. Установлено, что все показатели вискографа, и особенно такие, как скорость изменения вязкости на начальном этапе испытаний и вязкость суспензии после 3 и 7 минут нагревания, хорошо разграничивают сортообразцы независимо от условий года и температурного режима (табл. 1). Что же касается характеристик качества хлеба, то их разграничивающую способность нельзя признать удовлетворительной (см. примечание к табл. 1).

Корреляционный анализ показал, что отдельные параметры вискограммы неплохо сбалансированы с массой 1000 зерен и с натурной массой зерна. Наиболее тесная взаимосвязь при 30°C прослеживается между массой 1000 зе-

рен с одной стороны и вязкостью суспензии после 3 и 7 минут испытания, средней скоростью изменения вязкости и площадью, ограниченной «кривой набухания» – с другой (табл. 2). При повышенной температуре (42°C) массой 1000 зерен связана лишь только начальная вязкость суспензии ( $BC_0$ ). Высокая и достоверная корреляция выявлена между натурной массой зерна и показателями вискографа ( $BC_0, BC_{3,7}; BC_{40}, \bar{V}_0, S$ ) при нагревании суспензии до 42°C. При пониженной температуре испытаний (30°C) с натурой зерна согласовывается скорость изменения вязкости на начальном этапе (табл. 2).

Таблица 1

### Разграничивающая способность показателей вискографа по коэффициенту межсортовой вариации (CV), в зависимости от условий года и от температуры испытания суспензии, %

Показатели	2005г.		2006г.	
	30	42	30	42
$BC_0$	42,0	34,0	33,0	23,0
$BC_{3(7)}$	46,0	50,0	33,0	35,0
$BC_{40}$	39,0	34,0	24,0	29,0
$\bar{V}_0$	100,0	89,8	65,2	84,9
$\bar{V}_{40}$	37,3	25,2	23,5	26,5
$\bar{V}_{43,47}$	43,3	67,2	25,4	36,5
$S$	42,0	40,0	27,0	32,0

Примечание. Коэффициент межсортовой вариации (%):  $V_f - 6,0$ ;  $V_n - 6,0$ ;  $h - 6,0$ ;  $d - 3,0$ ,  $h/d - 0,6$  (2005г.) и соответственно: 5,0; 5,0; 1,0; 3,0; 5,4 (2006г.).

Таблица 2

### Коэффициенты корреляции (r) между показателями вискографа и характеристиками физических свойств зерна

Показатели	2005г.				2006г.			
	Масса 1000 зерен		Натурная масса зерна		Масса 1000 зерен		Натурная масса зерна	
	30°C	42°C	30°C	42°C	30°C	42°C	30°C	42°C
$BC_0$	-0,67**	-0,83**	-0,69**	-0,79**	-0,49	-0,54*	-0,34	-0,67**
$BC_{3,7}$	-0,82**	-0,88**	-0,84**	-0,86**	-0,54*	-0,50	-0,51	-0,75**
$BC_{40}$	-0,79**	-0,82**	-0,83**	-0,84**	-0,34	-0,29	-0,51	-0,61*
$\bar{V}_0$	-0,69**	-0,87**	-0,71**	-0,88**	-0,50	-0,41	-0,74**	-0,76**
$\bar{V}_{40}$	-0,68**	-0,31	-0,73**	-0,47	-0,31	-0,08	-0,34	-0,28
$\bar{V}_{43,47}$	-0,76**	-0,77**	-0,80**	-0,84**	-0,77**	-0,15	-0,51	-0,54*
$S$	-0,82**	-0,84**	-0,88**	-0,85**	-0,84**	-0,36	-0,28	-0,64*

\*, \*\* - Значимо соответственно на 5 и 1%-ном уровнях.

Важно было выяснить, в каких взаимоотношениях показатели вискографа находятся с характеристиками качества хлеба. Статистическая обработка экспериментальных данных показала, что согласованность между ними проявляется не во все годы (табл. 3).

Если при оценке зерна из урожая 2005 года она была высокой, за исключением  $V_f$  и  $V_n$ , что доказывается достоверностью коэффициентов корреляции, то при оценках зерна, сформированного в 2006 году, корреляция между ними статистически не доказывается. Можно предполагать, что кроме условий года в период формирования и налива зерна негативное влияние на взаимоотношения рассматриваемых характеристик оказывает и слабая дифференциация сортообразцов по данным хлебопекарного анализа, рекомендованного для селекционных целей.



Таблица 3

Коэффициенты корреляции (r) между показателями вискографа и характеристиками качества хлеба

Показатели	2005 г.					2006 г.				
	Vф	Vп	h	d	h/d	Vф	Vп	h	d	h/d
30°C										
BC <sub>0</sub>	-0,45	-0,23	0,53*	-0,71**	0,60*	-0,24	-0,23	0,37	-0,24	0,34
BC <sub>3,7</sub>	-0,41	-0,20	0,63**	-0,77**	0,70**	-0,11	-0,10	0,21	-0,08	0,17
BC <sub>40</sub>	-0,49	-0,31	0,64**	-0,81**	0,70**	0,02	0,05	0,09	0,15	-0,05
$\bar{V}_0$	-0,21	-0,08	0,72**	-0,72**	0,78**	0,16	0,19	-0,15	0,25	-0,21
$\bar{V}_{40}$	-0,54*	-0,40	0,60*	-0,80**	0,65**	0,15	0,20	-0,08	0,37	-0,28
$\bar{V}_{43,47}$	-0,47	-0,34	0,65**	-0,80**	0,70**	0,18	0,22	-0,11	0,38	-0,29
S	-0,51*	-0,31	0,64**	0,82**	0,70**	-0,04	-0,03	0,11	0,11	-0,02
42°C										
BC <sub>0</sub>	-0,44	-0,26	0,70**	-0,86**	0,72**	-0,17	-0,18	-0,06	-0,08	0,01
BC <sub>3,7</sub>	-0,33	-0,22	0,81**	-0,91**	0,82**	-0,01	0,03	-0,16	0,16	-0,19
BC <sub>40</sub>	-0,36	-0,21	0,76**	-0,84**	0,78**	0,03	0,02	-0,16	0,23	-0,23
$\bar{V}_0$	-0,32	-0,17	0,84**	-0,90**	0,86**	0,12	0,21	-0,22	0,36	-0,34
$\bar{V}_{40}$	-0,17	-0,10	0,33	-0,32	0,38	0,09	0,01	-0,13	0,30	-0,26
$\bar{V}_{43,47}$	-0,30	-0,17	0,76**	-0,78**	0,78	0,11	0,11	-0,19	0,35	-0,32
S	-0,33	-0,18	0,79**	-0,86**	0,80**	-0,03	-0,02	-0,14	0,18	-0,20

\*, \*\* - Значимо соответственно на 5 и 1%-ном уровнях.

## Литература

1. Гончаренко А.А. Сравнительная оценка сортов озимой ржи по различным показателям качества зерна / А.А.Гончаренко, Н.С.Беркутова, А.С.Тимошенко // Докл. Рос. акад.с.-х. наук. – 2002.-№5.-С.3-7.

2. Гончаренко А.А. Современное состояние производства, методы и перспективные направления селекции озимой ржи в РФ / А.А.Гончаренко // Озимая рожь: селекция, семеноводство, технологии и переработка. – Уфа, 2009. – С.40-76.

3. Кулеватова Т.Б. Количественная выраженность показателей вискографической оценки озимой ржи в зависимости от сорта и условий среды / Т.Б.Кулеватова, В.М. Бебякин // Зональные особенности научного обеспечения сельскохозяйственного производства. – Саратов, 2009. – ч.1. – С.104-108.

4. Комаров В.И. Методика определения хлебопекарных свойств зерна ржи на ранних этапах селекции / В.И.Комаров, А.Н. Ракитина // Селекция и семеноводство. – 1985. – №3. – С.25-27.

УДК 631.521: 633.14: 658.562 (470.32)

## Характеристика исходного материала озимой ржи по белково-углеводному комплексу зерна

## Characteristic of Initial Material of Winter Rye on Grain Protein-Carbohydrate Complex

**В.В. ИВАННИКОВ,**  
ГНУ НИИСХ ЦЧП  
им. В.В. Докучаева РАСХН  
e-mail: niish1c@mail.ru

**V.V. IVANNIKOV,**  
Agricultural Research Institute of  
Central Black Earth Zone  
named after V.V. Dokuchayev,  
Russian Agricultural Academy  
e-mail: niish1c@mail.ru

Приведены результаты изучения сортов диплоидной и тетраплоидной ржи по показателям качества: «числу падения», содержанию белка, крахмала и показателю SDS-седиментации. Изучены корреляционные связи между этими показателями.

**Ключевые слова:** селекция, озимая рожь, «число падения», белок, крахмал, SDS-седиментация.

Results of studying of diploid and tetraploid grades of rye on the following quality indicators are shown: falling number, protein and amyllum content, and SDS-sedimentation index.

Correlation connections between these indicators are studied.

**Key words:** Selection, winter rye, falling number, protein, amyllum, SDS-sedimentation index.

Одной из основных задач современной селекции является решение проблемы качества зерна ржи, направленное на улучшение его технологических свойств и повышение питательной ценности.

Качество зерна ржи определяется преимущественно состоянием углеводно-амилазного комплекса (8, 5), а также, по мнению В.М. Бебякина (1), белково-клейковинного. В связи с этим в своих исследованиях мы на данный момент остано-

вились на таких показателях качества зерна, как «число падения», содержание белка, крахмала и SDS-седиментации.

### Материалы, условия и методы

Исследования проводились в лаборатории селекции озимой ржи НИИСХ ЦЧП им. В. В. Докучаева. В качестве исходного материала для исследований использовали хранившееся зерно сортов диплоидной и тетраплоидной озимой ржи, изучавшихся в питомниках конкурсного испытания в 2004 – 2006 гг. Предшественником во всех случаях служил черный пар.

Погодные условия в эти годы складывались следующим образом. В 2004 году май, июнь и июль были прохладными и с избытком осадков. В 2005 году в сравнении со средними многолетними данными в период налива и созревания зерна (в июне и июле) выпало в 1,5 раза больше осадков. В 2006 году погодные условия весны и первой половины лета были довольно комфортными, в июле, в период созревания зерна, наблюдалась засуха. Определение «числа падения» (ЧП) проведено на приборе ПЧП 3. Содержание белка определяли по методу Кьельдаля, содержание крахмала – по методу Эверса в описании Х.Н. Починка (10), показатель SDS-седиментации по методике, используемой в Украинском институте растениеводства имени В.Я. Юрьева (4).

Статистическую обработку проводили методами вариационного и дисперсионного анализа, изложенными в руководстве В.Г. Вольфа (3).

### Результаты

В таблице 1 представлены данные по показателю «число падения», характеризующего активность фермента  $\alpha$ -амилаза в зерне сортов, изучавшихся в течение нескольких лет в конкурсном сортоиспытании.

Таблица 1

#### Характеристика зерна сортов диплоидной и тетраплоидной ржи по углеводному комплексу

Сорт	Число падения, с				Содержание крахмала, %			
	2004	2005	2006	Среднее	2004	2005	2006	Среднее
Таловская 15	209,0	87,5	187,0	161,2	68,2	69,1	63,9	67,1
Популяция 64	236,5	96,0	176,0	169,5	67,3	65,6	65,3	66,1
ГК 1231	220,5	91,5	170,5	160,8	65,2	67,0	63,7	65,3
ГК 1230	258,5	143,5	223,0	208,3	66,5	67,0	67,2	66,9
Таловская 33	253,5	91,0	187,0	177,2	66,6	65,5	65,4	65,8
Популяция 32, 4-й отбор зимостойких	234,5	129,0	188,5	184,0	63,6	65,7	65,4	64,9
Популяция 58	260,0	134,0	169,5	187,8	64,4	63,8	66,8	65,0
Савала х Поп. 32	265,0	170,0	221,5	218,8	63,6	65,4	65,2	64,7
Чулпан тетра	256,0	172,5	208,5	212,3	66,2	66,0	65,5	65,9
Популяция 32	236,5	137,5	238,5	204,2	64,4	66,0	64,7	65,0
ГК 1174, 3-й отбор зимостойких	259,5	179,5	220,5	219,8	66,5	63,9	68,0	66,1
Популяция 63	238,0	130,5	194,5	187,7	64,4	64,0	66,6	65,0
НСР <sub>05</sub>				28,44				2,1

Приведенные данные свидетельствуют о большом влиянии условий года на данный показатель. Дисперсия, обусловленная условиями года, составила 83% от общей. Несмотря на это, выделились два сорта, существенно превысивших лучший стандартный сорт Таловскую 15 по показателю «число падения» – ГК 1230 и относительно новый сорт Таловская 33. Последний сорт в настоящее время является основным в посевах озимой ржи в ЦЧЗ. Превышения этих сортов над стандартом наблюдались практически ежегодно.

В среднем все изучавшиеся сорта имеют хорошие показатели «числа падения». Ниже 87,5с этот показатель не опускался, что позволяет использовать эти сорта в хлебопечении даже в самые неблагоприятные годы. У выделившегося сорта ГК 1230 самым низким значением «числа падения» было 143,5с.

Эти данные свидетельствуют также о том, что Центрально-Черноземный регион может быть производителем высококачественного зерна ржи для хлебопечения внутри страны и на экспорт.

Полученные нами ранее данные о большей устойчивости тетраплоидной ржи к прорастанию в колосе также подтверждаются данными таблицы 1. Даже в провокационных условиях 2005 года сорта тетраплоидной ржи сформировали высококачественное зерно, вполне пригодное для хлебопечения. В сравнимых условиях сорта диплоидной ржи значительно уступали тетраплоидам (выделены курсивом).

Изученные нами популяции сортов оказались в большой степени гетерогенными. Коэффициенты вариации находились в пределах 36–64%. Это позволяет отбирать из популяции растения и потомства с довольно высокими значениями «числа падения». Количество потомств, превышающих среднее значение более 2  $\sigma$ , находилось в пределах 5–10%.

Крахмал – главное вещество, содержащееся в зерне ржи, и от его состояния в основном зависят ее хлебопекарные свойства (8). Полученные нами данные показали, что среди сортов конкурсного сортоиспытания наиболее высоким содержанием крахмала отличался сорт-стандарт Таловская 15, но значимо уступал ему только ГК 1231. Остальные сорта существенно не отличались от стандарта (табл. 1). Влияние условий года и генотипа было примерно одинаковым – 29,2 и 26,2% соответственно. Наибольшее влияние оказывали случайные (неучтенные) факторы – 44,6% от общей дисперсии.

Значимых различий между сортами тетраплоидной ржи по содержанию в зерне крахмала не обнаружено. Лучшие показатели по этому признаку были у ГК 1174 и Чулпан тетра.

При сравнении содержания крахмала в зерне сортов диплоидной и тетраплоидной ржи, выращенных в сравнимых условиях, оказалось, что наиболее высокое содержание крахмала было у стандарта – сорта Таловская 15 (67,1%). Для диплоидов было характерно большее содержание крахмала в зерне. Все они входили в одну группу со стандартом. Лучшими среди тетраплоидов были Чулпан тетра и ГК 1174. Последний образец отличается и сравнительно высоким содержанием в зерне белка (см. табл. 2).

Влияние условий года на содержание крахмала в зерне ржи было незначительно. Всего 1,2% дисперсии было обусловлено этим влиянием.

Существует мнение (11), что в условиях Центрально-Черноземного региона формируется зерно озимой ржи со сравнительно неплохим содержанием белка. Данные таблицы 2, приведенные по стандартным сортам Таловская 15 и Таловская 33, которые широко распространены в Цен-

трально - Черноземном регионе, а также другим сортам наиболее ценным по продуктивности и прочим важным признакам, свидетельствуют об обратном. Несмотря на то, что исследуемый материал был получен в различных погодных условиях, содержание белка колебалось в весьма узких пределах – 7,9 ... 9,4%. Существенных различий между сортами не обнаружено. О небольшом варьировании содержания белка от сорта к сорту сообщает В.М. Бебякин (1). Условия года оказывали большее влияние: в общей дисперсии оно составило 67,0% против 2,6% для сортов.

Таблица 2

**Характеристика зерна сортов диплоидной и тетраплоидной ржи по белковому комплексу**

Сорт	Содержание белка, %				SDS-седиментация, мм			
	2004	2005	2006	Среднее	2004	2005	2006	Среднее
Таловская 15	7,9	8,4	9,6	8,63	11,5	12,0	13,0	12,17
Популяция 64	8,3	8,9	8,8	8,67	9,0	12,5	13,0	11,50
ГК 1231	8,8	9,4	8,8	9,00	10,0	12,0	10,0	10,67
ГК 1230	8,6	9,1	8,9	8,87	10,5	12,0	14,0	12,17
Таловская 33	8,5	8,6	9,4	8,83	13,5	12,0	12,0	12,50
Популяция 32, 4-й отбор зимостойких	8,2	9,2	10,4	9,27	11,5	12,5	17,0	13,67
Популяция 58	9,2	9,2	9,5	9,30	11,5	12,0	17,5	13,67
Савала х Поп. 32	9,4	10,0	9,8	9,73	13,5	18,0	20,5	17,33
Чулпан тетра	8,3	9,0	9,8	9,03	10,5	10,5	15,0	12,0
Популяция 32	8,3	8,2	9,6	8,70	11,0	14,5	17,5	14,33
ГК 1174, 3-й отбор зимостойких	9,0	9,0	10,6	9,57	13,5	15,5	19,5	16,17
Популяция 63	9,1	9,3	10,6	9,67	12,0	13,5	19,5	15,00
НСР <sub>05</sub>				0,76				2,83

В условиях этих лет предпочтительнее выглядел более новый материал. С учетом других хозяйственно ценных признаков, в том числе и урожайности, можно выделить ГК 1230, а по содержанию белка – ГК 1231.

В таблице 2 представлены данные по сортам диплоидной и тетраплоидной ржи, зерно которых было получено в одних и тех же условиях выращивания. Условия года оказывали существенное влияние на содержание белка (40,1% от общей дисперсии), но значительным было и влияние сортов (32,1%). Среднее содержание белка в зерне диплоидной ржи равнялось 8,80%, а тетраплоидной – 9,32%. Самые высокие ранги занимали исключительно тетраплоидные сорта.

Повышенное содержание белка характерно для сортов тетраплоидной ржи. Наиболее низкое содержание белка наблюдалось у Чулпан тетра и Популяции 32, селекция которых длительное время проводилась в направлении повышения продуктивности. Более высоким было содержание белка у ГК 1174 (отбор на повышенную зимостойкость), Популяции 63 и гибридной популяции Савала х Популяция 32. Дисперсия, обусловленная условиями года, в 2 раза превышала дисперсию, обусловленную генотипами сортов. Наибольшее содержание белка отмечено в 2006 году, наименьшее – в 2004.

Метод седиментации – быстрый массовый метод оценки качества, который оказывает большую помощь селекцио-

нерам, работающим с пшеницей (9). В селекционных программах по твердой пшенице многих стран мира для оценки качества клейковины уже давно используется показатель SDS-седиментации (2).

В последнее время этот способ стал использоваться для определения качества ржи (1). Мы также провели оценку по показателю SDS-седиментации. Результаты представлены в таблице 2. По этому показателю у диплоидов существенной разницы не наблюдалось, а у тетраплоидов она была существенна от 12,0 мм до 17,33 мм. Обычно они выделяются и по содержанию белка. У образца Савала х Популяция 32 содержание белка – 9,73%, а показатель SDS-седиментации – 17,33 мм являются максимальными среди всех номеров изученных за 3 года. Условия года оказывали значительное влияние на показатель SDS-седиментации (36% от общей дисперсии), но более существенным было влияние сортов (43,4%). Таким образом, используя показатель SDS-седиментации, можно дополнительно характеризовать изучаемый материал по содержанию белка, а возможно и по его качеству.

Данные таблицы 3, где приведен процент дисперсии, обусловленной условиями года от общей дисперсии, характеризуют в известной степени стабильность изученных признаков. По ним можно судить и о сложности селекции этих признаков. Более стабильные признаки, при прочих равных условиях, селекционируются легче, и наоборот. Отсюда следует ожидать, что наиболее сложным является селекция на устойчивость к прорастанию зерна на корню и значительно проще селекция на увеличение крахмала в зерне.

Таблица 3

**Влияние условий года на некоторые признаки, определяющие качество зерна ржи**

Признак	Лимиты	Среднее значение
«Число падения»	59,0 ... 90,0	68,4
Содержание крахмала в зерне	1,2 ... 71,1	19,3
Содержание белка в зерне	0,3 ... 67,4	37,5
Показатель SDS-седиментации	27,5 ... 67,7	47,6

Чтобы определить, насколько сочетаются интересующие нас признаки качества зерна, мы на наборах сортов питомников конкурсного сортоиспытания диплоидов и тетраплоидов, отдельно испытания диплоидов в 2005 году, когда проявилась значительная дифференциация изучаемого материала по ЧП, определили корреляции между ними. При этом было установлено, что взаимосвязь между ЧП и содержанием крахмала слабая или вовсе отсутствует (0,015 ... -0,380). Аналогичные данные были получены ранее (6). Между ЧП и содержанием белка корреляция варьировала от очень слабой положительной до средней отрицательной (0,109 ... -0,422), что противоречит данным Р.Р. Исмагилова, А.Г. Галикеева и Д.С. Аюпова (7). Связь между содержанием белка и показателем SDS-седиментации не всегда была существенна, но в тех случаях, когда связь была существенна, она всегда была положительной (0,677 ... 0,840). Как правило, это наблюдалось во влажные годы. Между содержанием крахмала и белка связь была постоянно отрицательная средней величины (-0,385 ... -0,579), но не функциональная. Последнее указывает на возможность создания форм, сочетающих в определенной степени высокое содержание белка и крахмала подобно сочетанию высокой урожайности и сахаристости у сортов-нормалей сахарной свеклы.



### Выводы

1. В естественных условиях Центрально-Черноземного региона зерно озимой ржи формируется, как правило, с низкой активностью  $\alpha$ -амилазы, что в значительной степени обеспечивает ему хорошие хлебопекарные качества. Этот регион может быть поставщиком высококачественного продовольственного зерна озимой ржи.

2. Среди созданного в лаборатории селекционного материала имеются сорта и формы с высоким «числом падения». Они могут служить основой для создания сортов и самоопыленных линий устойчивых к прорастанию зерна на корню, что в значительной степени будет обеспечивать получение высококачественного продовольственного зерна озимой ржи.

3. В условиях Центрально-Черноземного региона зерно озимой ржи содержит сравнительно небольшое количество белка, порядка 8 – 10%. Больше количество белка в зерне характерно для тетраплоидных форм. Большинство сортов тетраплоидной ржи значимо превышало стандарт по этому признаку.

4. Возделываемые в регионе сорта озимой ржи отличаются довольно высоким содержанием крахмала в зерне. В среднем сорт Таловская 15 содержал в зерне 67,1% крахмала. При изучении не обнаружено ни одного сорта, существенно превышающего сорта-стандарты.

5. Между величиной «числа падения» и содержанием крахмала в зерне сортов озимой ржи отсутствует значимая связь. Слабая и средней силы отрицательная связь обнаруживается иногда между «числом падения» и содержанием белка. Между содержанием в зерне белка и крахмала существует отрицательная связь средней силы, которая позволяет создавать формы озимой ржи, сочетающие в определенной степени высокое содержание белка и крахмала.

6. На содержание белка в зерне погодные условия оказывают иногда существенное влияние, но в значительно меньшей степени, чем на величину «числа падения».

7. Влияние условий года на содержание в зерне крахмала было в два раза меньше, чем на содержание белка, и почти в 4 раза меньше, чем на величину «числа падения».

8. Существуют различия по показателю SDS-седиментации между сортами ржи.

### Литература

1. Бебякин В.М. Методические подходы к оценке качества зерна озимой ржи в процессе селекции / В.М. Бебякин // Озимая рожь: селекция, семеноводство, технологии и переработка / ГНУ НИИСХ Ю.-В. Россельхозакадемии. - Изд-во «Новый ветер», 2008. - С. 90-94.

2. Васильчук Н.С. Селекция яровой твердой пшеницы / Н.С. Васильчук. - Саратов: «Новая газета», 2001. - 119 с.

3. Вольф В.Г. Статистическая обработка опытных данных / В.Г. Вольф. - М.: Колос, 1966. - 255 с.

4. Голик В.С. Селекция *Triticum Durum* Desf. / В.С. Голик. - Харьков, 1996. - 388 с.

5. Гончаренко А.А. Оценка хлебопекарных качеств зерна озимой ржи по вязкости водного экстракта / А.А. Гончаренко, Р.Р. Исмагилов, Н.С. Беркутова и др. // Доклады РАСХН. - 2005. - №1. - С.6-9.

6. Исмагилов Р.Р. Пентозаны в зерне озимой ржи / Р.Р. Исмагилов, Д.С. Аюпов, Т.Н. Ванюшина Т.Н. и др. // Озимая рожь: селекция, семеноводство, технологии и переработка: Материалы Междунар. науч.-практ. конф. / НИИСХ С.-В. - Киров, 2003. - С. 137-139.

7. Исмагилов Р.Р. Качество зерна озимой ржи в условиях Башкортостана / Р.Р. Исмагилов, А.Г. Галикеев, Д.С. Аюпов // Озимая рожь: селекция, семеноводство, технологии и переработка: Материалы Междунар. науч.-практ. конф. / НИИСХ С.-В. - Киров, 2003. - С. 142-143.

8. Исмагилов Р.Р. Качество и технология производства продовольственного зерна озимой ржи / Р.Р. Исмагилов, Р.Б. Нурлыгаянов, Т.Н. Ванюшина. - М.: Агри-Пресс, 2001. - 224 с.

9. Лелли Я. Селекция пшеницы: Теория и практика / Я. Лелли / Пер. с англ. Н.Б. Ронис. - М.: Колос, 1980. - 384 с.

10. Починок Х.Н. Методы биохимического анализа растений / Х.Н. Починок. - Киев: Наукова думка, 1976. - 334 с.

11. Шibaев П.Н. К вопросу о селекции ржи на качество зерна / П.Н. Шibaев // Тр. конф. по улучшению селекционно-семеноводческой работы с зерновыми культурами РСФСР. - М.: Московский рабочий, 1973. - С. 98-104.

УДК 633.112.1:631.527:631.524.7

# Оценка прочности клейковины в процессе селекции твердой пшеницы (*Triticum durum* Desf.)

## Gluten strength estimation during durum wheat breeding (*Triticum durum* Desf.)

Н.С. ВАСИЛЬЧУК, С.Н. ГАПОНОВ,  
Л.В. ЕРЁМЕНКО, Т.М. ПАРШИКОВА,  
В.М. ПОПОВА, Н.М. ЦЕТВА,  
Г.И. ШУТАРЕВА,  
ГНУ НИИСХ Юго-Востока РАСХН,  
г. Саратов  
e-mail: nikvas@yandex.ru

N.S. VASSILTCHOUK, S.N. GAPONOV,  
L.V. YEREMENKO, T.M. PARSHIKOVA,  
V.M. POPOVA, N.M. TSETVA,  
G.I. SHUTAREVA,  
State Scientific Institution «Agricultural  
Research Institute for South-East Regions»  
e-mail: nikvas@yandex.ru

Были изучены различные методы оценки качества клейковины твердой пшеницы на разных этапах селекции. Применение надежных методов позволило в короткий срок (25 лет) создать 13 сортов пшеницы дурум, обладающих высокой силой клейковины: Саратовская 57, Саратовская 59, Саратовская золотистая, Людмила, Ник, Валентина, Елизаветинская, Золотая волна, Аннушка, Крассар, Лилёк и Луч 25. Эти сорта широко используются в качестве хороших доноров во многих научных учреждениях России.

**Ключевые слова:** прочность клейковины, крупка, микро-SDS-седиментация, миксограмма, селекция, твердая пшеница, фаринограмма, электрофорез.

*Various methods of durum wheat gluten quality estimation in different stages of breeding process have been investigated. Application of reliable methods has been allowed to create 13 durum wheat varieties in short time (25 years), having high level of gluten strength: Saratovskaya 57, Saratovskaya 59, Saratovskaya Zolotistaya, Lyudmila, Nick, Valentina, Yelizavetinskaya, Zolotaya volna, Annushka, Krassar, Lilyek and Louch 25. These varieties are widely used as good donors in many research institutes of Russia.*

**Key words:** gluten strength, semolina, micro-SDS-sedimentation, mixogram, breeding, farinogram, electrophoresis.

Мировое производство твердой пшеницы в 2008 г. составило 38,3 млн. тонн, в т.ч. в Евросоюзе – 10 млн. тонн, из них в Италии – 5,2 млн. тонн. Объемы мировой торговли твердой пшеницей (дурум) в 2009 году, согласно прогнозам Canadian Wheat Board (CWB), составят до 6,9 млн. тонн. Важнейшим фактором, влияющим на мировую торговлю и ценовую конъюнктуру на рынке пшеницы дурум, является увеличение объема мирового предложения данной культуры.

Так, неожиданный рост производства пшеницы дурум в США в 2009 г. (на 30% выше по сравнению с минувшим годом) оказал значительное влияние на уровень цен. В то же

время урожай пшеницы дурум в Северной Африке, одном из крупнейших импортеров, вырос на 70% за последний год, составив 5,8 млн. тонн, что значительно сократило импортный спрос со стороны стран данного региона. Поэтому стоимость пшеницы дурум в 2009 г. на международном рынке существенно снизилась по сравнению с 2008 г.

Сельхозтоваропроизводители Западной Канады выращивают и поставляют на экспорт самые большие в мире объемы пшеницы дурум. В 2009 г. Западная Канада собрала свой пятый крупнейший за всю историю урожай пшеницы дурум – 5,2 млн. тонн. В среднем ежегодно Canadian Wheat Board экспортирует 3,5 млн. тонн зерна данной культуры – около половины от общего объема мировой торговли.

В ЕС твердая пшеница является единственным продуктом, экспорт которого облагается пошлинами. С другой стороны, смягчение регулирования импорта пшеницы дурум в Евросоюзе (отмена импортной пошлины на дурум высокого качества и существенное снижение пошлин на средне- и низкоккачественные сорта зерновой) явились на руку канадским экспортерам, для которых ЕС, в частности, Италия, является ключевым рынком сбыта пшеницы дурум. Импорт твердой пшеницы за первые 7 месяцев 2009 г. вырос до 1,277 млн. тонн, против 1,003 млн. тонн за этот же период годом ранее. Ученые прогнозируют, что под негативным влиянием глобального потепления климата и дефицита осадков с 2020 г. урожайность пшеницы дурум в Италии может существенно снизиться, а еще через несколько лет страна может и вовсе прекратить ее выращивание. Поэтому сокращение производства данного вида пшеницы в этом регионе из-за климатических изменений может привести к значительному наращиванию импорта. В целом, в настоящее время рынок ЕС входит в пятерку самых крупных покупателей твердой пшеницы в мире.

В селекционных программах по твердой пшенице большинства прежде всего развитых стран и мировой торговле зерном предусматривается повышение не столько содержания белка, сколько улучшение его качества, усвояемости, питательности, безопасности для человеческого организма и т.п. [<http://www.d'adamo.com>]. Это связано с тем, что качество белка, реологические свойства пасты (теста) обусловлены прежде всего генотипом, а содержание белка – главным образом условиями среды (погода, характер почв, технологии выращивания и т.д.).

В Италии, хотя закон и запрещает производство макаронных изделий из фарин (крупки) мягкой (хлебной) пшеницы,

однако ученые проводят исследования по изучению реологических свойств теста смесей семолины (крупка из твердой пшеницы) и фарины (крупка из мягкой пшеницы). Для усиления прочности клейковины рекомендуют добавлять и соль [30]. Из-за низкого качества клейковины своих местных сортов твердой пшеницы Италия вынуждена импортировать из Канады, США, Аргентины и др. до 1,2...1,5 млн. тонн высококачественного зерна пшеницы дурум ежегодно.

С целью создания сортов яровой твердой пшеницы (*Triticum durum* Desf.), обладающими высокими реологическими параметрами пасты (теста), специального и двойного назначения, пригодных как для макаронных, так и хлебопекарных изделий, начиная с конца 70-х – начала 80-х годов XX столетия селекцию в этом направлении в б. СССР стали вести селекционеры НИИСХ Юго-Востока (Россия, Саратов), Украинского института селекции и генетики им. В.Я. Юрьева (ныне Институт растениеводства им. В.Я. Юрьева) [5, 8, 9, 10, 11], а также в США (Университет штата Северная Дакота) и Канаде (Университет провинции Саскачеван). Однако следует отметить, что это довольно сложная задача, так как в соответствии со стандартами для хлебопекарной промышленности требуется высокая степень белизны муки, а для макаронной – высокая степень желтизны семолины (крупки). В связи с повышенной активностью фермента липоксидазы в муке мягкой пшеницы при замесе пасты (теста), разрушающего каротиноидные пигменты, также пока не могут широко использоваться в макаронной промышленности и сорта этой культуры, несмотря на то, что некоторые из них имеют довольно высокое содержание каротиноидов [6, 7, 14]. Кроме того, люди, которые употребляют макаронные изделия, изготовленные из фарины (крупки) мягкой пшеницы, склонны к полноте.

Важно отметить, что в США и Канаде селекцией на качество и безопасность для здоровья человека клейковины усиленно стали заниматься лишь в конце 70-х годов, когда ужесточились требования местного и особенно европейского рынка [18, 23, <http://www.d'adamo.com>]. Это даже при том, что на американском континенте не было в те годы и до сих пор нет такого опасного вредителя, как клоп черепашка (информация, полученная нами от американских коллег). Было установлено, что, чем выше содержание белка в семолине и чем прочнее и эластичнее клейковина, тем устойчивее к переварке макаронные изделия и тем выше их кулинарные и питательные достоинства. Особенно это важно при производстве популярных в последнее время тонких изделий – спагетти и т. п. [26].

#### Оценка реологических свойств теста на фаринографе.

На последних этапах селекции, как и при оценке экспортных партий зерна, особое значение имеет исследование реологических свойств теста разных генотипов на фаринографе. Впервые возможность оценки прочности клейковины твердой пшеницы на фаринографе показали канадские исследователи [29]. Затем этот метод был апробирован А.А. Созиновым и О.Л. Шкуратовой [15] на озимой твердой пшенице во ВСГИ. Основной недостаток этого метода – одинаковая влажность теста 33,5% по методу [29] и 36,5% по прописи [15] для различных сортов твердой пшеницы независимо от водопоглотительной способности их белковых комплексов. Фаринограммы, как и миксограммы, имели разную высоту кривой, которая, по нашим наблюдениям, в большей степени зависит от содержания белка, чем от его качества [3]. Поэтому в странах – основных экспортёрах твердой пшеницы (США, Канада и Аргентина) – для оценки ее качества стали применять традиционный метод фаринографического анализа, который в соответствии с международным стандартом ICC-Standard No. 115/1 обычно используется для определения реологических свойств теста мягкой (хлебной)

пшеницы, т. е. с учетом водопоглотительной способности белков. Вода для замеса добавляется в таком объеме, который необходим для оптимальной консистенции теста, подтверждающейся достижением пера самописца на фаринограмме 500-ой линии.

Расшифровка фаринограмм традиционным способом требует определенных навыков даже для специалистов, особенно при определении времени образования и устойчивости теста. S. Vasiljevic, O.J. Banasik [32] предложили оценивать их по 8-балльной шкале (1 – очень слабая клейковина, 8 – очень прочная, или сильная). Эта шкала была одобрена и внесена в AACC-Standard No. 54–21.

При оценке вышеупомянутым методом линий твердой пшеницы, выращенных в условиях Саратова, мы столкнулись с образцами, которые не укладывались в пределы шкалы 1...8 баллов. Многие из них, особенно созданные в НИИСХ Юго-Востока, обладали клейковиной такой упругости, что мы вынуждены были расширить диапазон этой шкалы, введя в предложенную S. Vasiljevic, O.J. Banasik [32] шкалу (1...8 баллов) дополнительный балл – 9, преобразовав ее в шкалу для оценки фаринограмм (1...9 баллов) (рис. 1).

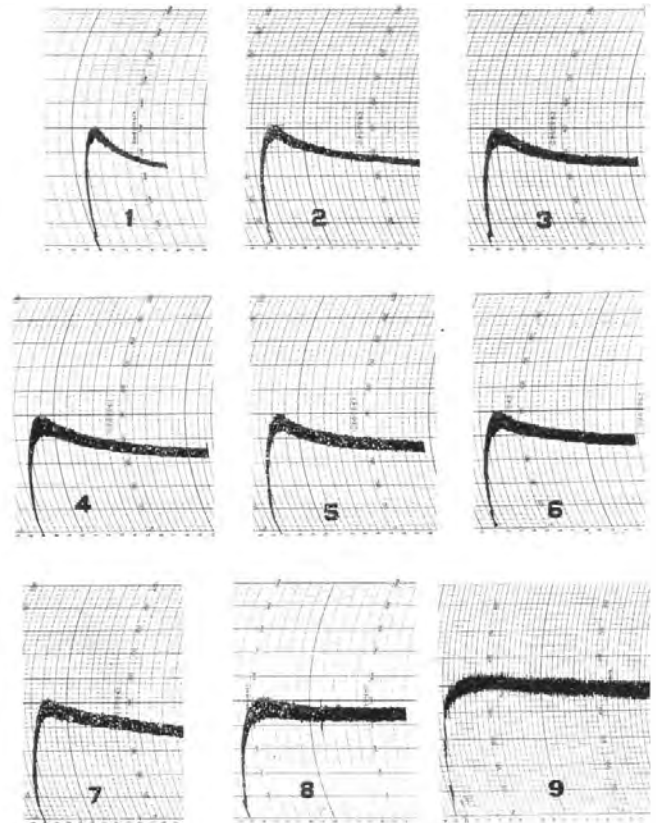


Рис. 1. Шкала для оценки фаринограмм твёрдой пшеницы (балл 1...9)

Эта шкала позволяет более точно оценивать и дифференцировать генотипы по качеству белка на более поздних этапах селекционного процесса. Она очень тесно коррелирует с таким важным интегрированным показателем фаринограммы, как валориметрическое число ( $r = 0,84^{**} \dots 0,92^{**}$ ). Кроме того, балльная оценка, также как и валориметрическое число, более тесно, чем отдельно взятые параметры кривой фаринограммы семолины, коррелирует с такими показателями качества клейковины, как ИДК-1 (ед.), микроSDS-седиментация (мм) и время замеса на миксографе (мин.) (табл. 1).

Оценка реологических свойств теста из муки или крупки твердой пшеницы с помощью этого метода доступна любым специалистам, занимающимся проблемами селекции



на качество зерна и продуктов его переработки. Образцы, получившие балл 1...3, оцениваются как слабые, 4...6 – средние и 7...9 – сильные по качеству клейковины. В своих программах, особенно на последних этапах селекции, линии с оценкой 1...6 баллов мы обычно выбраковываем. При этом следует иметь в виду, что пшеница должна быть выращена при соблюдении правил агротехники и не повреждена клопом черепашкой. В производстве же зерно с разным качеством клейковины должно и стоять на рынке по-разному, как это имеет место в основных странах – экспортерах пшеницы (Австралия, Аргентина, Канада и США).

Таблица 1

**Коэффициенты корреляции между отдельными параметрами и общей оценкой фаринограммы и показателями качества клейковины на приборе ИДК-1, время замеса на миксографе и микроSDS-седиментация шрота твердой пшеницы (Саратов, 1996...1998 гг.)**

Показатели фаринограммы	ИДК-1, ед. п.	Время замеса на миксографе, мин.	МикроSDS-седиментация, мм
Время замеса, мин.	-0,04...-0,67**	-0,07...-0,58**	0,27...0,74**
Стабильность, В.У.	-0,15...-0,57**	0,42*...0,70**	0,55**...0,80**
Разжижение, В.У.	0,30...0,60**	-0,36*...-0,63**	-0,22...-0,71**
Эластичность, В.У.	-0,02...-0,46*	0,10...0,58**	0,23...0,60**
Валориметрическое число, ед.	-0,42*...-0,60**	0,61**...0,69**	0,56**...0,82**
Оценка, балл (1...9)	-0,38*...-0,66**	0,53**...0,69**	0,58**...0,85**

\*значимо для уровня 0,05, \*\*значимо для уровня 0,01

**Оценка реологических свойств теста на миксографе.** В североамериканских селекционных программах миксограф, как более производительный по сравнению с фаринографом прибор, уже давно занимает важное место при оценке реологических свойств теста не только мягкой, но и твердой пшеницы на ранних этапах селекции. Он широко используется тогда, когда для фаринографической оценки не хватает достаточного количества зерна [17, 31].

В лаборатории селекции и семеноводства яровой твердой пшеницы НИИСХ Юго-Востока впервые для этой цели миксограф был использован нами в 1985 году [1, 2]. В связи с тем, что к специалистам лаборатории до сих пор часто обращаются за консультацией по методике оценки реологических свойств теста, использованию прибора и расшифровке миксограмм, мы хотели бы подробнее остановиться на особенностях оценки реологических свойств семолины с помощью миксографа.

Для оценки образца на миксографе необходима навеска всего 10 г семолины или муки. В связи с тем, что в условиях Поволжья у сортов местной селекции обычно формируется очень упругая и эластичная клейковина, миксограф приходится настраивать с учетом особенностей и местных сортов и климата. Прежде всего, пружину на плече рычага следует установить не в положение «8», как рекомендуют S. Vasiljevic, O.J. Banasik [32], а в положение «11». Во вторых, влажность при замесе необходимо доводить не до 45,5%, а до 46,5%. Ниже приводим порядок работы на приборе.

Подготовить муку, для чего предварительно увлажнить зерно, доведя его влажность в течение 16...17 часов до

16%. Необходимое для увлажнения зерна количество воды рассчитывают по формуле:

$$M = \frac{100 - R_1}{100 - R_2} - 1$$

где M – масса навески образца;  
R1 – фактическая влажность;  
R2 – требуемая влажность зерна.

Размолоть зерно на лабораторной мельнице типа «Квадрумат-Юниор» или QC-109 с использованием цилиндрического сита с размером ячеек 250 мк. Дать муке отлежаться 3...4 суток, перед взятием навески определить ее влажность.

Взвесить 10 г образца. Включить миксограф в сеть и прогреть до 24...26°C. Заполнить перо самописца чернилами и закрепить его в держателе. Пружину установить в положение «11». Проверить перо, убедиться, что оно пишет без пропусков. Взвешенный образец муки поместить в смесительный стакан, добавить туда дистиллированной воды в количестве, необходимом чтобы его влажность довести до 46,5% (при 14%-й влажности в образец следует добавить 6,1 мл воды).

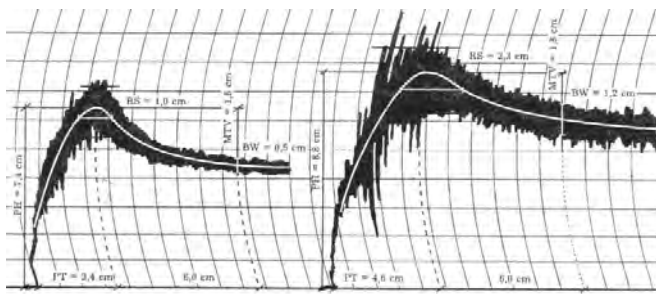
Стакан немедленно установить в гнездо колебателя (следить, чтобы не было перекоса!), опустить головку миксера. Опустить перо на бумагу, включить таймер и самописец на 10 минут. Прогнать образец в течение 6 минут, если клейковина слабая, и 10 минут или более (после достижения пика кривой, как правило, еще 6 мин.), если клейковина прочная. После остановки вращения миксера поднять перо.

В смесительный стакан добавить немного воды и включить таймер на 2 минуты для облегчения очистки стакана. Поднять и осторожно, чтобы не погнуть штифты, очистить головку миксера. Тщательно удалить остатки теста из шестеренок, так как при засыхании оно может стать причиной их поломки. Очистить стакан и, пока анализируется один образец, взвесить следующий.

Разумеется, миксограф дает более грубые результаты, чем фаринограф, поскольку при анализе не учитывается водопоглотельная способность белков. Однако, учитывая его производительность (30...35 образцов за 8 часов, против 12 образцов – на фаринографе) и малую навеску (10 г), он становится незаменимым при оценке качества клейковины на ранних этапах селекции. При интерпретации значений, характеризующих кривую миксограммы, мы попытались использовать сходство этих параметров с показателями, характеризующими кривую фаринограммы, в соответствии с международным стандартом ICC-Standard No. 115/1.

В качестве примера на рис. 2 мы приводим кривые миксограмм двух образцов яровой твердой пшеницы (DT-179, Канада – слабая клейковина и Монрое, США – сильная клейковина) из коллекции ВИР, выращенных в условиях Саратова.

При расшифровке миксограммы прежде всего следует провести линию по центральной части кривой, как показано на рисунке 2, и найти ее пик. От него опустить вниз линию параллельно вертикальным линиям диаграммы и отметить проекцию пика на базовой линии. Расстояние от полученной точки до начала записи кривой – время замеса в см (1 см = 1 мин.) или *пик тайм* (Peak time, PT). Чем это расстояние больше, тем прочнее клейковина. У канадского образца DT-179, обладающего слабой клейковиной, это расстояние составило 3,4 см или 3,4 мин., у американского образца Монрое, характеризующегося сильной клейковиной – 4,6 см или 4,6 мин. (рис. 2). Этот параметр кривой миксограммы сродни показателю времени образования теста на фаринографе, коэффициент корреляции между ними составляет 0,69\*\*.



**Рис. 2. Миксограммы образцов твердой пшеницы: DT-179 (Канада) – слабая клейковина (слева); Монгroe (США) – прочная клейковина (справа)**

Вправо от точки *пик тайм* на базовой линии отмерить 6 см и отсюда спроецировать линию вверх до пересечения с кривой миксограммы. В точке их пересечения измерить ширину кривой, которая характеризует эластичность, или *бэнд видс* (Band width, BW), в см. Чем кривая шире, тем упруге и эластичнее клейковина. У образца DT-179 со слабой клейковиной это расстояние составило 0,5 см, у сорта Монгroe с сильной клейковиной – 1,2 см (рис. 2). Данный параметр кривой миксограммы сходен с соответствующим параметром кривой фаринограммы, коэффициент корреляции между ними составил 0,50\*\*.

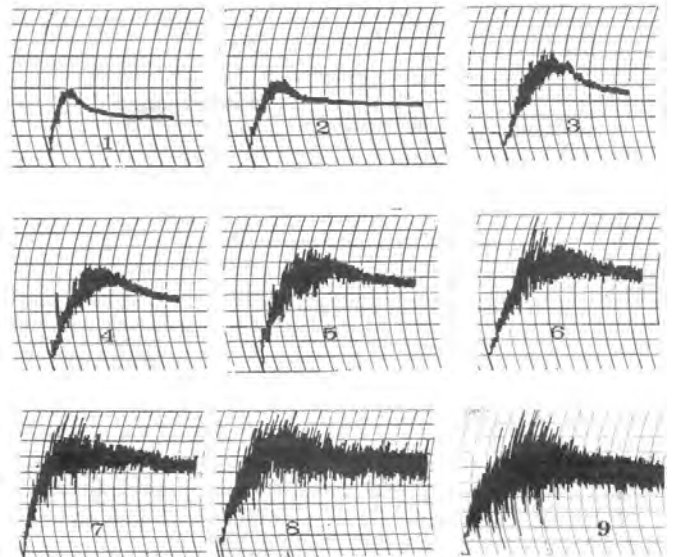
Затем от пика кривой провести горизонтальную линию вправо до места *бэнд видс* и измерить расстояние до линии, проходящей по середине кривой в месте BW. Это будет показатель устойчивости к разжижению – *миксинг толеранс вэлю* (Mixing tolerance value, MTV) в см. Чем это расстояние меньше, тем выше устойчивость к разжижению и крепче клейковина. На нашем примере (рис. 2) это расстояние у обоих образцов оказалось одинаковым. Коэффициент корреляции между MTV миксограммы и показателем разжижения на фаринограмме составил 0,54\*\*.

Расстояние от пика кривой до базовой линии в см – *пик хайт* (Peak height, PH), по нашим наблюдениям, этот показатель в большей степени зависит от содержания белка, чем от его качества. У образца DT-179 он составил 7,4 см, у Монгroe – 8,8 см (рис. 2). Во всяком случае, данный показатель значимо не коррелировал ни с одним из показателей кривой фаринограммы, кроме ВПС ( $r = 0,56^{**}$ ). Коэффициент корреляции между *пик хайт* и содержанием белка составил 0,53\*\*.

Наконец, самое сложное – определить устойчивость к замесу (уровень стабильности Range of stability, RS). Способ, предложенный S. Vasiljevic, O.J. Banasik [32], для наших условий мало пригоден, так как кривая редко падает сразу после достижения пика при замесе теста. А это очень важно при измерении данного параметра. Поэтому в результате многолетних исследований, проведенных нами на разных формах твердой пшеницы, мы пришли к выводу, что этот показатель лучше всего находить следующим образом. В месте пика следует ограничить верхний и нижний края кривой. От верхней точки отмерить вниз 2/3 ширины кривой, через эту точку провести горизонтальную линию до пересечения с центральной линией и измерить полученный отрезок. У образца DT-179 со слабой клейковиной это расстояние составило 1,0 см или 1,0 мин., у сорта Монгroe с сильной клейковиной – 2,3 см или 2,3 мин. (рис. 2). Показатель RS, найденный таким способом, хорошо коррелирует с соответствующим показателем фаринограммы ( $r = 0,53^{**}$ ).

Часто из-за сложной конфигурации кривых миксограмм, бывает довольно трудно их расшифровать. В этом случае от исследователя требуются определенные навыки и сноровка. Для облегчения визуальной оценки кривых миксограмм мы дополнили используемую в США и Канаде 8-балльную

шкалу, доведя ее до 9 баллов (рис. 3). Следует подчеркнуть, что все сорта яровой твердой пшеницы, созданные в ГНУ НИИСХ Юго-Востока и допущенные по результатам Государственного испытания для использования в производстве, по реологическим свойствам пасты имеют оценку фаринограмм и миксограмм от 7 до 9 баллов в зависимости от погодных условий и отвечают самым высоким требованиям мирового рынка.



**Рис. 3. Шкала для оценки миксограмм (балл 1...9)**

По нашим данным, оценка миксограмм по 9-балльной шкале очень тесно коррелирует с 9-балльной оценкой фаринограмм и показателем SDS-седиментации во все годы наблюдений (табл. 2).

Таблица 2.

**Коэффициенты корреляции между балльной оценкой миксограмм и фаринограмм и показателями SDS-седиментации яровой твердой пшеницы (Саратов, 1996...1998 гг.)**

Оценка	Миксограмма, балл (1...9)		
	1996 г.	1997 г.	1998 г.
Фаринограмма, балл (1...9)	0,71**	0,70**	0,77**
SDS-седиментация, мм	0,65**	0,73**	0,60**

\*\*значимо для уровня 0,01

**SDS-седиментация.** В селекционных программах по твердой пшенице многих стран мира для оценки качества клейковины уже давно используется показатель SDS-седиментации [20, 27, 31]. Мы изучили ряд модификаций SDS-седиментации и сравнили их с обычным методом (навеска образца 6 г в 100 мл цилиндре), используемым в США, Канаде и международных центрах CYMMIT и ICARDA [1, 2, 5].

В наших исследованиях очень хорошо зарекомендовал себя метод микро-SDS-седиментации, предложенный J.W. Dick, J.S. Quick [20]. Мы несколько усовершенствовали этот метод. Применив штатив на 20 пробирок с пластиной из ДВП размером 25 × 8 см с наклеенным на нее тонким поролоном для удерживания пробирок при переворачивании штатива и 2 секундомера, нам удалось повысить производительность в 3 раза и довести число анализируемых образцов до 120...130 в смену.

Суть метода микро-SDS-седиментации заключается в

следующем: 1 г размолотого на мельнице "Циклотек" зерна помещали в предварительно строго откалиброванные пробирки диаметром 14 мм и длиной 150 мм. Добавляли 4 мл дистиллированной воды и энергично встряхивали каждую, зажав отверстие большим пальцем руки, в течение 2...3 сек. Заполнив 10...12 пробирок, ставили их в штатив для отстаивания в вертикальном положении в течение 7,5 мин. Затем содержимое пробирок встряхивали еще раз в течение 5 сек. и снова отстаивали в течение 7,5 мин. После этого, добавляли 12 мл свежеприготовленного рабочего раствора (1 часть 9,4%-ного раствора молочной кислоты и 48 частей 2%-ного раствора SDS – додецилсульфата натрия), закрывали пробирки резиновыми пробками, прижимали их пластиной и переворачивали их 10 раз, затем ставили в вертикальное положение для отстаивания.

По истечении 15 мин. замеряли высоту осадка в мм, которая служила показателем "силы" (прочности, упругости и эластичности) клейковины. По нашим многолетним данным можно считать клейковину сильной, если величина этого показателя более 45 мл, средней по качеству – 36...45 мл и слабой – ниже 36 мл, определяемой с навеской образца 6 г в 100 мл цилиндре. Поскольку корреляция между этими двумя методами оказалась очень высокой ( $r = 0,97^{**}$ ) для преобразования данных микро-SDS-седиментации, выраженных в мм, в показания стандартного метода – SDS-седиментации в 100 мл цилиндре, выраженных в мл, мы предлагаем уравнение регрессии:

$y = 12,0 + 0,63x$ , где  $x$  – показатель седиментации (микрометод), мм;  $y$  – показатель седиментации в 100 мл цилиндре, мл

Благодаря высокой производительности микрометода и тесной корреляции показателей седиментации с данными микрографического и фаринографического анализа, мы уже с 1984 г. начали широко использовать метод микро-SDS-седиментации для сравнительной оценки образцов по качеству клейковины на ранних этапах селекционного процесса, начиная с селекционного питомника первого года ( $F_3, F_4$ ). В этом случае показания микро-SDS-седиментации следует выражать не в мл (объем осадка), а в мм (высота осадка в пробирке).

Тесная положительная корреляция наблюдалась между показателем микроSDS-седиментации образцов твердой пшеницы и такими важными параметрами фаринограммы теста, как время замеса ( $r = 0,74^{**}$ ), стабильность (устойчивость к замесу) пасты ( $r = 0,80^{**}$ ), валориметрическое число ( $r = 0,82^{**}$ ) и визуальная оценка кривой фаринограммы в баллах ( $r = 0,85^{**}$ ) во все годы исследований). Нами обнаружена очень тесная положительная связь ( $r = 0,76^{**}$ ) между показателями микро-SDS-седиментации в разные годы в смежных поколениях  $F_4 - 1997$  и  $F_5 - 1998$  гг., тогда как между показателями содержания белка она была несущественной ( $r = 0,23$ ). Эти данные еще раз подтверждают возможность оценки и отбора на высокое качество клейковины в ранних поколениях и трудность селекции на повышенное содержание белка в зерне и семолине.

Проблему повышения содержания белка в зерне, на наш взгляд, более эффективно решать агротехническими приемами и более широким использованием зернобобовых культур в севооборотах. Необходимо отметить, что в засушливых условиях юго-востока европейской части Российской Федерации большинство изучавшихся отечественных сортов яровой твердой пшеницы способны формировать зерно с высоким качеством клейковины. Из всех допущенных в Саратовской области сортов этой культуры только Безенчукская 182 и Краснокутка 10 не обладают способностью стабильно формировать качество клейковины, соответствующее требованиям ГОСТ. В табл. 3.

представлены данные по качеству клейковины у новых сортов яровой твердой пшеницы по сравнению с районированными стандартами, изучавшихся в основном конкурсном сортоиспытании.

Таблица 3

**Показатели качества клейковины новых сортов яровой твердой пшеницы по сравнению со стандартами, Саратов, 2004...2008 гг.**

Сорта	ИДК-1, ед.	МикроSDS-седиментация	Миксограмма, балл (1...9)
Краснокутка 10, ст.	97	31	5,1
Безенчукская 182, ст.	92	33	5,4
Саратовская золотистая	84	46	7,3
Людмила	80	58	7,5
Валентина	81	57	7,2
Ник	80	53	6,6
Елизаветинская	86	54	7,4
Золотая волна	80	49	6,3
Аннушка	85	59	6,7
НСР <sub>0,05</sub>	5	7	0,8

В последние годы появилось очень много работ, показывающих, что метод электрофореза может быть использован не только для идентификации сортов, но и для выявления генотипов с высокими кулинарными достоинствами макаронных изделий. Метод электрофореза глиадины в полиакриламидном геле более надежно предсказывает качество клейковины, чем другие методы оценки и не зависит от условий выращивания. Было установлено, что компонент электрофореграммы  $\gamma$ -45 генетически сцеплен с хромосомой 1В и очень тесно связан с высоким качеством клейковины, а  $\gamma$ -42 – с низким [19, 24, 22, 21]. Наши исследования также подтвердили выводы упомянутых авторов. Все сорта твердой пшеницы селекции ГНУ НИИСХ Юго-Востока, обладающие высоким качеством клейковины, содержали в спектроэлектрофореграммах глиадины компонент –  $\gamma$ -45.

Канадские исследователи [25] установили, что красная окраска колосковых чешуй у сортов твердой пшеницы разновидности гордеиформе сцеплена с наличием компонента  $\gamma$ -42 и отсутствием –  $\gamma$ -45, а также со слабой клейковиной, а белая – с наличием компонента  $\gamma$ -45 и отсутствием –  $\gamma$ -42 и с высоким качеством клейковины.

Мы в своих исследованиях четкой связи между указанными признаками не обнаружили. Такой вывод, возможно, справедлив в тех случаях, когда вовсе не ведется селекция на улучшение качества клейковины. При целенаправленной селекции эту связь можно разорвать. Пример тому – созданный нами красноколосый сорт Людмила, обладающий очень эластичной, упругой клейковиной. Хорошим качеством клейковины обладал и первый селекционный красноколосый сорт, созданный А.П. Шехурдиным, – Гордеформе 432.

У сорта Валентина было обнаружено два биотипа, различающихся между собой по компонентам блока глиадинов, контролируемого 6А хромосомой ( $\alpha$ -зона). При дальнейшем анализе электрофореграмм запасных белков 15 образцов зерна твердой пшеницы сорта Валентина (биотип 2) были обнаружены еще три фенотипических варианта глиа-



диновых спектров. Спектр первого варианта (9 образцов) был идентичен спектру глиадинов, типичному для сорта Валентина биотипа 2. Во втором варианте у 5 образцов отсутствовал характерный для Валентины биотипа 2 компонент в  $\alpha$ -зоне, в области, контролируемой хромосомой 1В. В третьем варианте в  $\alpha$ -зоне, в области, предположительно контролируемой хромосомой 6В, было отмечено появление нового полипептида, не характерного для Валентины биотипа 2, с одновременным заметным снижением экспрессии одного из компонентов, типичных для глиадинового спектра сорта Валентины биотипа 2.

В последние годы прочность клейковины твердой пшеницы стали также оценивать по содержанию низкомолекулярных глютеинов (LMW), которые бывают двух типов: тип 1 (LMW1) обычно связан со слабой клейковиной и тип 2 (LMW2) – с прочной клейковиной [28].

В ГНУ НИИСХ Юго-Востока разработан новый, высокопроизводительный микрометод определения качества клейковины мягкой и твердой пшеницы по небольшим пробам зерна (2 г) с использованием флуоресцентных зондов на основе гидрофобных взаимодействий в белковом комплексе клейковины пшеницы. Метод позволяет оценить до 50 образцов за смену, что дает возможность более целенаправленно вести отбор ценных по качеству клейковины генотипов уже на ранних стадиях селекционного процесса. Он включает использование флуоресцентных зондов, например раствор красителя 1-анилинафталин-8-сульфат, квантовый выход флуоресценции которого при встраивании молекул зонда в гидрофобные участки белков многократно возрастает. При этом изменяется интенсивность и другие параметры флуоресценции, тесно коррелирующие с такими показателями качества клейковины, как растяжимость, разжижение, набухание и растворимость в агрессивной среде, показатель ИДК-1, миксографическая и фаринографическая оценка и др. Более того, интенсивность флуоресценции этого красителя при концентрации 24 мкмоль/л может быть использована для тестирования генотипов по качеству клейковины до уборки урожая – в период формирования и налива зерна, то есть для прогнозирования качества будущего урожая [12, 13, 16].

Таким образом, благодаря широкому применению усовершенствованных методов оценки качества клейковины на всех этапах селекционного процесса нам удалось в сравнительно короткий для селекции колосовых культур срок (25 лет!) создать 13 сортов яровой твердой пшеницы, отличающихся клейковиной отличного качества, из которых 12 – были допущены к использованию в производстве, среди которых – Саратовская 57, Саратовская 59, Саратовская золотистая, Людмила, Ник, Валентина, Елизаветинская, Золотая волна, Аннушка, Крассар, Лилёк и Николаша, и один – Луч 25 находится в госсортоиспытании на хозяйственную полезность (допуск к использованию). Все сорта, используемые в производстве, характеризуются отличным качеством клейковины [4], что позволило успешно использовать их в качестве доноров в селекционных программах по улучшению качества клейковины твердой пшеницы и стабилизировать производство высококачественного зерна в Саратовской области, в т.ч. и в нетрадиционных, северо-западных районах.

### Литература

1. Бебякин В.М. Информативность показателя ДСН-седиментации в связи с селекцией яровой твердой пшеницы / В.М. Бебякин, М.В. Бунтина, Н.С. Васильчук // Докл. ВАСХНИЛ. – 1987. – № 3. – С. 3-5.
2. Бебякин В.М. Эффективность ДСН-седиментаци-

онной и миксографической оценок при тестировании качества зерна яровой твердой пшеницы / В.М. Бебякин, М.В. Бунтина, Н.С. Васильчук // Вестн. с.-х. науки. – 1987. – № 7. – С. 65-71.

3. Васильчук Н.С. Особенности оценки качества клейковины твердой пшеницы на миксографе / Н.С. Васильчук // Селекция и семеноводство. – 1994. – № 3. – С. 31-33.

4. Васильчук Н.С. Саратовские сорта яровой твердой пшеницы для засушливых условий Поволжья / Н.С. Васильчук, Г.И. Шутарева, С.Н. Гапонов и др. // Сб. науч. тр. ГНУ НИИСХ Юго-Востока Россельхозакадемии. – Саратов: ООО «Ракурс», 2009. – С. 82-89.

5. Васильчук Н.С. Селекция яровой твердой пшеницы / Н.С. Васильчук. – Саратов, 2001. – 124 с.

6. Вьюшков А.А. Селекция мягкой и твердой пшеницы в Среднем Поволжье: дис. в виде науч. докл. ... д-ра с.-х. наук / А.А. Вьюшков. – Безенчук, 1998. – 66 с.

7. Вьюшков А.А. Селекция яровой пшеницы в Среднем Поволжье / А.А. Вьюшков. – Самара, 2004. – 224 с.

8. Голик В.С. Селекция пшениц двухстороннего использования / В.С. Голик, Л.П. Кучумова // Науч.-техн. бюл. СО ВАСХНИЛ. – Новосибирск, 1980. – Вып. 5-6. – С. 72-74.

9. Голик В.С. Селекция *Triticum durum* Desf. / В.С. Голик. – Харьков, 1996. – 387 с.

10. Голик В.С. Селекция *Triticum durum* Desf. / В.С. Голик, О.В. Голик. – Харьков, 2008. – 519 с.

11. Голик В.С. Создание сортов твердой пшеницы двухстороннего использования / В.С. Голик, В.С. Аладьин, Л.П. Кучумова // Докл. ВАСХНИЛ. – 1985. – № 2. – С. 12-14.

12. Кибкало И.А. Эффективность тестирования качества клейковины у твердой пшеницы / И.А. Кибкало, В.М. Бебякин, С.В. Тучин // Селекция и семеноводство. – 2000. – № 3. – С. 8-9.

13. Кибкало И.А. Эффективность тестирования качества клейковины яровой мягкой и твердой пшеницы на основе гидрофобных взаимодействий в белковом комплексе: дис. ... канд. с.-х. наук / И.А. Кибкало. – Саратов, 2000. – 207 с.

14. Крупнов В.А. Чужеродные гены для улучшения мягкой пшеницы / В.А. Крупнов, С.Н. Сибикеев // Идентифицированный генофонд растений и селекция. – СПб., 2005. – С. 740-758.

15. Созинов А.А. Определение макаронных качеств зерна озимых твердых пшениц / А.А. Созинов, О.Л. Шкурадова // Селекция и семеноводство. – 1963. – № 3. – С. 63-64.

16. Тучин С.В. Взаимодействие флуоресцентного красителя 1-анилинафталин-8-сульфат с белками пшеницы / С.В. Тучин, И.А. Кибкало // Пробл. увеличения пр-ва и повышения качества зерна в Рос. Федерации. – Саратов, 1997. – С. 22-23.

17. Bendelow V.M. Early generation screening for gluten strength in durum wheat breeding / V.M. Bendelow // Cereal Sci. Today. – 1967. – No. 12. – P. 336-337.

18. Clarke J.M. Breeding durum wheat for pasta quality in Canada / J.M. Clarke, V.A. Marchylo, J.S. Kovacs et al. // Euphytica. – 1998. – Vol. 100, No. 1/3. – P. 163-170.

19. Demidaux R. Determinisme genetique des constituants gliadines de *Triticum durum* Desf. associes a la qualite culinaire intrinseque des varietes / R. Demidaux et al. // C.R. Acad. Sci., (Paris). – 1980. – Ser. D. 291. – P. 585-588.

20. Dick J.W. A modified screening test for rapid estimation of gluten strength in early-generation durum wheat breeding lines / J.W. Dick, J.S. Quick // *Cereal Chem.* – 1983. – Vol. 60, No. 4. – P. 315-318.
21. Feillet P. Protein and enzyme composition of durum wheat. Durum wheat: Chemistry and Technology / P. Feillet // Ed. by G. Fabriani, C. Lintas. Published by the American Association of Cereal Chemists, Inc. St. Paul. – Minnesota (USA), 1988. – P. 93-119.
22. Joppa L.R. Chromosomal Location of Genes for Gliadin Polypeptides in Durum Wheat *Triticum turgidum* L. / L.R. Joppa et al. // *Theor. Appl. Genet.* – 1983. – Vol. 64. – P. 289-293.
23. Joppa L.R. Genetics and breeding of durum wheat in the United States. Durum wheat Chemistry and Technology / L.R. Joppa, N.D. Williams. – St. Paul., Minnesota (USA), 1988. – P. 47-68.
24. Kosmolak F.G. A relationship between durum wheat quality and gliadin electrophoregrams / F.G. Kosmolak, J.E. Dexter, R.R. Matsuo, et al. // *Can. J. Plant Sci.* – 1980. – Vol. 60. – P. 427-432.
25. Leisle D. Association of glume color with gluten strength and gliadin proteins in durum wheat / D. Leisle, F.G. Kosmolak, M. Kovacs // *Can. J. Plant Sci.* – 1981. – Vol. 61. – P. 149-151.
26. Matsuo R.R. Effect of gluten on the cooking quality of spaghetti / R.R. Matsuo, G.N. Irvine // *Cereal Chem.* – 1970. – Vol. 47. – P. 173.
27. McDermontt E.E. Small-scale tests of breadmaking quality / E.E. McDermontt, D.G. Redman // *FMBRA Bulletin.* – 1977. – No. 6. – P. 200-213.
28. Nachit M.M. Durum wheat improvement / M.M. Nachit et al. // *Germplasm Program Cereals: Annual Report for 1998.* ICARDA. – Aleppo (Syria), 1999. – P. 199-241.
29. Irvine G.N. A farinograph technique for macaroni doughs / G.N. Irvine et. al. // *Cereal Chem.* – 1961. – P. 38-53.
30. Peressini D. Rheology of wheat doughs for fresh pasta production: influence of semolina-flour blends and salt content / D. Peressini, A. Sensidoni, C.M. Pollini et al. // *J. of Texture Studies.* – 2007. – Vol. 31, Iss. 2. – P. 163-182
31. Quick J.S. A rapid test for estimating durum wheat gluten quality / J.S. Quick, B.J. Donnelly // *Crop sci.* – 1980. – Vol. 20. – P. 816-818.
32. Vassiljevic S. Quality testing methods for durum wheat and its products / S. Vassiljevic, O.J. Banasik. – Fargo (USA), 1980. – 134 p.
- 
-

УДК 631.16.631.527

## Селекция ярового ячменя в условиях Центрального нечерноземья России

### Selection of Spring Barley in Central Non-black Earth Soil Surrounding of Russia

Л.М. ЕРОШЕНКО,  
ГНУ НИИСХ ЦРНЗ РАСХН

e-mail: priemnaya@nemchinowka.ru

L.M. EROSHENKO,  
Research Institute of Agriculture  
of Central Non-black Earth Soil Zone  
e-mail: priemnaya@nemchinowka.ru

*Рассмотрены некоторые селекционно-методические возможности повышения урожайности, устойчивости к стрессовым факторам и улучшения качества зерна ярового ячменя на кормовые и пивоваренные цели.*

**Ключевые слова:** селекция ярового ячменя, урожайность, адаптивная способность, качество.

*Some selection and methodological opportunities to increase productivity, resistance to stress and improving grain quality of spring barley for feed and brewing purposes have been considered.*

**Key words:** selection of spring barley, yield, adaptability, quality.

Ячмень является важнейшей продовольственной, зернофуражной и технической культурой России, уступающей по площадям посева только пшенице. В Нечерноземной зоне яровой ячмень занимает еще более важное место: площади посева составляют 2,6 млн. га, или 25,7% в структуре зерновых культур. В Центральном регионе России яровым ячменем засевают порядка 1,2-1,5 млн. га, то есть более 31,2%.

Селекция ячменя в Российской Федерации ведется довольно интенсивно. В настоящее время в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию в России, включено 150 сортов ярового ячменя, в т.ч. 14 (9,33%) селекции ГНУ НИИСХ ЦРНЗ, которые защищены 11-ю патентами. Сортами института занято около 1,5 млн. га. Наиболее широким спросом в производстве пользуются сорта: Нур, Эльф, Суздалец, Раушан, новый сорт Владимир, в Сибири – Вулкан.

Потенциал урожайности новых сортов ярового ячменя весьма высокий – более 8,0 т/га. Однако реализация имеющегося потенциала лимитируется экономическими факторами, неблагоприятными факторами среды, полеганием посевов и поражением их болезнями, вредителями и сорняками.

Повышение реальной урожайности сортов является основным направлением в селекции ячменя. При этом необходимо учитывать, что в практическом растениеводстве на повышение урожайности культуры влияют не только сорт, финансовые, трудовые и технические возможности хозяйств, но и культура земледелия. Условия выращивания

должны быть оптимизированы настолько, насколько это возможно. Данные науки и практики показывают, что в этом случае вклад сорта и технологий в урожайность сельскохозяйственных растений примерно равный и составляет 50/50% [1].

**Методика исследований.** В экспериментах использованы основные методики и схемы, общепринятые в селекционных, научно-исследовательских учреждениях и в Государственном испытании (1988). Изучение исходного материала проводили в соответствии с методическими указаниями ВИР (1981). Фенологические наблюдения, учеты и оценка хозяйственно-биологической ценности сортов проведены согласно методике Госкомиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур (1996) и международного классификатора рода *Hordeum* (UPOV, 1981).

В результате проведенных исследований установлено, что значительную роль в формировании высокого урожая в Подмоскovie играет продуктивная кустистость. Число продуктивных стеблей, которое образует типичное растение у зерновых культур, является одним из экологических признаков, значительно изменяющихся в связи с климатическими условиями (почвенная влага и температурный режим), применяемой технологии производства и наследственными особенностями генотипа растений.

Продуктивная кустистость в условиях ГНУ НИИСХ ЦРНЗ в среднем за три года (2007-2009) по сортам составила от 1,3 до 2,1 шт., в зависимости от метеорологических условий года варьировала от 1,0 до 2,56 шт. Количество продуктивных стеблей на 1 м<sup>2</sup> к уборке во влажном 2008 году находилось в пределах 509 - 819 шт./м<sup>2</sup>, в засушливом 2007 году - 234 - 489 шт./м<sup>2</sup>.

Хорошо кустящиеся сорта ярового ячменя в засушливые годы лучше переносят действие неблагоприятных факторов, а во влагообеспеченные – резко повышают урожайность по сравнению со слабо кустящимися сортами. Наибольшую ценность в этом случае имеют сорта, обладающие полустелющимся типом куста в фазе кущения (индекс 7). Наличие розетки позволяет побегу накапливать значительные количества пластических веществ в нижней укороченной части, которые затем используются для формирования органов, в том числе генеративной сферы [2]. Характерной особенностью сортов с полустелющимся морфотипом куста является не только способность к высокому кущению, но и к синхронному развитию продуктивных стеблей, ограниченный рост стебля, низкорослость. Такие сорта, как правило, не дают подгонов при избытке осадков во время налива зерна, устойчивы к полеганию, обеспечивают



более высокий выход зерна, технологичны при возделывании. Таким образом, установлено, что полегание в условиях Центральных районов Нечерноземной зоны зависит не только от условий выращивания, но и архитектоники растений: формы куста в фазу кущения, интенсивности стеблеобразования, высоты соломины и ее прочности.

Таблица 1

**Значение элементов структуры урожая в урожайности и устойчивости к полеганию пивоваренного ячменя, среднее 2007-2009 гг.**

Тип куста в фазу кущения, индекс	Урожайность, т/га	Высота растений, см	Устойчивость к полеганию, балл	Продуктивная кустистость, шт.	Число продуктивных стеблей на м <sup>2</sup>	Выход зерна, %
1	4,58	84,5	4,3	1,54	548	36,5
3	4,89	82,9	5,9	1,63	552	40,1
5	4,93	78,7	7,4	1,75	564	41,2
7	5,32	75,5	8,5	1,91	599	42,5
9	5,06	70,3	8,8	1,89	578	48,9

Поэтому дальнейшее селекционное повышение продуктивности культуры и технологичности возделывания возможно прежде всего за счет синтеза сортов ячменя с повышенной плотностью продуктивного агроценоза.

Следующая, весьма важная, селекционная цель – стабильность урожайности. Она тесно связана с широтой региональной агроэкологической адаптации сорта и его устойчивости к таким ярко выраженным стрессовым факторам, как часто повторяющиеся засухи и кислотность почв.

Несмотря на глобальный характер формирования погоды и ее константность на территории Центрального региона Нечерноземной зоны, для каждой почвенно-климатической разности присущи свои особенности по распределению осадков, колебанию температуры и другим показателям. Наряду с почвенными различиями эти особенности определяют специфичность условий выращивания ярового ячменя в различных местностях. Поэтому уровень урожайности номеров, испытанных по одной методике в 2009 году в ГНУ НИИСХ ЦРНЗ, ГУ Рязанском НИПТИ АПК и ГНУ Владимирский НИИСХ, существенно различался. Условия Рязанской области благоприятствовали проявлению максимальной урожайности генотипов. Средняя урожайность по питомнику конкурсного сортоиспытания здесь составила 7,36 т/га. Значительно ниже она была в условиях Московской и Владимирской областей: 6,39 т/га и 5,61 т/га.

Сорта и линии конкурсного сортоиспытания, продемонстрировавшие высокую урожайность по всем трем точкам испытания, способны к гомеостазу продуктивности в варьирующих условиях, обладают экологической пластичностью и обеспечивают стабильные сборы урожая ярового ячменя.

Установлено (табл.2), что в условиях 2009 года наибольшую урожайность в трех пунктах обеспечили два сорта ярового ячменя селекции ГНУ НИИСХ ЦРНЗ: Нур и Московский 86, а также селекционные линии 71/2-03h 2632; 117/1-03h 2536; 28/7-04h 70; 8/5-04h 34; 9/3-05h 34; 11/1-05h 37; 20/5-05h 62. Лучшие образцы конкурсного сортоиспытания отличались более высокой, чем у сортов Раушан и Эльф, устойчивостью к полеганию и комплексу вредоносных болезней.

Необходимо отметить, что в последние три года в условиях ГНУ НИИСХ ЦРНЗ средняя урожайность образцов в конкурсном сортоиспытании из-за складывающихся погод-

ных условий резко различалась и составляла соответственно 2,38; 6,79 и 6,40 т/га.

Таблица 2

**Урожайность лучших сортов и линий ярового ячменя в конкурсном сортоиспытании, 2009 г.**

Сорта, линии	Урожайность, т/га			
	ГНУ НИИСХ ЦРНЗ	ГУ Рязанский НИПТИ АПК	ГНУ Владимирский НИИСХ	Средняя по трем пунктам
Раушан	6,14	7,36	6,18	6,56
Эльф	6,19	7,06	5,60	6,28
Нур	6,56	7,71	6,55	6,94
Владимир	6,27	7,62	5,67	6,52
Московский 86	7,22	7,58	5,69	6,83
Аннабель	6,72	7,28	5,14	6,38
Ксанаду	6,29	7,18	4,89	6,12
71/3-03h 2632	6,53	8,48	5,72	6,91
117/1-03h 2536	6,74	7,51	6,45	6,90
28/7-04h 2536	7,00	7,16	6,62	6,92
8/5-04h 34	7,10	7,49	6,42	7,00
9/3-05h 34	7,07	7,63	6,49	7,06
11/1-05h 37	7,23	7,93	6,48	7,21
20/5-05h 62	7,17	7,26	6,60	7,01
НСР <sub>0,05, т/га</sub>	0,47	0,51	0,29	

В то же время линии 71/2-03h 2632; 117/1-03h 2536; 28/7-04h 70; 8/5-04h 34; 9/3-05h 34; 11/1-05h 37; 20/5-05h 62, выделенные в условиях достаточно благоприятного 2009 года в различных пунктах испытания, а также сорта Нур и Московский 86 по урожайности были лучшими как в условиях необычайно засушливого 2007 года, так и в условиях экстремально влажного 2008 года. При этом совпали ранги линий 71/3-03h 2632; 9/3-05h 34; 11/1-05h 37; и 20/5-05h 62, а ранги сортов Владимир, Эльф и Аннабель различались на единицу. Поэтому стратегия селекционного процесса в условиях Нечерноземной зоны России, основанная на обязательном изучении образцов в различных по экологии пунктах, достаточно перспективна.

Комплексное решение создания сортов, сочетающих высокую потенциальную продуктивность с устойчивостью к неблагоприятным факторам среды, требует экологогенетического подхода к решению проблемы исходного материала. Для эффективной оценки исходного материала большое значение имеют разработка и применение надежных и точных методов определения устойчивости растений к стрессам.

В условиях Нечерноземной зоны посева ярового ячменя регулярно подвергаются действию засухи. При этом получение стабильных урожаев зерна особо проблематично на территориях, имеющих низкий уровень плодородия почв и, как правило, низкую величину рН почвенного раствора и повышенное содержание ионов Al<sup>3+</sup>.

Исследования показали, что засухоустойчивость сортов, определенная по способности семян прорасти на осмотически активных растворах, совпадает с засухоустойчивостью, установленной в вегетационном опыте с растениями ячменя. В результате максимально высокие показатели засухоустойчивости выявлены у сортов Андрей, Izoffa, Вятский, Лель, Московский 121, Нур (59,2-74,0%). Минимальная засухоустойчивость отмечена у сортов Малахит, Безенчукский 2, Стимул, образца К-23326 (12,6-34,0%).

При оценке чувствительности растений ячменя к токсичности кислых почв и присутствию ионов алюминия на основа-

нии определения коэффициента ИДК [3] выявлена высокая кислото- и алюмоустойчивость у сортов Андрей, Зазерский 85, Izotta, Гонор, Владимир (ИДК-80, 1-97,4%) и очень слабая у сортов Зерноградский 584, Малахит, Philadelphia, Стимул (ИДК-61,6-68,4%).

Отсутствие достоверных корреляций между показателем кислотности (ИДК, %) и показателями засухоустойчивости ( $r=0,35 \pm 0,13$ ) говорит об относительной независимости механизмов реакции растений на эти два эдафических стресса. Вместе с тем имеются сорта, сочетающие высокую устойчивость к кислотности и засухе одновременно: Андрей, Izotta, Вятский, Лель (коэффициент устойчивости  $k_1+k_2=1,38-1,71$ ), а также сорта, отличающиеся пониженным уровнем устойчивости к обоим факторам: Безенчукский 2, Малахит 10, К-23326 ( $k_1+k_2=0,78-0,92$ ).

Учитывая роль зародышевых корней в определении развития растения с первых дней вегетации, особое внимание было уделено изучению количества и длины зародышевых корней, образующихся при прорастании ярового ячменя. При изучении коллекционных образцов было установлено, что максимальным числом зародышевых корней (7,0 шт.) обладал сорт ярового ячменя Кировской селекции Андрей. Немецкий сорт ярового ячменя Danuta характеризовался высоким показателем числа зародышевых корней (6,3 шт.), самым высоким показателем длины корней (15,0 см), а также самой высокой массой 100 ростков (8,5 г).

Оценка засухоустойчивости для конкретных почвенно-климатических зон предполагает, на основе существующих знаний механизмов устойчивости к водному стрессу, поиск комплекса показателей, сопряженных с продуктивностью растения в целом и позволяющих судить не только о засухоустойчивости, но и продуктивности в условиях засухи.

В результате исследований было установлено, что урожайность сортообразцов в условиях засухи тесно связана с такими показателями, как засухоустойчивость сорта ( $r=0,50$ ;  $p \geq 0,95$ ), индекс длины корней ( $r=0,49$ ;  $p \geq 0,95$ ), показателем общей устойчивости к засухе и кислотности почвы ( $r=0,63$ ;  $p \geq 0,95$ ), длиной ( $r=0,60$ ;  $p \geq 0,95$ ) и количеством зародышевых корешков ( $r=0,69$ ;  $p \geq 0,95$ ).

Таблица 3

**Показатели устойчивости сортов ярового ячменя к стрессовым факторам среды, 2007 г.**

Сорта	Урожайность, ц/га	Засухо-устойчивость, % k1	ИДК, % k2	Коэффициент устойчивости k1+k2	Число зародышевых корешков, шт.	Длина зародышевых корешков, см
Danuta	42,3	54,6	75,6	1,30	6,3	15,0
Philadelphia	36,8	51,4	68,4	1,20	5,3	14,2
Вятский	36,2	59,8	79,8	1,40	6,2	12,1
Izotta	34,7	69,3	86,8	1,56	5,9	14,2
Владимир	34,5	38,2	80,1	1,18	6,4	15,0
Андрей	33,8	74,0	97,4	1,71	7,0	13,1
Гонор	33,8	51,4	80,2	1,32	6,3	14,1
Нур	31,9	46,6	75,8	1,22	5,8	14,0
Московский 121	28,7	59,2	66,5	1,26	6,3	13,0
Стимул	22,0	34,0	70,3	1,04	5,4	12,0
Зерноградский 584	14,3	50,0	61,5	1,11	5,3	11,7
Безенчукский 2	13,8	22,8	76,7	0,99	5,4	12,6
Малахит 10	8,7	12,6	65,0	0,78	5,2	12,0

Постоянное значение имеет селекционная цель достижения устойчивости ярового ячменя к наиболее вредоносным болезням, что позволяет решить сразу несколько проблем: повысить стабильность урожая, его качество и экономическую удешевить продукцию.

При коллекционном изучении образцов ярового ячменя в условиях жесткой инфекционной нагрузки выделен ценный исходный материал на устойчивость к болезням – пятнистостям листьев и мучнистой росе. Комплексной устойчивостью отличались сорта отечественного происхождения: Биос 1, Раушан, Прометей, Лука, Лазурит, Волга, Дина, Андрей, а также образцы зарубежной селекции Мироновский 92, Виват, Ksenadu. В результате многолетних исследований установлена высокая корреляционная зависимость ( $r=0,75 \pm 0,05$ ) степени поражаемости ячменя пыльной головней и типом цветения (открытое-закрытое). Большой практический интерес в селекции на устойчивость к пыльной головне имеют высокоурожайные и пластичные сорта с закрытым типом цветения Московский 3, Раушан, Суздалец, Нур, Зазерский 85, В-1602, Annabel, Pignal.

В конечном итоге все аспекты селекции преследуют цель улучшения качества зерна в соответствии с требованиями перерабатывающей индустрии. Для ярового ячменя это два основных, и часто взаимоисключающих друг друга направления – селекция на улучшение пивоваренных достоинств и создание зернофуражных сортов. Так, если для кормовых и пищевых целей выведение сортов с высоким содержанием белка является положительным фактором, то для пивоваренной промышленности желательнее иметь сорта ячменя с умеренно низким содержанием белка.

В результате исследований установлено, что наименьшее содержание белка 10,9-11,8 % в ГНУ НИИСХ ЦРНЗ и 12,5-13,7 % в ГУ Рязанский НИПТИ АПК в зерне ячменя накапливали генотипы, имеющие полураспластаный габитус растения, отличающиеся признаком более позднего времени колошения, имеющие слабую интенсивность антоциановой окраски ушек флагового листа, слабую интенсивность антоциановой окраски кончиков остей, короткую высоту растения (стебель с колосом) и слабый восковой налет на колосе.

Сорта с прямостоящим типом куста в фазе кущения, скороспелые и среднескороспелые, с более сильной интенсивностью окраски ушек флагового листа и кончиков остей, высокорослые, с сильной степенью воскового налета на колосе отличались более высоким содержанием белка, как в Московской, так и в Рязанской областях, соответственно – 12,3-13,2% и 13,8-14,6%. Промежуточное значение признаков определяло и среднее значение показателя белка в зерне.

Нами определена модель растения, или идеотип с таким сочетанием признаков, которые должны обеспечивать успех селекционной работы ячменя на повышение качества зерна.

Для пивоваренного ярового ячменя предпочтение отдается сортам, имеющим группу признаков, связанных с низким уровнем, а для кормовых – с высоким содержанием белка в зерне.

Для универсального использования идеальным будет сорт ярового ячменя, имеющий среднее значение представленных признаков.

Таким образом, сортовые признаки, сопряженные с основными показателями урожайности и качества зерна имеют большое значение в селекционной практике. Они служат маркерными ориентирами при отборе высокопродуктивных, устойчивых к полеганию, низкобелковых и высокобелковых генотипов ярового ячменя на пивоваренные и кормовые цели.

Длительная и целенаправленная работа по селекции ярового ячменя по показателям качества позволила создать новые сорта и линии ярового ячменя пивоваренного и кормового направления, превосходящие старые сорта не только по урожайности, но и по биохимическим показателям качества зерна.

Практически все новые сорта пивоваренного ячменя удовлетворяли по своим показателям требованиям, предъявляемым к пивоваренному ячменю даже в такие неблагоприятные по погодным условиям годы как 2007 и 2008 гг. и не уступали по продуктивности и основным качественным показателям сортам зарубежной селекции. Оптимальное содержание белка и высокие показатели экстрактивности зерна, характерные для лучших сортов ярового ячменя Аннабель и Ксанаду, широко используемых в пивоваренной промышленности, за три года имели селекционные линии 28/7-04 h 253; 20/5-05 h 86; 45/6-05 h 119 и сорт Московский 86. Для кормовых целей практический интерес представляют сорта Прометей, Лунь и голозерная линия Н 1137.

Таким образом, полученные данные позволяют сделать вывод о том, что испытание селекционного материала в нескольких пунктах позволяет выделить генотипы с широкой агроэкологической адаптивностью. В селекции на повыше-

ние устойчивости к эдафическим факторам среды в условиях Центрального Нечерноземья предложены критерии отбора ценных генотипов по показателям индекса устойчивости на основе комплексной оценки устойчивости к засухе и кислотности почвы, длины и количества зародышевых корешков, наиболее сопряженных с продуктивностью растений в условиях засухи. По сортовым признакам предлагается стратегия отбора высокоурожайных, низкобелковых генотипов ярового ячменя для пивоваренных целей и высокобелковых для кормовых целей

### Литература

1. Грязнов А.А. Ячмень карабалыкский. Кустанай, 1996, 448с.
2. Ламан Н. А., Стасенко Н.Н., Каллер С.А. Биологический потенциал ячменя на устойчивость к полеганию и продуктивность. Минск, Наука и техника, 1984, 216 с.
3. Широких И.Г., Щуплецова О.Н., Худякова Т.В. Оценка различных показателей, тестирующих устойчивость ячменя к токсичности ионов водорода и алюминия. Докл. РАСХН, 2001, С. 13-15.

УДК 633.1

## Продуктивность гречихи посевной в зависимости от опыления

## Productivity of Sowing Buckwheat Depending on Polination

**Д.М. ПАНКОВ, В.М. ВАЖОВ,  
Т.И. ВАЖОВА,**  
*Бийский педагогический  
государственный университет  
им. В.М. Шукшина  
e-mail: d\_pklen@mail.ru*

**D.M. PANKOV, V.M. VAJOV,  
T.I. VAJOVA**  
*Pedagogical State University  
named after V.M. Shukshin,  
Biysk  
e-mail: d\_pklen@mail.ru*

*Использование медоносных пчел для опыления травостоев гречихи посевной в условиях лесостепи Алтайского края позволяет получить прибавку урожая зерна с 1 га 0,25 т/га. Лучшим сроком посева является первая декада июня, при этом у растений формируется до 4-х ветвей первого порядка, на которых число соцветий достигает 26 шт., при высоте растений 114 см. Это способствует более интенсивному пчелоопылению.*

**Ключевые слова:** генеративная продуктивность, пчелоопыление, лесостепь, биометрические показатели, урожайность, срок посева, соцветие, себестоимость, прибыль.

*Using melliferous bees for pollination of herbage sowing buckwheat in forest-steep of*

*Altai-Krai it possible to make increase of grain crop about 0,25 t/h. More better date of sowing is the first ten-day period of June, plants are formed about 4 branches of the first order in which there are 26 inflorescences and the height of plants is 114 s. This fact favour more intensively bees pollination.*

**Key words:** Generative productivity, bees pollination, forest-steep, biometric result, crop capacity, period crop, inflorescence, cost, profit.

### Введение

Алтайский край является одним из крупнейших аграрных регионов Российской Федерации, где на долю сельского хозяйства приходится почти пятая часть продукции, производимой в Сибири. В структуре посевных площадей края преобладают зерновые – около 70% [6].



В растениеводческих отраслях высокая рентабельность достигается при интенсивных технологиях возделывания крупяных культур, среди которых гречиха посевная (*Fagopyrum esculentum* Moench) занимает особое место ввиду ценных биологических и хозяйственных качеств.

Несмотря на положительные достоинства гречихи посевной, площади посева ее в Алтайском крае не стабильны и не всегда отличаются высокой продуктивностью. Получение низких урожаев гречихи часто связано с малой изученностью особенностей возделывания в конкретных природных условиях. Анализ имеющихся материалов о выращивании этой культуры по зонам края свидетельствует о том, что одной из основных причин низкой урожайности является возделывание этой культуры без дополнительного опыления. Это послужило основанием для проведения наших исследований.

### Цель и задачи исследований

Цель исследований заключалась в развитии теоретических и практических основ искусственного опыления гречихи посевной в Бийской лесостепи. В задачи исследований входило: определение лучших сроков посева, исследование биометрических показателей, изучение опылительной деятельности медоносных пчел, анализ эффективности пчелоопыления в связи с урожайностью.

### Условия, материалы и методы исследований

Для разработки научно-обоснованных приемов повышения урожайности гречихи посевной в условиях лесостепи Алтайского края нами были заложены мелкоделянчные опыты, с площадью учетной делянки 18 м<sup>2</sup>. Опыты проводились в четырехкратной повторности в течение вегетационных периодов 2005 – 2008 гг. на землях СПОК «Возрождение – 2» Быстроистокского района Алтайского края.

Изучались три срока посева: третья декада мая, первая и вторая декады июня, а также два варианта: без опыления (контроль) и с опылением гречихи медоносными пчелами.

Для изучения искусственного опыления растений гречихи использовали методы исследований, описанные в работах Е.Г. Пономаревой (1973), В.В. Родионова и И.А. Шабаршова (1979). Пчелосемьи располагались на расстоянии 100 – 150 м от делянок. Нами отмечено, что при таком размещении пасеки от посевов практически все пчелы посещают цветки гречихи. С удалением ульев от травостоя пчелы часто переключаются на другие близлежащие медоносы, активность их работы на гречихе падает. Например, на расстоянии 700 м и более 10 – 13% пчел посещают другие медоносы, тем самым снижают эффективное опыление гречихи.

Для расчета оптимального количества пчелосемей, необходимых для опыления посевов гречихи, использовали формулу, предложенную Е.Г. Пономаревой (1986):

$$n = \frac{c \cdot k}{s \cdot \tau},$$

где  $n$  — оптимальное количество пчел, необходимых для эффективного опыления 100 кв.м посевов гречихи;

$c$  — количество ежедневно открытых цветков на 100 кв.м посевов гречихи;

$k$  — оптимальная кратность посещений пчелами одного цветка гречихи;

$s$  — интенсивность работы пчел (количество цветков, посещаемых пчелой за 1 ч);

$\tau$  — продолжительность работы пчел за день на гречихе, ч.

Для определения количества открытых цветков в период массового цветения гречихи подсчитывали их число на 10 растениях, находили среднюю величину и умножали ее на количество растений на 1 кв.м посевов.

Для большинства культур установлена оптимальная кратность посещения одного цветка пчелами. Например, цветки гречихи нуждаются в 4 – 6-кратном посещении, цветок подсолнечника пчела должна посетить 6 раз в среднем, яблони 4 – 10 раз, бахчевые культуры дают крупные хорошо развитые плоды при 20 – 30 посещениях [4].

С учетом методических рекомендаций [3,4] нами выполнены следующие расчеты. Зная оптимальную кратность посещений цветков гречихи пчелами и установив примерное количество цветков на единице площади посева, рассчитывали количество пчелиных семей, необходимых для опыления 1 га травостоев гречихи: на 1 га находится 1,2 млн. растений, а на одном растении за вегетацию распускается в среднем 600 цветков, причем продолжительность жизни цветка один день. Отсюда на 1 га будет 720 млн. цветков (1 200 000 · 600). С учетом того, что в условиях лесостепи Алтай гречиха цветет 25 – 30 дн., то на 1 га ежедневно раскрывается до 20 млн. цветков. При 6-кратном посещении одного цветка за день пчелы на 1 га посева этой культуры должны сделать около 120 млн. посещений. Если считать, что рабочий день пчелы 12 ч и из этого времени половину она тратит на перелеты и пребывание в улье, а 6 ч работает в поле, то при расстоянии между посевом и пасекой 100 – 150 м за шестичасовой период пчела сделает до 30 вылетов.

Количество нектара в цветке гречихи колеблется от 1 до 3 мг. Следовательно, чтобы набрать полный зобик, в течение одного вылета пчела должна будет посетить до 50 цветков, а за день работы — около 600 цветков. Исходя из этих расчетов 120 млн. посещений в день могут выполнить 200 тыс. пчел (120 000 000 : 600).

В достаточно сильной пчелиной семье насчитывается 30 тыс. летных пчел. Следовательно, для эффективного опыления гречихи в условиях лесостепи Алтайского края необходимо использовать медоносных пчел из расчета 5 – 6 пчелосемей на 1 га (200 000 : 30 000), что и принято нами.

Продолжительностью рабочего дня пчел считается время от начала до конца работы их на культуре. Для определения количества цветков, посещаемых пчелой за 1 ч, следили в течение 5 мин. за 10—15 пчелами, определяя, сколько цветков посетит каждая. Затем рассчитывали среднюю величину посещений в перерасчете на 1 ч.

В вариантах без опыления опытные делянки, в период активной работы опылителей, накрывали сверху марлевыми изоляторами, что препятствовало их проникновению на цветки гречихи. Марлевые изоляторы крепились на заранее укрепленные на делянках деревянные каркасы.

### Результаты исследований

Использование технологических приемов традиционной агротехники без дополнительного опыления пчелами посевов гречихи посевной не позволяет достичь высоких урожаев. Только в результате своевременного опыления в сочетании с технологическими мероприятиями урожайности гречихи посевной можно значительно повысить. Сроки посева оказывают существенное влияние на образование соцветий, от чего зависят показатели нектаропродуктивности и как следствие – озерненность растений (табл. 1).

Условия погоды (температура и влажность воздуха) в период вегетации гречихи, высеванной в третью декаду мая,

сложилось неблагоприятно, что отрицательно сказалось на образовании соцветий (табл. 1). Растения гречихи ежегодно повреждались весенними заморозками.

Таблица 1

**Биометрические показатели  
гречихи посевной при разных сроках посева  
(средние за 4 года)**

Срок посева	Высота растений, см	Количество ветвей первого порядка, шт./раст.	Число соцветий на одно растение, шт.
Третья декада мая	103	3	21
Первая декада июня	114	4	26
Вторая декада июня	110	3	19

Для более позднего срока посева (первая декада июня) условия погоды сложились благоприятнее. В результате число соцветий на одно растение достигло 26, в то же время на предыдущем варианте (третья декада мая) данный показатель составил только 21 соцветие. Развитие растений проходило при среднесуточной температуре 17 – 19°C и при достаточном количестве осадков (23 мм). Это способствовало интенсивному росту вегетативной массы гречихи. Так, высота растений при посеве в первой декаде июня достигала 114 см, количество ветвей первого порядка – 4 шт. на 1 растение, в то время как на варианте с ранним сроком посева (третья декада мая) данные показатели составили, соответственно – 103 см и 3 шт. на 1 растение.

При сроке посева во вторую декаду июня число соцветий на одно растение сократилось до 19 шт. при высоте растений 110 см и количестве ветвей первого порядка – 3 шт. на 1 растение. По нашему мнению, это явилось причиной того, что вегетация растений приходилась на период с высокими дневными температурами (25 – 28°C) при недостаточном количестве осадков (18 мм). Поэтому основной приток питательных веществ расходовался на рост побегов и листовую поверхность. Кроме того, в жаркие ветреные дни с низкой относительной влажностью воздуха цветками нектар не выделяется или быстро высыхает. Подобного мнения придерживается С.У. Броваренко (1970) для Новосибирской области. Следовательно, в таких условиях опыление затруднено, а это отрицательно сказывается на урожайности гречихи.

Озерненность растений во многом зависит от полноты опыления. На одном растении развивается до 3000 цветков, из которых раскрывается в среднем 500 – 600, причем завязи образует небольшая их часть (10 – 30%). Н.Н. Елагин (1984) отмечает, что количество нормально развитых семян от общего числа цветков не превышает 8–20%. По его мнению, с каждым процентом неопыленных цветков теряется 1 – 2 ц зерна. Избежать такие потери позволяет опылительная деятельность перепончатокрылых, в первую очередь медоносных пчел.

Таблица 2

**Посещаемость медоносными пчелами цветков  
гречихи посевной**

Показатель	Время суток, ч.				
	9	11	13	15	17
Количество пчел на 10 м <sup>2</sup> посева	321	381	394	352	312

При обследовании посевов гречихи посевной выявлено, что из насекомых, активно посещающих цветущие посевы

гречихи, первое место занимают медоносные пчелы. В процентном соотношении это выглядит следующим образом: медоносные пчелы – 80 %, шмели и одиночные перепончатокрылые – 14 %, жуки, клопы, тли, трипсы и прочие насекомые – 6 %. В таблице 2 приведены данные, характеризующие среднюю активность лета пчел на делянках гречихи за период ее цветения.

Наблюдения проводили с 9 до 17 часов, то есть в момент, когда летная деятельность пчел наиболее активна. Из таблицы 2 видно, что в период с 9 до 13 часов происходит увеличение посещаемости медоносными пчелами цветков гречихи. По нашему мнению, в этот промежуток времени растения выделяют достаточное количество нектара, удовлетворяющее собирательную потребность пчел-сборщиц.

В период с 13 до 17 часов наблюдается снижение посещаемости медоносными пчелами цветков гречихи. Очевидно, причиной этого является значительный спад нектаропродуктивности из-за прогревания воздуха и интенсивного испарения влаги во второй половине дня. В силу недоступности нектара пчелы вынуждены переключаться на другие медоносники, нектар которых более доступен.

Искусственное опыление гречихи посевной при помощи медоносных пчел способствует увеличению кратности посещения цветков, что повышает вероятность оплодотворения и способствует росту показателей генеративной продуктивности (табл. 3).

Таблица 3

**Зависимость урожайности зерна гречихи посевной  
от опылительной деятельности медоносных пчел  
(средняя за 4 года)**

Вариант	Количество завязавшихся цветков, %/м <sup>2</sup>	Урожайность семян, т/га
Без опыления медоносными пчелами	3	0,36
С опылением медоносными пчелами	28	0,61

$HCP_{05} = 0,17 - 0,21$

От опыления медоносными пчелами получена хорошая прибавка урожая – 2,5 т/га, что соответствует 40 %.

Эффективность возделывания гречихи посевной повышается в том случае, если в результате применения определенных агроприемов отмечается соответствующий рост урожайности и снижаются затраты на производство зерна. Более низкие затраты получены на вариантах без опыления медоносными пчелами. С улучшением условий агрофона издержки производства возрастают. При этом меняется и структура затрат. Так, содержание пчелосемей составляют около 25% от всех издержек.

Себестоимость единицы продукции при увеличении затрат, наоборот, снижается и минимального значения достигает на вариантах с опылением медоносными пчелами. Подсчеты показали, что себестоимость при возделывании гречихи с применением пчелоопыления оказалась значительно ниже, чем без него (соответственно – 0,61 и 0,87 тыс. руб./т). С учетом пчеловодческой продукции, дающей прибыль в размере 2,12 – 3,43 тыс. руб./га, возделывание гречихи в лесостепи Алтайского края является экономически выгодным.

### Выводы

Лучшим сроком посева гречихи посевной для искусственного опыления в условиях лесостепи Алтайского края является первая декада июня.

Хорошие биометрические показатели отмечены на вариантах, когда гречищу высевали в этот срок. Высота растений достигала 114 см, количество ветвей первого порядка – 4 шт. на 1 растение. Это положительно отразилось на формировании соцветий и урожайности гречищи.

Для увеличения урожая зерна гречищи необходимо применять искусственное опыление медоносными пчелами из расчета 5 – 6 пчелосемей на 1 га, располагая их на расстоянии 100 – 150 м от посевов.

Использование медоносных пчел для опыления гречищи посевной является высокоэффективным агроприемом, который увеличивает ее урожайность на 2,5 т/га. При этом снижается себестоимость 1 т зерна до 0,61 тыс. руб.

#### Литература

1. Броваренко С.У. Возделывание гречищи в Западной Сибири / С.У. Броваренко. – Новосибир.: Зап. – Сиб. кн. изд – во, 1970. – 136 с.
2. Елагин Н.Н. Агротехника гречищи / Н.Н. Елагин. – М.: Колос, 1984. – 127 с.
3. Пономарева Е.Г. Кормовая база пчеловодства и опыление сельскохозяйственных растений / Е.Г. Пономарева. – М.: Колос, 1973. – 256 с.
4. Пономарева Е.Г. Медоносные ресурсы и опыление сельскохозяйственных растений / Е.Г. Пономарева, Н.Б. Детерлеева. – М.: Агропромиздат, 1986. – 224 с.
5. Родионов В.В. Если вы имеет пчел. 3-е изд., перераб. и доп. / В.В. Родионов, И.А. Шабаршов. – М.: Колос, 1979. – 287 с.
6. Шукис Е.Р. Оценка традиционных и новых кормовых культур на Алтае и особенности их селекции и семеноводства / Е.Р. Шукис. – Новосибир., 2001. – 148 с.

УДК 633.15:581.67

## Биологически обоснованная оптимальная продолжительность вегетационного периода гибридов кукурузы в условиях Среднего Поволжья Biologically Founded Optimal Duration of Vegetative Period of Corn Hybrids in Middle Volga Region Environment

Е.В. МАДЯКИН, В.В. СЮКОВ,  
ГНУ Самарский НИИСХ  
им. Н.М.Тулайкова РАСХН,  
п. Безенчук  
e-mail: samniish@samtel.ru

E.V. MADYAKIN, V.V. SYUKOV,  
Samara Research Agricultural  
Institute named after  
N.M. Tulaykov, vil. Bezenchuk  
e-mail: samniish@samtel.ru

Экспериментальные данные показывают, что наибольший урожай зерна в почвенно-климатических условиях степного Заволжья можно получить при выращивании гибридов раннеспелой и среднеранней групп с числом дней от всходов до выхода нитей 52 – 55 и периодом вегетации 101 – 112 дней. Данной продолжительности фенофаз соответствуют гибриды с числом ФАО 180–220.

**Ключевые слова:** кукуруза, вегетационный период, регрессионный анализ, урожай.

*Experimental data show, that maximum grain yield in soil-climatic conditions of steppe Middle Volga region can be received at cultivation of hybrids of early-ripe and middle-early-ripe groups having 52 – 55 days from rising to filaments growth and the period of vegetation – 101–112 days.*

**Key words:** corn, vegetative period, regression analysis, yield.

#### Введение

Кукуруза в Среднем Поволжье традиционно является одной из ведущих кормовых культур. В настоящее время в Самарской области ею засеивается ежегодно не менее 60–70 тыс. га. В связи с увеличением поголовья КРС и свиней в ближайшее время планируется расширение посевных площадей, занятых кукурузой, до 200 тыс. га.

Вегетационный период кукурузы определяется, прежде всего ее генотипом, а варьирование по этому признаку в пределах рода составляет 70...75 дней у раннеспелых форм и 180...200 и больше у самых позднеспелых [4]. Физиологически обусловленная положительная связь биологического урожая с продолжительностью вегетационного периода, формализованная V.H.Blackman [7], с учетом соотношения фотосинтеза и дыхания в конкретных условиях окружающей среды принимает форму криволинейной зависимости в виде синусоиды или параболы [6].

В районе расположения Самарского НИИСХ (степная зона) продолжительность безморозного периода в среднем за 25 лет (1979–2004) составила 149 дней, дата последнего весеннего заморозка 5 мая, дата первого осеннего за-



морозка 2 октября. Вероятность наступления последних заморозков весной во II декаде мая 42%, в III декаде 15%, первых осенних – во II декаде сентября 8%, в III декаде 46% [3].

По данным Г.А. Ерохина [2], проанализировавшего данные Безенчукской метеостанции за 26 лет (1970–1995 гг.), вероятность вызревания гибридов ФАО 100–200 составляет 100%, ФАО 230–250 – 93% и ФАО 300 – 73%.

Таким образом, природно-климатические условия Самарской области предполагают выращивание кукурузы на зерно ранних групп спелости (ФАО от 100 до 250), т.е. раннеспелые и среднераннеспелые формы с вегетационным периодом от всходов до полного созревания 80 – 115 дней. В этой связи мы провели исследования с целью выявить, соответствует ли организационно обоснованный оптимум вегетационного периода гибридов кукурузы биологическим закономерностям формирования зерновой продуктивности.

### Материал и методика исследований

Исследования проводились в течение 2006–2008 гг., на опытном поле Самарского НИИСХ в условиях естественного увлажнения. Годы исследования отличались друг от друга по гидротермическим показателям. Сумма эффективных температур за вегетационный период в 2006 г. составила 1176,3 °С, в 2007 г. – 1331,8 °С, в 2008 г. – 1192,0 °С, что вполне достаточно для вызревания раннеспелых и среднеранних гибридов, возделываемых на зерно. Количество осадков в период вегетации во все годы превышало среднегодовое значение (211,0 мм). В 2006 г. оно составило 221,3 мм, в 2007 г. – 258,7 мм, в 2008 г. – 215,8, но их распределение было крайне неравномерным.

В качестве объектов исследования выступал случайный набор гибридов различных групп спелости с числом ФАО от 170 до 300. В 2006 г. в испытаниях участвовало 18 гибридов, в 2007 г. – 23, в 2008 г. – 29.

Закладка полевых опытов, учеты и наблюдения проводились в соответствии с «Методическими рекомендациями по проведению полевых опытов с кукурузой» [5]. Учетная площадь делянки 10 м<sup>2</sup>, повторность трехкратная.

Дисперсионный анализ полученных данных проведен по Б.А. Доспехову [1] с помощью компьютерной программы AGROS 2.09.

Многофакторный нелинейный регрессионный анализ произведен с помощью компьютерной программы «Аппроксимация экспериментальных данных с автоматическим подбором оптимального типа функции», разработанных в Оренбургском НИИСХ под руководством доктора с.-х. наук А.Г. Крючкова.

### Результаты и обсуждения

Для определения оптимальной продолжительности вегетации мы использовали такие критерии, как число дней от всходов до выхода нитей (вегетативный период) и число дней от всходов до полной спелости (вегетационный период).

В таблицах 1 и 2 приведены результаты нелинейного регрессионного анализа связи продолжительности вегетационного периода с урожаем зерна гибридов кукурузы.

Высокий коэффициент детерминации ( $R^2$ ), который варьировал от 86,21 до 97,95 %, указывает на высокую степень соответствия аппроксимированных функций эмпирическим числовым рядам. Решение этих уравнений дает нам

некоторую параболическую кривую, вершина которой и является искомым оптимумом.

Анализируя полученные данные, мы можем констатировать, что оптимальная продолжительность вегетационного периода (табл. 2) за 2006–2008 гг. варьирует от 100,68 до 111,96 дней, а периода от всходов до выхода нитей (табл. 1) – от 52,37 до 55,43 дней. Это соответствует параметрам, принятым для среднераннеспелых гибридов кукурузы. При этом уровень урожайности составляет 34,69 – 60,15 ц/га. То есть, в условиях степи Среднего Поволжья максимум урожая зерна связан с биологически детерминированной продолжительностью вегетационного периода, совпадающего с организационно обусловленными характеристиками районированных гибридов.

Таблица 1

### Связь продолжительности вегетативной фазы вегетационного периода (x) с урожаем зерна гибридов кукурузы (y)

Год	Уравнение регрессии	Координаты вершины регрессионной кривой		R <sup>2</sup>	F
		X opt	ŷ		
2006	$y=1684912-149574x+5302,6x^2-93,8x^3+0,829x^4-0,0029x^5$	53,9±1,53	50,22±5,77	97,95	34,41**
2007	$y=5828511,0-431955,6x+11999,75x^2-148,09x^3+0,685x^4$	53,5±0,49	52,05±8,10	93,47	12,53**
2008	$y=1/(-39,87+2,914x-0,0797x^2)$	54,2±0,97	41,93±7,24	86,57	6,38**

\*\* функция удовлетворяет критерию адекватности Фишера для 1% значимости продолжительности вегетативной фазы («всходы - выносы нитей женского соцветия») и урожаем зерна. В них приведены уравнения регрессии, полученные для каждого года исследований.

Таблица 2

### Связь продолжительности вегетационного периода с урожаем зерна гибридов кукурузы

Год	Уравнение регрессии	Координаты вершины регрессионной кривой		R <sup>2</sup>	F
		X opt	ŷ		
2006	$y=6822128-244828,1x+3293,95x^2-9,69x^3+0,0441x^4$	110,7±1,26	50,72±5,77	95,86	18,47**
2007	$y=1/(-517,42+18,90x-0,259x^2+0,00157x^3)$	110,1±0,87	50,39±8,10	86,21	5,93**
2008	$y=670038,7-12040,7x-167,49x^2+5,550x^3-0,0461x^4$	101,5±0,88	43,66±7,24	89,79	8,04**

### Заключение

Таким образом, экспериментальные данные показывают, что наибольший урожай зерна в почвенно-климатических условиях степного Заволжья можно получить при выращивании гибридов раннеспелой и среднеранней групп с числом дней от всходов до выхода нитей 52 – 55 и периодом вегетации 101 – 112 дней. Данной продолжительности фенофаз соответствуют гибриды с числом ФАО 180–220.

**Литература**

1. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта / Б.А.Доспехов // М.: Колос, 1979. 416 с.
  2. Ерохин Г. А. Селекция и семеноводство кукурузы в Самарском НИИСХ / Г.А.Ерохин// Кукуруза и сорго, 2003. № 4, С. 2-5.
  3. Корчагин В.А. Основные тенденции изменения агрометеорологических показателей погодных условий в Среднем Заволжье за последние 100 лет (1904-2004 годы)/ В.А.Корчагин, О.И.Горянин. Самара, 2005. 76 с.
  4. Мелихов В.В. Теория и практика возделывания кукурузы на зерно в ЦЧО и Поволжье (вопросы прикладной ботаники, генетики и селекции) / В.В. Мелихов // М.: Вестник РАСХН, 2004. 408 с.
  5. Методические рекомендации по проведению полевых опытов с кукурузой. Днепропетровск, 1980. 54 с.
  6. Шевелуха В.С. Методы изучения роста как функции времени/ В.С.Шевелуха // Физиологические основы селекции растений. СПб, 1995. Т.II. ч.1. С.221-258.
  7. Blackman V.H. The compound interest law and plant growth/ V.H.Blackman// Annals of Botany, 1919. Vol.33. pp.353-360.
-

УДК 631.363

# Проблемы и перспективы производства и использования зернофуража в России

## Problems and Perspectives of Forage Production and Usage in Russia

**В.М. КОСОЛАПОВ, И.А. ТРОФИМОВ,**  
ГНУ ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса  
РАСХН  
e-mail: vniikorm@miu-net.ru

**V.M. KOSOLAPOV, I.A. TROFIMOV,**  
All-Russian Research Institute of Forage  
named after V.R. Williams  
e-mail: vniikorm@miu-net.ru

В современных условиях социально-экономического развития кормопроизводство является самой многофункциональной и масштабной отраслью сельского хозяйства России. Оно объединяет, связывает воедино основные отрасли сельского хозяйства (земледелие, растениеводство, животноводство) в единую взаимосвязанную систему с природой (экологией, рациональным природопользованием и охраной окружающей среды). От уровня научно-технического прогресса кормопроизводства зависит многое в дальнейшем развитии сельского хозяйства и в обеспечении продовольственной безопасности страны. Важное значение в кормопроизводстве принадлежит производству и использованию зерна.

**Ключевые слова:** кормопроизводство, зернофураж, протеин, животноводство, рентабельность.

*In modern conditions of social and economic development forage production is the most multipurpose and scale branch of Russian agriculture. It unites, connects together the basic branches of agriculture (land agriculture, plant growing, animal industries) in the unified interconnected system with the nature (ecology, rational wildlife management and nature conservation). Further development of agriculture and food safety of the country depends on the level of scientific and technical progress of forage production.*

**Key words:** forage production, grain fodder, protein, animal breeding, profitability.

Основной причиной низких показателей в животноводстве сегодня является слабая кормовая база, которая характеризуется недостаточным производством кормов и низким их качеством. Общее количество грубых и сочных кормов за последние 20 лет снизилось в 4 раза, а за последние 5 лет – на 20% с 23 до 18,2 млн. тонн кормовых единиц.

Качество объемистых кормов остается на низком уровне и практически не меняется. Развитие высокопродуктивного животноводства сегодня сильно сдерживает низкое качество объемистых кормов (сена, силоса и сенажа). Только половина из них (50–60%) – сегодня кондиционны, I и II классов качества.

Основным недостатком объемистых кормов является низкое содержание протеина. В сене и силосе содержится менее 10% сырого протеина, сенаже – 12%, что значительно ниже нормы. Общий дефицит протеина в кормах в настоящее время составляет более 1,8 млн. тонн, в том числе в объемистых – 1068 тыс. тонн, в концентратах – 750 тыс. тонн (табл. 1).

Таблица 1

Производство кормового белка в России

Вид кормов	Потребность, тыс. тонн	Производство, тыс. тонн	Дефицит от потребности	
			тыс. тонн	%
Объемистые,	6399	5331	1068	17
в том числе зеленые	2784	2576	208	7
Концентрированные	5260	4510	750	14
Всего	11659	9841	1818	15,6

Низкое качество кормов компенсируется перерасходом на 30–50% объемистых кормов и концентратов, в первую очередь зерна (табл. 2).

Таблица 2

Расход кормов на 1 ц животноводческой продукции, ц кормовых единиц (в сельхозпредприятиях)

Продукция	Нормативы	Фактически по годам					
		2002	2003	2004	2005	2007	2008
Молоко	1,0	1,41	1,33	1,33	1,29	1,27	1,20
Мясо крупного рогатого скота	9,0	14,48	14,50	14,71	14,36	14,20	13,70
Мясо свиней	5,0	8,40	7,89	7,54	6,84	6,80	6,20

Основными причинами уменьшения производства кормов и ухудшения их качества являются:

- общее снижение технического обеспечения отрасли,
- резкое падение объемов применения удобрений и средств защиты растений,
- разрушение системы семеноводства трав и других кормовых культур,
- неэффективная структура посевных площадей сельскохозяйственных культур на пашне, как следствие, развитие эрозионных процессов и снижения плодородия почв,
- прекращение работ по улучшению природных кормовых угодий и созданию культурных пастбищ,
- отсталые технологии заготовки, хранения и использования кормов.

Приоритетное развитие отечественного животноводства должно сопровождаться приоритетным развитием кормовой базы в разных регионах страны. Научные разработки



ученых позволяют существенно улучшить качество кормов и повысить продуктивность животных. Решение проблемы повышения качества кормов и развития животноводства России заключается в реализации имеющихся научных разработок в производстве и приоритетном развитии перспективных направлений науки кормопроизводства.

Потенциал научных разработок по кормопроизводству позволяет ликвидировать имеющийся в настоящее время дефицит кормового белка и получать корма высокого качества. Учеными страны созданы высокопродуктивные сорта кормовых культур, эффективные технологии их выращивания и заготовки, хранения в длительный зимний период и использования с наибольшей отдачей.

Современное кормопроизводство должно развиваться целенаправленно по научно обоснованной программе и представлять собой единую систему, состоящую из следующих блоков: луговое кормопроизводство; полевое кормопроизводство; эффективные технологии заготовки, хранения и использования кормов; селекция и семеноводство кормовых культур.

В целях обеспечения продовольственной безопасности страны наши отечественные молочное животноводство и мясное скотоводство должны быть конкурентоспособными и обеспечивать продовольственную безопасность страны. Для этого нужна хорошая кормовая база, ее опережающее развитие. В России с ее обширной территорией, разнообразными природными и экономическими условиями кормовая база не может быть универсальной. Она должна быть адаптирована к природным условиям, дифференцирована по регионам и по хозяйствам с разной степенью интенсификации животноводства.

Кормопроизводство сегодняшнего дня должно быть совершенно иным, чем прежде, и ориентироваться на более высокий уровень продуктивности скота, более высокий уровень рентабельности, ресурсо- и энергосбережения. К кормам нельзя относиться как к отходам, они должны быть высококачественными. К ним должны предъявляться свои требования. И требования тем более жесткие, чем выше продуктивность скота.

**Важное место в кормопроизводстве принадлежит производству и использованию зернофуража.** К качеству кормового зерна предъявляются свои требования, а его использование должно быть сбалансировано, чтобы обеспечить продуктивность и здоровье животных.

Особенность отечественного зернового производства состоит в том, что количество и состав производимого зернофуража не соответствуют потребностям животноводства. Если в развитых зарубежных странах производство зерна фуражных культур, как правило, полностью обеспечивает потребности животноводства в энергии и протеине, то в России наблюдается постоянный дефицит кормового зерна нужного качества, который покрывается за счет использования на фураж продовольственного зерна пшеницы и др. (рис. 1).



Рис. 1. Структура производства зерна по видам культур (в хозяйствах всех категорий; в процентах от общего валового сбора)

В настоящее время, с точки зрения кормопроизводства, в России сохраняется негативная тенденция в структуре производства зерна. Возрастает удельный вес пшеницы, сокращается производство ржи и овса, незначительным остается долевое участие кукурузы и зернобобовых культур. В валовом производстве зерна преобладают культуры продовольственного направления (65-66%).

В перспективе для целей кормопроизводства планируется снизить долю продовольственного зерна в структуре зернофуража и увеличить количество ячменя, кукурузы и зернобобовых, производство которых на полевых землях должно существенно возрасти.

Следовательно, в перспективе, наряду с увеличением объемов производства, крайне важно оптимизировать структуру производства зернофуража: сократить потребление пшеницы, увеличить – ячменя и особенно зернобобовых культур и кукурузы.

Увеличение валового производства ячменя и кукурузы по агротехническим, технологическим и почвенно-климатическим условиям не является проблематичным. А вот производство зернобобовых культур в России представляет более сложную задачу. В связи с этим весьма важно увеличить производство высокобелкового сырья и биологически активных добавок для производства полноценных концентрированных кормов.

По данным ВНИИ масличных культур, при восстановлении оптимальных площадей под подсолнечником, соей, рапсом и другими масличными культурами ожидаемое производство жмыхов и шротов может вполне удовлетворить растущие потребности животноводства.

Учитывая высокую экономическую эффективность полноценных рационов скота, необходимы меры по ограничению экспорта высокобелкового сырья и увеличению потребления его на внутреннем рынке, а также расширению площадей под масличными (рапс, соя) и зернобобовыми культурами.

Особенностью земледелия в России является то, что районирование культур определяется почвенно-климатическими условиями основных земледельческих регионов, биологическими особенностями культур, технологическими и экономическими параметрами их возделывания.

Так, ячмень яровой является ведущим в группе зернофуражных культур. Высокая пластичность и адаптивный потенциал видов и сортов позволяет возделывать ячмень во всех сельскохозяйственных регионах страны. Зерно ячменя обладает высокими кормовыми свойствами по отношению ко всем сельскохозяйственным животным и птице.

Основными производителями ячменя являются Приволжский, Центральный и Южный федеральные округа; здесь производится более 82% от общего производства. Существенное увеличение валовых сборов зерна ячменя ожидается в Сибирском, Уральском и Центральном федеральных округах.

Для интенсификации производства и повышения эффективности использования ячменя в животноводстве необходимы сорта кормового направления с высокой потенциальной урожайностью, неполегаяемостью, с повышенным содержанием белка и оптимальным аминокислотным составом, особенно по лизину.

Необходимо восстановить подобающее внимание к такой культуре как овес, который обладает высоким адаптивным потенциалом к почвенно-климатическим условиям и поэтому возделывается во всех федеральных округах. Основные площади овса сосредоточены в округах с преобладанием культур ярового сева – Сибирском и Приволжском – здесь производится соответственно 34,1 и 30,4 % от его общего сбора зерна.

Зерно овса обладает высокими пищевыми и кормовыми свойствами. Основными задачами при возделывании культуры является совершенствование технологии ее возделывания, создание сортов с повышенным содержанием белка и оптимальным аминокислотным составом. Необходимо также освоение в практике голозерных сортов культуры, что позволит более широко использовать овес при кормлении свиней и птицы.

Интенсивное ведение животноводства и птицеводства невозможно без ценных высокоэнергетических кормов. Почвенно-климатические условия в стране позволяют значительно увеличить площади и валовые сборы зерна кукурузы. Перспективная потребность в ней составляет около 11 млн. т, в том числе на кормовые цели может быть израсходовано 7 млн. т.

Основным производителем зерна является Южный федеральный округ (90%). По данным областных, краевых и республиканских органов АПК, в ближайшей перспективе площади под кукурузой должны оставаться на уровне 1,1-1,2 млн. га, а устойчивый валовой сбор зерна должен составить 3,4-3,5 млн. тонн. Основным производителем зерна остается Южный федеральный округ (72,5%), планируется увеличение производства зерна кукурузы в Приволжском (15,8%) и Центральном федеральных округах.

В целом по стране необходимы срочные меры по стимулированию производства зерна кукурузы для целей животноводства. Современное технологическое и научное обеспечение позволяют получать не менее 50-60 ц/га зерна кукурузы и при минимальной площади посева 2,0-2,5 млн. га обеспечить производство 10-12 млн. т. Основная проблема – технологическое обеспечение возделывания, уборки и послеуборочной доработки кукурузы.

А для аридных территорий южных регионов страны перспективными культурами для производства зернофуража являются сорговые культуры. Зерно сорго, сорго-суданковых гибридов обладает высокими энергетическими свойствами, а культуры высокой жаростойкостью и эффективным расходом влаги на образование единицы биомассы. В настоящее время площади сорговых культур в стране не превышают 22 тыс. га и сосредоточены в Центральном, Южном и Приволжском округах. В перспективе ожидается увеличение площадей, а валовых сборов зерна на уровне 190,0 тыс. т.

По этой группе культур также необходимы меры по расширению площадей и валовых сборов зерна, что значительно повысит устойчивость производства зернофуража и его качество.

Одним из основных источников кормового белка в стране должны стать зернобобовые культуры (горох, пелюшка, вика, люпин и другие). Потребность в кормовом зерне таких культур составляет около 6,0 млн. т. В настоящее время производится 1,6 млн. т, в ближайшей перспективе ожидается 4,5-4,6 млн. т.

Для увеличения объемов и особенно устойчивости производства зернобобовых культур необходимо совершенствовать технологии их возделывания в одновидовых и смешанных посевах, внедрение новых сортов с повышенным содержанием белка и метионина, низким содержанием танинов и ингибиторов трипсина.

Таким образом, необходимость увеличения валовых сборов и улучшения качества производимого зерна, совершенствования структуры посевных площадей зернофуражных культур, повышения эффективности использования концентрированных кормов в животноводстве определяет ряд научных задач, которые необходимо решать в ближайшее время.

В соответствии с решением Отделения растениеводства Россельхозакадемии, на 2006-2010 гг. была разработана координационная программа по зернофуражу «Научно обосновать перспективы производства зернофуражных культур по природно-экономическим регионам Российской Федерации, создать новые сорта, разработать высокоэффективные технологии их возделывания и использования в кормлении сельскохозяйственных животных». Это задание включено в Межведомственную координационную программу РАСХН на 2006-2010 год.

**Научные исследования по зернофуражным культурам** в рамках Межведомственной координационной Программы НИР включают 7 основных направлений (табл. 3).

Таблица 3

### Основные направления научных исследований по зернофуражным культурам

№ п/п	Основные направления исследований	Головные учреждения и институты
1.	Научный анализ состояния зернового хозяйства страны и специализации животноводства; оптимизация размещения продовольственных и фуражных культур в зональных системах земледелия и севооборотах, структура посевных площадей	РАСХН МСХ РФ ВИК ВНИИЗК ВИПС ВНИИФБиП ВНИИЗБК ВНИИ кукурузы НИИСХ ЦР НЗ СибНИИ кормов ВНИИЭСХ ДальНИИСХ ТатНИИСХ УралНИИСХ НИИСХ ЦЧП НИИСХ ЮВ НИИСХ СВ ДонНИИСХ ВНИИ сои ВНИИ люпина
2.	Разработка требований к созданию сортов зернофуражных культур; новые сорта зерновых и зернобобовых культур кормового направления; новые методы эдафической и фитоценотической селекции; система семеноводства, технологии производства высококачественных семян	ВНИИ рапса ВНИИМК ВНИИМС НИИКП ВНИТИП СибНИИПТИЖ Кабардино-Балкар СтавНИИСХ ТамбовНИИСХ РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, Орловская ГАУ Курская ГАУ ИФПК (РАН)
3.	Адаптивные, ресурсосберегающие технологии возделывания зерновых и зернобобовых культур в одновидовых и смешанных посевах; критерии и параметры конструирования простых и сложных агрофитоценозов	
4.	Нормы и рационы кормления животных на основе энергетической и протеиновой питательности зернофуражных культур; коэффициенты биоконверсии и экономической эффективности зерна различных видов по выходу и качеству животноводческой продукции, влиянию на физиологическое и репродуктивное состояние животных	
5.	Приемы подготовки зернофуража и отходов переработки зерна к скармливанию, приотвлечение комбикормов; рецепты концентрированных кормов на основе озимой ржи, вики, люпина и сортовых культур	
6.	Нормативы использования концентратов в зависимости от качества объемистых кормов для крупного рогатого скота; методы оценки качества зернофуража на основе доступности питательных веществ для животных	
7.	Технологии хранения и использования фуражного зерна повышенной влажности в районах с избыточным количеством осадков	

Анализ состояния зернового хозяйства страны показывает, что сложившиеся посевные площади, соотношение озимых и яровых культур в основном соответствуют почвенно-климатическим условиям регионов, проблема совершенствования структуры посевных площадей заключается в оптимизации видового и сортового состава в группах озимых и яровых культур. Для совершенствования структуры посевных площадей приоритетное развитие должны получить следующие культуры (табл. 4).

Таблица 4

### Приоритетное расширение площадей зерновых культур по природно-экономическим районам

Природно-экономические районы	Культуры, требующие расширения площадей
Северный и Северо-Западный	Озимая рожь, ячмень, овес, люпин, горох, вика
Центральный и Волго-Вятский	Озимая пшеница, ячмень, тритикале, горох, вика, люпин
Центрально-Черноземный	Кукуруза, зернобобовые, ячмень, сорговые
Поволжский	Озимая рожь, тритикале, кукуруза, ячмень, зернобобовые, сорговые
Северо-Кавказский	Озимый ячмень, кукуруза, зернобобовые, в т.ч. соя
Уральский	Озимая рожь и пшеница, ячмень, зернобобовые
Западно-Сибирский	Ячмень, зернобобовые
Дальневосточный	Кукуруза

Во всех регионах необходимо увеличить площади зернобобовых культур и ячменя, в северных регионах – озимой ржи, в южных – кукурузы, озимого ячменя и сорговых культур. В районах возделывания озимой пшеницы и ржи перспективной зернофуражной культурой является тритикале.

**Стандартизация качества зернофуража.** Несмотря на различия в продуктивной ценности зернофуражных культур по выходу животноводческой продукции до сих пор не разработаны стандартные показатели качества на фуражное зерно; отсутствуют требования на технологические и селекционные аспекты управления качеством такого зерна. В стране практически не проводится научно-исследовательская работа по этим проблемам.

Видовое разнообразие и качественный состав зерновых культур, соответствующие почвенно-климатическим особенностям регионов России, определяют целостность стандартизации не только отдельных видов зернофуража, но также и состава комбикормов для молочного и мясного скотоводства, свиноводства, птицеводства, других отраслей животноводства. региональные стандарты на комбикорма должны отражать специализацию зернового хозяйства. Так, в северных районах России нормы ввода ржи в состав комбикормов могут составлять до 40%, в южных – свыше до 50%.

**Селекция сортов и гибридов зернофуражных культур** должна быть направлена на увеличение в зерне белка, лизина, а также на снижение содержания клетчатки, особенно в ячмене и овсе. В таблице приводятся параметры качества для селекции основных зернофуражных культур на перспективу (табл. 5).

Кроме количественных аспектов в решении проблемы селекции зернобобовых является содержание в кормах антипитательных факторов. Действие их обычно проявляется на этапе «растение-животное» и характеризуется снижением поедаемости, ввиду наличия веществ, понижающих вкусовые качества корма или действующих как ингибиторы ферментов на стадии усвоения его животными.

Так, переваримость необработанной соевой муки составляет 50%, а обработанной теплом – 80%. Биологическая ценность протеина гороха возрастает с 49,5% до 74,1% после обработки его теплом и небольших добавок метионина. Снижают потребление корма также танины, гемагглютинины, сапонины, алкалоиды, глюкозиды, присутствующие у бобовых, и др. Часть из этих веществ проявляют свое

отрицательное действие на уровне промежуточного обмена, влияют на состав крови, обмен веществ.

Таблица 5

### Эталон качества и достижимый состав зерна кукурузы, пшеницы и ячменя

Показатели	Эталон качества	Кукуруза	Пшеница	Ячмень	
Обменная энергия, МДж/кг	16,3	16,7	16,3	14,6	
Сырой белок, %	17,6	13,0	17,0	14,5	
Лизин, г на 100 г	Белка	4,8	4,8	3,7	4,8
	Зерна	0,85	0,62	0,63	0,70
Сырая клетчатка, %	2,2	2,2	2,2	4,1	
Сырой жир, %	4,0	5,0	2,08	2,8	

Детоксикация бобовых должна осуществляться по двум направлениям: 1) селекция на создание сортов, свободных от антипитательных факторов и 2) разработка технологии обработки с целью не только снятия антипитательных свойств, но также повышения биологической ценности протеина, то есть увеличения доступных для усвоения аминокислот.

При селекционной работе большое значение имеет оценка исходного материала, а также перспективных сортов по питательности, аминокислотному составу и биологической ценности зернобобовых. В настоящее время появилось много новых сортов гороха, люпина, кормовых бобов, вики, которым необходимо дать всестороннюю оценку с учетом новых подходов.

В современном сельском хозяйстве требования к сортам непрерывно возрастают. Высокая продуктивность и качество зерна, иммунитет к болезням и вредителям, большая экологическая пластичность сорта должны сочетаться с пригодностью выращивания его в условиях промышленной технологии. Сочетание этих признаков обуславливает новый тип сорта.

Важнейшим фактором интенсификации растениеводства является использование гетерозиса. Рост производства фуражного зерна в значительной мере связан с распространением гетерозисных гибридов кукурузы, тритикале и сорго.

Весьма перспективным направлением в селекции является увеличение содержания в злаковом зерне лизина. Примером этого направления являются типы кукурузы Опейк-2, Флаури-2 и ячмень сорта Хайпроли. В настоящее время эти исследования в стране практически не ведутся. Однако при выведении таких специализированных сортов сильно снижается их урожайность, что также может стать предметом целенаправленной селекции на продуктивность.

**Минеральные удобрения** являются основным технологическим приемом повышения продуктивности посевов и устойчивости производства зернофуража. Окупаемость 1 кг NPK в Нечерноземной зоне европейской части РФ составляет от 5,4 до 7,7 кг; в южных районах – от 2,4 до 6,5 кг; в районах Западной и Восточной Сибири – от 2,4 до 7,9 кг зерна. По обобщенным данным, при применении азотных удобрений существенно (на 30–40%) повышается обеспеченность зерна сырым протеином.

Так, при увеличении дозы удобрений от 0 до 150 кг азота количество протеина в ячмене увеличивается с 12,3 до 16,8%, озимой пшенице – с 11,4 до 16,9%, яровой – с 12,8 до 18,9%, овсе – с 11,7 до 15,0%, кукурузе – с 9,6 до 11,1%. В связи с этим минеральные удобрения, наряду с селекцией, являются, по существу, стратегическим ресурсом увеличения производства зернофуража и кормового белка в России.

**Комбикорма** являются наиболее эффективным способом использования зернофуража. Производство их за по-



следние годы составляет около 10,0 млн. т, или 25% по сравнению с 1990 г. Из общего количества перерабатываемого сырья доля зерна составляет 65-70%. В развитых зарубежных странах доля зерна при производстве комбикормов постоянно сокращается и в настоящее время составляет во Франции – 48%, Англии – 39%, США – 50%.

Сокращение зерновой части в комбикормах за рубежом происходит за счет увеличения доли высокобелкового сырья, энергетических кормовых средств, использования вторичных продуктов, получаемых в спиртовой, пивоваренной, крахмалопаточной, молочной и других отраслях перерабатывающей промышленности. Такие ценные энергетические продукты, как жир и меласса, в отечественных комбикормах используются в незначительном количестве – всего 0,1%, жом – 0,4%; в зарубежных странах их доля составляет 6,0–10,5%.

Особенно остро стоит проблема повышения белковости производимых концентратов. В настоящее время в комбикорма вводится не более 14% белкового сырья против 18%, требуемых по норме. Для балансирования зернофуража, используемого непосредственно в хозяйствах, доля белкового сырья составляет всего 6%. Научные исследования и расчеты показывают, что полное обеспечение животноводства России полноценными сбалансированными комбикормами равноценно ежегодной экономии 12-15 млн. т фуражного зерна.

Производство белкового сырья в России в настоящее время совершенно не удовлетворяет потребностей животноводства. В ближайшей перспективе планируется произвести 5,0-5,5 млн. т жмыхов и шротов (в 2006 г. их произведено 2,3 млн. т, крайне недостаточно производится рыбной и мясокостной муки).

Недостающее белковое сырье закупается за границей, что приводит к увеличению стоимости комбикормов. Это является причиной того, что потребителям недоступны дорогостоящие комбикорма, спрос на них падает, снижаются объемы их производства. В настоящее время в стране насчитывается 347 комбикормовых заводов суммарной производственной мощностью 35,6 млн. т, которая используется лишь на 28%.

**Роль качества объемистых кормов в сокращении затрат зерна на корм скоту.** В настоящее время потребление зерна в скотоводстве составляет около 40% от его общего расхода на кормовые цели, а доля концентрированных кормов в рационах составляет 25-26% и выше.

При повышении качества объемистых кормов расход концентратов в рационах можно снизить минимум до 20%, а увеличение концентрации сырого протеина до 14-16% исключает использование высокобелковых кормов.

В масштабах страны даже в настоящее время в скотоводстве за счет повышения качества объемистых кормов можно сократить расход фуражного зерна на 2-2,5 млн. т.

**Приемы, обеспечивающие повышение эффективности использования зернофуража животными,** в последние годы широко применяются на практике. Например, экструдирование увеличивает переваримость сухого вещества зерна у свиней на 20,5%. Кроме того, в результате экструдирования и тепловой обработки устраняется токсичность зерна, обусловленная присутствием токсичных грибов.

В последние годы широкое распространение получило использование комплексных ферментных препаратов – мультиэнзимных компонентов (МЭК). Они способствуют разрушению трудноусвояемых углеводов и снятию ингибирующего эффекта. Комплекс ферментов МЭК-СХ-1, ис-

пользуемый на пшенично-ячменных и с использованием ржи рационах, повышает продуктивность птицы и эффективность конверсии корма в продукцию животноводства.

В районах избыточного увлажнения одним из направлений снижения потерь и сохранения питательных свойств является консервирование влажного зерна. Влажное фуражное зерно можно силосовать как обычным способом, так и с использованием химических консервантов. Зерно предварительно расплющивается или дробится. Плющение предпочтительнее по энергозатратам и лучше используется. Зерно злаковых культур можно силосовать и в измельченном виде, но с обязательным его плющением или дроблением перед скармливанием.

**Координация научных исследований.** Задачи научного обеспечения развития кормопроизводства в условиях климатических и погодных изменений состоят в создании новых устойчивых сортов кормовых культур; оптимизации видовой и сортовой структуры посевных площадей, обусловленной климатическими, погодными и земельными условиями регионов; разработке предложений по оптимизации ареалов экономически оправданного размещения основных кормовых культур в связи с глобальными и локальными изменениями климата на территории России; разработке регионально дифференцированных систем кормопроизводства.

Территория России, простираясь с севера на юг и с запада на восток на тысячи километров, охватывает 12 природных зон (тундровая, лесотундровая, северо-, средне- и южно-таежная, широколиственно-лесная, лесостепная, степная, сухостепная, полупустынная, пустынная, субтропическая) и несколько сотен сильно отличающихся друг от друга (по рельефу, историческому прошлому, климату, почвам, растительности, экономике и т.п.) ландшафтов или природных районов.

Для громадной территории России с большим разнообразием природных условий, широкой географической и экологической гетерогенностью почвенно-климатической среды не может быть универсальных сортов и технологий кормопроизводства, одинаково пригодных для всех природных зон, регионов и экологических условий. Виды и сорта кормовых растений и технологии кормопроизводства должны обладать климатической, географической, ландшафтной и экологической приспособленностью, устойчивостью к комплексу абиотического и биотического стресса в определенных регионах. Нет сортов и технологий, которые могли бы с равным успехом использоваться во всех природных зонах, регионах и экологических условиях.

Разнообразие природно-климатических условий и обширность территории России являются нашими важнейшими стратегическими ресурсами. Воздействие климата будет неоднозначным (+, -) на обширной территории России. Умение наилучшим образом использовать это свое преимущество, управлять этими возобновляемыми ресурсами, опираясь на их природные особенности, создавать зонально-, ландшафтно- и экологически дифференцированные сорта и технологии – необходимые условия создания сбалансированного, сильного и устойчивого к любым изменениям климата сельского хозяйства.

Решение проблем и успешные перспективы производства и использования зернофуража в России, роль которого в кормовом балансе будет возрастать, возможны только на основе тесной координации и кооперации научных учреждений страны.

УДК 632.4:633.1:633.34/35

# Зараженность зерна бобовых и зернофуражных культур токсиногенными грибами в условиях Западной Сибири

## Seed infections of legume and grain crops with toxinogen fungus in conditions of Western Siberia

И.М. ГОРОБЕЙ,  
Л.Ф. АШМАРИНА,  
СибНИИкормов, СО РАСХН  
e-mail: gorobey\_i@mail.ru

I.M. GOROBHEY, L.F. ASHMARINA,  
Siberian Fodder research Institute,  
Siberian Branch of Russian  
Agricultural academy  
e-mail: gorobey\_i@mail

Изложены результаты изучения состава токсиногенных грибов на зерне бобовых и зернофуражных культур в условиях Западной Сибири. Выявлены доминирующие виды грибов рода *Fusarium* Link.

**Ключевые слова:** зараженность зерна, зернобобовые культуры, зернофуражные культуры, токсиногенные грибы, токсичность.

*There are stated the results of studying of specific structure toxinogen fungus on a seeds of legume and grain crops in conditions of Western Siberia. The dominant species of fungi of Fusarium genus have been revealed.*

**Key words:** seed infection, legume crops, grain crops, toxinogen fungus, toxic effect.

В настоящее время наряду с необходимостью повышения урожайности кормовых культур остро стоит проблема качества кормов. В последние годы нарастает распространение и вредоносность фитопатогенных грибов – возбудителей болезней сельскохозяйственных культур, продуцирующих микотоксины, опасные для человека и животных; возрастает загрязнение зерновых кормов и комбикормов микотоксинами. Ежегодно до 25% зерна сельскохозяйственных культур в мире заражено токсиногенными грибами [1,2]. Зараженное токсиногенными грибами зерно, содержащее микотоксины, является причиной возникновения и развития микотоксикозов. Микотоксины способны оказывать канцерогенное и мутагенное действие, обладают иммуносупрессивными и нефротоксичными свойствами [3]. Даже незначительные количества микотоксинов в кормах обладают негативным эффектом и способны накапливаться в организме, кроме того, существует опасность синергетического действия микотоксинов при одновременном загрязнении кормов несколькими видами токсиногенных грибов [4].

Основными продуцентами микотоксинов являются грибы рода *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Alternaria* [3,5,6]. Заражение растений и зерна фитопатогенами может происходить в период вегетации и в процессе хранения. Наибольшую опасность в период вегетации для растений представляют грибы рода *Fusarium*. Только в посевах зерновых культур в Западной Сибири отмечено более 20 видов и ва-

риаций грибов данного рода [7]. Интенсивное заражение видами рода *Aspergillus* и *Penicillium* происходит, как правило, при нарушении режимов хранения зерна, а партии зерна, зараженные грибами рода *Fusarium*, в период хранения в значительной степени подвергаются поражению плесневыми грибами.

Целью наших исследований явилось изучение состава токсиногенных фитопатогенов на зернобобовых (горох, вика, соя, кормовые бобы) и зернофуражных (овес, ячмень) культурах.

### Материалы и методы исследований

Исследования проводили на зернобобовых (горох, вика, соя, кормовые бобы) и зернофуражных (овес, ячмень) культурах. Зараженность зерна определяли с помощью микологического анализа, для выделения патогенов в чистые культуры использовали методы, изложенные в соответствующих руководствах [8,9]. Видовую принадлежность патогенов определяли руководствуясь определителями В.И. Билай [6], Н.М. Пидопличко [10].

Определение токсичности метаболитов грибов проводилось на культуре *Paramecium caudatum* [11].

### Результаты исследований

В результате многолетнего мониторинга зараженности зернобобовых культур фитопатогенами установлено ежегодное присутствие комплекса токсиногенных видов – грибов рода *Fusarium*, *Alternaria*, *Penicillium* и *Aspergillus*. Зараженность зерна гороха грибами р. *Fusarium* в наших исследованиях составляла 4-37%, видами р. *Alternaria* – 58-94%, *Penicillium* – 12-16%, *Aspergillus* – до 2%. Вика поражалась грибами р. *Fusarium* до 6%, видами рода *Alternaria* – 36%, *Aspergillus* – 2%; соя – грибами р. *Fusarium* до 10%-22%, видами р. *Alternaria* – 22-76%, *Penicillium* – 2-48%, *Aspergillus* – 4-8%. На кормовых бобах отмечены виды рода *Fusarium* – 16,5-20%, виды рода *Penicillium* 6%-7%, при нарушении режимов хранения зараженность этими грибами возрастала до 99%, *Alternaria* – 38-80%, *Aspergillus* – до 4%.

Изучение зараженности зерна овса выявило наличие грибов рода *Fusarium*, степень заражения которыми составляла от 14% до 25%, видов р. *Alternaria* – 22-96%, *Penicillium* – 4-32%. Ячмень слабее поражался фузариозом – до 2-10%, видами р. *Alternaria* было заражено от 33-37%, *Penicillium* – до 5% зерна.

На зерне ячменя и овса, как показали результаты микологического анализа, наиболее часто встречались следующие виды р. *Fusarium*: *F. sporotrichiella* var. *poae* (Peck.) Bilai, *F. sporotrichiella* Bilai, *F. gibbosum* App. et Wr. emend Bilai, *F. sambucinum* Fackel, *F. avenaceum* (Fr.) Sacc., *F. oxysporum* var. *orthoceras* (App. et Wr.) Bilai. Из зерна зернобобовых культур выделились виды: *F. oxysporum* var. *orthoceras*, *F. solani* (Mart.) App. et Wr., *F. solani* var. *redolens* (Wr.) Bilai, *F. sambucinum* Fackel, *F. gibbosum* var. *bullatum* (Sherb.) Bilai., *F. sporotrichiella* var. *poae*, *F. avenaceum* (Fr.) Sacc.. Большая часть из перечисленных видов является продуцентами опасных микотоксинов [6].

Для изучения токсичности грибов-продуцентов микотоксинов была создана коллекция из 86 изолятов: грибы р. *Fusarium* – 51 изолят, р. *Penicillium* – 20 изолятов, 15 изолятов – грибы р. *Aspergillus*. В результате токсикологического анализа установлено, что 80% изолятов грибов р. *Fusarium* обладали высокой токсичностью – относились к категории остротоксичных и токсичных, среди грибов р. *Penicillium* и р. *Aspergillus* из числа исследованных изолятов к этой категории относились 72% и 38% соответственно. Только от 4% до 16% изолятов оказались нетоксичными.

Таким образом, результаты наших исследований показали достаточно высокий уровень зараженности зернобобовых и зернофуражных культур в условиях Западной Сибири комплексом токсигенных грибов, которые являются потенциальными источниками загрязнения зерна и кормов микотоксинами и представляют опасность для сельскохозяйственных животных.

#### Литература

1. Данилова Т.А. Фитопатогенные грибы и болезни человека / Т.А. Данилова, М.М. Левитин, Н.В. Мироненко // Современная микология в России: Тез. докл.

II съезда микологов России. – Т. 2. – Москва, 2008. – С.176-177

2. Монастырский О.А. Разработка биопрепаратов для борьбы с токсигенными грибами / О.А. Монастырский // Защита и карантин растений. – 2004. – №9. – С. 26-28.

3. Левитин М.М. Микотоксины фитопатогенных грибов и микотоксикозы человека / М.М. Левитин // Успехи медицинской микологии. – Т.1. – М.: Национальная академия микологии, 2003. – С.148-150.

4. Тремасов М.Я. Вопросы рационального использования кормов, контаминированных микотоксинами / М.Я. Тремасов, А.И. Сергейчев, А.З. Равилов // Успехи медицинской микологии. – Т.1. – М.: Национальная академия микологии, 2003. – С.155-156.

5. Монастырский О.А. Токсинообразующие грибы, паразитирующие на зерне / О.А. Монастырский // Агро XXI. – 2001. – №11. – С.6-7.

6. Билай В.И. Фузариоз / В.И. Билай - Киев: «Наукова думка», 1977. – 444 с.

7. Ашмарина Л.Ф. Совершенствование защиты зерновых культур от болезней и вредителей в Западной Сибири / Л.Ф. Ашмарина // Автореф. дис. д-ра с.-х. наук. – Новосибирск, 2005. – 42 с.

8. Методические указания по диагностике фитоторозов, корневых гнилей и увядания бобовых культур. – Л.: ВИЗР, 1990. – 28 с.

9. Наумова Н.А. Анализ семян на грибную и бактериальную инфекцию / Н.А. Наумова – Л: Колос, 1970. – 204 с.

10. Пидопличко Н.М. Грибы-паразиты культурных растений. Определитель / Н.М. Пидопличко – Киев: «Наукова думка». 1977., Т.2. – 300 с.

11. Методические указания по санитарно-микологической оценке и улучшению качества кормов. – М.- 1985. – 68 с.



УДК 631.95

# Направления решения экологических проблем в сельском хозяйстве стран СНГ

## Ecological Problems of Agriculture of CIS countries

**А.В. ГОЛУБЕВ,**  
Саратовский ГАУ  
им. Н.И. Вавилова  
e-mail: gav@sgau.ru

**A. V. GOLUBEV,**  
the Saratov State Agrarian  
University named after  
N.I. Vavilov  
e-mail: gav@sgau.ru

*В статье изложены основные экологические проблемы стран СНГ, обусловленные сельскохозяйственным производством. Общим для стран Содружества является падение почвенного плодородия, деградация сельских земель, загрязнение водоемов и водотоков в сельской местности, отсутствие действенного механизма производства и реализации экологически чистой продукции. Показаны основные пути и методы решения экологических проблем в сельском хозяйстве стран СНГ.*

**Ключевые слова:** экологические проблемы, сельское хозяйство, страны СНГ.

*In the article the basic ecological problems of the CIS countries caused by agricultural production are stated. The drop in soil fertility, degradation of rural lands, pollution of reservoirs and waterways in countryside, lack of the effective mechanism of production and realization of ecologically clean production are typical for all CIS countries. The main ways and methods of the decision of ecological problems in agriculture of CIS countries are shown.*

**Key words:** ecological problems, agriculture, CIS countries.

Сельское хозяйство стран СНГ занимает большое место в экономиках этих государств, хотя его значение в народно-хозяйственных комплексах весьма различно (табл. 1). Между тем, каждое из государств Содружества имеет развитую агросферу, играющую исключительно важную роль не только в обеспечении продовольственной безопасности, но и в поддержании сельского уклада, в формировании здоровой окружающей среды. Более того, аграрное производство во многом оказывает влияние на природу и в еще большей степени — зависит от нее.

Сельское хозяйство стран СНГ имеет в основном примерно одинаковый набор экологических проблем. Основными из них являются: падение почвенного плодородия, деградация сельскохозяйственных земель, загрязнение водоемов и водотоков в сельской местности, непроработанность механизма производства и реализации экологически чистой продукции. Несмотря на то, что с началом образования стран СНГ стали появляться объективные предпосылки улучшения состояния окружающей среды, обусловленные падением объемов промышленного производства и снижением техногенной нагрузки, сельскохозяйственные товаропроизводители не смогли в полной мере ими воспользо-

ваться. Между тем, многие из членов независимого Содружества, несмотря на нехватку средств, выделяемых на поддержку сельского хозяйства, обладают потенциальными конкурентными преимуществами на продовольственном рынке. Для большинства из них, в частности, России, Украины и Казахстана, стратегическим ресурсом является наличие огромных площадей сельскохозяйственных угодий, на которых может производиться экологически чистая продукция. Малые дозы агрохимикатов, вносимые на российских и казахстанских полях в течение последних десятилетий, и в целом низкоинтенсивные способы ведения производства позволили сохранить реликтовые оттенки сельского хозяйства, создавая естественный базис для производства качественной продукции.

Таблица 1

**Основные социально-экономические показатели, характеризующие сельское хозяйство стран СНГ, в 2006 году\***

Страна	Доля, в %				
	Всех сельскохозяйственных угодий в общей территории	Сельского населения в общей численности населения (на конец года)	Сельского хозяйства в валовой добавленной стоимости	Сельского хозяйства в объеме инвестиций в основной капитал	Занятых в сельском хозяйстве в общей численности занятых
Азербайджан	50	48,5	14,0	0,9	40,0
Армения	47	35,8	23,2	2,6	45,8
Беларусь	45	28,5	8,9	5,9	11,3
Грузия	43	47,7	24,8	0,04	52,1
Казахстан	82	43,3	8,3	1,3	35,0
Кыргызстан	54	65,1	38,7	4,6	52,5
Молдова	75	59,0	21,9	5,2	42,9
Россия	13	26,6	5,3	2,9	11,0
Таджикистан	32	73,6	27,0	7,2	67,5
Туркменистан	...	56,4	22,9	...	...
Узбекистан	60	63,0	34,5	8,2	...
Украина	69	32,8	11,9	4,2	23,1

\*По данным: Агропромышленный комплекс в странах Содружества Независимых Государств: статистический сборник / Межгосударственный статистический комитет Содружества Независимых Государств. — М., 2004. С. 17; Российский статистический ежегодник. 2007: Стат. сб. / Росстат. — М., 2007. — с. 782,798.

Данное обстоятельство во многом определяет путь развития сельского хозяйства большинства стран Содружества, который не должен копировать построение интенсивно технократического уклада, сформировавшегося в развитых государствах.

До настоящего времени остаются нерешенными проблемы нормативной правовой базы в сфере производства и оборота продуктов экологического сельского хозяйства и природопользования, соответствующей международным правилам и нормам ведения экологического агропроизводства; не созданы законодательные и экономические условия для развития внутреннего рынка экологически чистой продукции; не обеспечены права потребителей и их защита от фальсифицированной продукции; отсутствует действенная система контроля за соблюдением требований и норм производства, переработки, хранения, транспортировки и реализации экологически чистой продукции.

Пока в законодательной системе многих государств СНГ отсутствуют понятия «экологически чистая продукция». Не существует законов об экологическом производстве, а также и национальных рынков экологической продукции. Система сертификации продуктов ориентирована на конечный продукт, в то время как должен отслеживаться весь процесс производства, переработки, хранения и реализации продукции.

Для формирования и развития экологического сельского хозяйства необходима существенная государственная поддержка. Как показывают расчеты, продукция, произведенная биологическими методами, требует больше затрат по сравнению с обычными технологиями, включающими широкомасштабное использование агрохимикатов и применение высокоинтенсивных методов производства. В ряде развитых государств, кроме прямых дотаций на развитие сельского хозяйства, предприятия, осуществляющие производство экологически чистой продукции, могут рассчитывать на дополнительную поддержку сохранения природных ландшафтов, компенсацию затрат на сертификацию объектов получения биологических продуктов, а также на покупку специального оборудования и экологического семенного материала.

Однако, имея необходимую правовую базу и отработанный хозяйственный механизм на всех стадиях продуктовой цепи от производства до реализации экологически чистой продукции, развитые страны располагают гораздо меньшими потенциальными возможностями, чем страны СНГ. Для реализации конкурентных преимуществ в данном секторе агропродовольственного рынка необходима целенаправленная государственная политика правительств стран Содружества, которая требует координации действий в рамках государств Содружества. Это позволит сформировать единый рынок экологически чистых продуктов, который в настоящее время представлен в усеченном виде отдельными импортными товарами, наполнив его продукцией стран постсоветского пространства. Объективно объемы экологического производства сельского хозяйства государств СНГ позволяют не только удовлетворить суммарные внутренние потребности в биологических продуктах питания, но и выйти с этой продукцией на мировой рынок.

Предотвратить загрязнение окружающей среды в результате техногенного воздействия можно посредством создания эффективного механизма рационального природопользования и системой срезозащитных мероприятий. В странах СНГ за последнее время совершенствуется законодательная база и растут затраты на охрану окружающей среды. Так, эти расходы только за период с 2003 г. по 2007 г. в Казахстане возросли в 2,4 раза, достигнув 58,7 млрд. тенге. Парламент Азербайджана внес изменения в Уголов-

ный кодекс, определяющие наказание за преступления антиэкологического характера. Значительная работа по совершенствованию нормативно-правовой базы проводится в Армении, где принимаются меры по повышению эффективности санитарного и фитосанитарного контроля, обеспечению безопасности пищевых продуктов и другим экологическим направлениям. Как следует из национальных обзоров применения экологических показателей, представленных Комитету по экологической политике на совместном совещании по экологическим показателям 31 августа – 2 сентября 2009 г. в Женеве, в государствах Содружества совершенствуется государственная система экологического мониторинга и статистических наблюдений в сфере охраны окружающей среды. Для стран постсоветского пространства разработано Руководство Европейской экономической комиссии ООН (ЕЭК ООН) по применению экологических показателей в странах Восточной Европы, Кавказа и Центральной Азии. Преобладающее большинство показателей, руководство, сбор и разработка которых осуществляется органами статистики, находят свое отражение в национальных докладах, отчетах, информационных сообщениях, статистических ежегодниках и тематических сборниках, что создает основу для мониторинга состояния объектов окружающей среды и управления природоохранной деятельностью. В частности, на Украине согласно Закону «Об охране окружающей природной среды» ежегодный Национальный доклад об экологическом состоянии публикуется и размещается в системе Интернет. В 2008 г. Минприроды Украины начал проект, в рамках которого предусмотрены научное обоснование и разработка системы экологических индикаторов на основе рекомендаций ЕЭК ООН для использования органами государственной власти, органами местного самоуправления и информирования общественности. В этих документах, в частности, содержится информация о внесении минеральных и органических удобрений, использовании пестицидов в сельском хозяйстве.

Вместе с тем, во всей этой обширной статистической отчетности отсутствует информация о важнейшем показателе экологического благополучия аграрного производства – почвенном плодородии сельскохозяйственных земель. Известно, что все основные характеристики почвенного плодородия за обозримый период устойчиво ухудшаются. Со времен В.В. Докучаева (конец XIX века) российские и украинские черноземы почти вдвое утратили запас почвенного гумуса. Вместе с ним резко сократилось количество элементов питания растений, ухудшилась структура почвы, прогрессируют эрозийные процессы. Нарушение объективных законов природы привело к снижению естественного плодородия сельскохозяйственных земель на всей постсоветской территории и, более того, в ряде случаев вызвало экологические катастрофы. Достаточно сказать, что первые рукотворные пустыни в Европе появились во второй половине прошлого века в Калмыкии и Ставропольском крае вследствие выпаса чрезмерного поголовья овец, выбивших естественный травяной покров пастбищ. Экологическая катастрофа произошла в Средней Азии, в бассейне Аральского моря. Однобокое специализированное развитие крупных отраслей, таких, как, например, хлопководство в Узбекистане и Таджикистане, в настоящее время превратилось в сдерживающий фактор.

Для преодоления падения почвенного плодородия в первую очередь необходимо проводить мониторинг важнейших характеристик продуктивности земли. Для мониторинга не нужно выполнять глобальных почвенных анализов, охватывающих всю совокупность сельскохозяйственных земель, а достаточно начать с того, что при покупке или передаче земель в аренду зафиксировать основные параметры

почвенного плодородия: количество гумуса, содержание некоторых элементов питания растений, степень эродированности и т.п. На первых порах вполне достаточно констатировать хотя бы одну важнейшую характеристику почвенного плодородия, например, содержание почвенного гумуса. Определить его изменение в процессе хозяйственного использования земли можно как лабораторным путем, проводя агрохимические анализы, так и при помощи нормативного метода расчета, сравнивая приход органического вещества в почву с растительными остатками и внесением навоза с расходом, обусловленным минерализацией гумуса и выносом с урожаем возделываемых культур. Для этого разработаны соответствующие нормативы применительно к различным природно-климатическим зонам страны. Данный расчет не представляет сложности для специалиста сельского хозяйства, и мы с успехом учим этому студентов в Саратовском ГАУ им. Н.И. Вавилова вот уже на протяжении полутора десятка лет.

Например, применительно к условиям Поволжья, согласно данной методике, расчет производится в следующей последовательности. Вначале определяется баланс почвенного гумуса на имеющейся в хозяйстве площади по формуле:

$$B_z = \sum [S(YK_0K_{co}) - S(C_zK_m)] + (O_yK_cK_{cy})$$

где S – площадь возделывания сельскохозяйственных культур или пара, га; Y – урожайность, т/га; K<sub>0</sub> – коэффициент выхода корневых и пожнивных остатков; K<sub>co</sub> – коэффициент гумификации корневых и пожнивных остатков; C<sub>z</sub> – содержание гумуса в почве, т/га; K<sub>m</sub> – коэффициент минерализации гумуса; O<sub>y</sub> – количество внесенных органических удобрений, т; K<sub>c</sub> – коэффициент пересчета органических удобрений в сухое вещество (для навоза в Поволжье – 0,5); K<sub>cy</sub>

– коэффициент гумификации органических удобрений (для навоза в Поволжье – 0,25).

Расчет изменения баланса гумуса делается на всю закрепленную за хозяйством площадь, включая под возделываемыми культурами паром. При этом учитывается количество внесенных органических удобрений (табл. 6).

Запасы гумуса Z, т/га, в пахотном слое почвы определяются по формуле:

$$Z = HdA$$

где H – мощность пахотного слоя почвы, см, которая может изменяться в зависимости от типа, подтипа почвы, глубины вспашки и т.д.; d – плотность пахотного слоя; A – средневзвешенное содержание гумуса в пахотном слое почвы, %.

Процентное содержание гумуса приводится в очерках к почвенным картам хозяйства, в агрохимических паспортах полей или книгах землеустройства.

Зная урожайность сельскохозяйственных культур, при помощи коэффициентов можно определить выход корневых остатков, который при умножении на коэффициент их гумификации (0,175) показывает накопление гумуса из растительных остатков. Баланс гумуса следует корректировать, учитывая количество органического вещества, поступающего из удобрений. В данном случае внесено 1375 т навоза на всю площадь чистого пара, или 25 т/га.

Коэффициент гумификации навоза в пересчете на сухое вещество равен 0,125. Это означает, что одна часть гумуса эквивалентна восьми частям стандартного навоза. Следовательно, в расчете на гектар удобренной площади накопление органического вещества почвы от внесения навоза составит 3,125 т (25 т/га ÷ 0,125). Сравнивая поступление гумуса с его минерализацией, определяемой как произведение содержания органического вещества в почве и коэффи-

Таблица 6

Балансовый расчет изменения содержания гумуса в почве на землях хозяйства

Культура	Площадь, т/га	Урожайность, т/га	Накопление растительных остатков		Накопление гумуса из остатков		Накопление гумуса из органических удобрений			Минерализация гумуса в почве		Баланс гумуса, т		
			коэффициент выхода остатков	выход остатков, т	коэффициент гумификации	накопление гумуса, т	внесение удобрений, т	коэффициент гумификации	накопление гумуса, т	содержание гумуса, т/га	коэффициент минерализации	минерализация, т	на 1 га	на всю площадь
1	2	3	4	5=3×4	6	7=5×6	8	9	10=8×9	11	12	13=11×12	14=7+ 10-13	15=2×14
Озимая пшеница	60	1,8	1,4	2,52	0,175	0,441	*	*	*	150	0,007	1,05	-0,609	-36,54
Яровая пшеница	55	1,3	1,6	2,08	0,175	0,364	*	*	*	150	0,007	1,05	-0,686	-37,73
Просо	6	1,4	1,8	2,52	0,175	0,441	*	*	*	150	0,007	1,05	-0,609	-36,54
Ячмень	50	1,6	1,1	1,72	0,175	0,301	*	*	*	150	0,007	1,05	-0,749	-37,45
Подсолнечник	30	0,9	0,16	0,144	0,175	0,0252				150	0,014	2,1	-2,0748	-62,244
Однолетние травы: сенаж	50	15,0	0,16	2,4	0,175	0,42				150	0,007	1,05	-0,63	-31,5
зеленый корм	30	15,8	0,16	2,528	0,175	0,4424				150	0,007	1,05	-0,6076	-18,228
Многолетние травы: сено	60	4,1	2,0	8,2	0,175	1,435				150	0,004	0,6	+0,835	+50,1
зеленый корм	10	16,3	0,16	2,608	0,175	0,4564				150	0,004	0,6	-0,1436	-1,436
Кукуруза на силос	35	17,0	0,16	2,72	0,175	0,476				150	0,014	2,1	-1,624	-56,84
Чистый пар	55	*	*	*	*	*	25	0,125	3,125	150	0,02	3,0	+0,125	+6,875
Итого	495	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	-261,533



циента минерализации, который изменяется в зависимости от вида возделываемых культур и типа использования сельхозугодий, устанавливают баланс почвенного гумуса. В нашем примере он отрицательный и составляет в расчете на всю площадь – 261,533 т.

Зная количество утраченного гумуса, можно определить стоимостный эквивалент изменения почвенного плодородия  $\mathcal{E}_n$  по формуле:

$$\mathcal{E}_n = \frac{\Delta C_r}{K_r} \times Z_y$$

где:  $\Delta C_r$  – изменение содержания почвенного гумуса, т;  $K_r$  – коэффициент гумификации стандартного навоза;  $Z_y$  – затраты на использование 1 т навоза.

В нашем случае при величине затрат на 1 т навоза в размере 100 руб. стоимостный эквивалент изменения почвенного плодородия составит – 209226,4 руб.

С тех, кто ухудшил состояние почвенного плодородия, нужно взыскивать стоимостный эквивалент снижения содержания гумуса. На первых порах, чтобы приучить земледельцев к материальной ответственности за со-

стояние почвенного плодородия и в то же время не разорить земледельцев большими затратами, следует взыскивать аналогичную ухудшению плодородия в денежном исчислении сумму не в полном объеме, а хотя бы частично, в небольшом размере. И, напротив, тех, кто повысил почвенное плодородие нужно материально стимулировать из специального фонда, куда будут стекаться денежные штрафы за снижение плодородия и поступать средства из госбюджета, предусмотренные федеральной и региональными программами сохранения сельскохозяйственных земель.

Возможно, вначале, для того, чтобы приучить земледельцев к контролю за состоянием этого важнейшего экологического параметра, вполне достаточно лишь выплачивать денежное вознаграждение тем, кто повысил почвенное плодородие, и не брать в первое время штрафы с нерадивых владельцев земли. Безусловно, нужно уже теперь обозначать подлинный государственный контроль за экологическим состоянием природных объектов, применяя экономические рычаги регулирования. Это позволит предотвратить грядущие экологические катастрофы, сохранить почвенное плодородие и воспользоваться конкурентными преимуществами сельского хозяйства стран СНГ.

## От истоков к настоящему... (к 80-летию лаборатории качества зерна)

## From origins to the present time ...

## (To the 80 anniversary of grain quality laboratory)

**Л.В. АНДРЕЕВА,  
Т.Б. КУЛЕВАТОВА,**  
ГНУ НИИСХ Юго-Востока  
РАСХН, г. Саратов  
e-mail: raiser\_saratov@mail.ru

**L.V. ANDREEVA,  
T.B. KULEVATOVA,**  
Agricultural Research Institute of  
South-East Region, Saratov  
e-mail: raiser\_saratov@mail.ru

*Показана краткая история становления и развития лаборатории качества зерна с момента ее образования и до сегодняшних дней. Названы основные направления научных исследований; особенности и достижения в развитии теории селекции, подготовке научных кадров, технологической оценке качества зерна.*

**Ключевые слова:** качество зерна, технологическая оценка, селекция, биохимия, гибридная популяция, седиментация.

*The short history of formation and development of the grain quality laboratory from the moment of its formation and to our days is shown. The basic directions of scientific researches are named, features and achievements in development of the theory of selection, training of scientific staff, technological estimation of grain quality.*

**Key words:** grain quality, technological estimation, selection, biochemistry, hybrid population, sedimentation.

Летопись лаборатории качества зерна начинается в первой половине XX века. В это время на Саратовской селекционной станции возникают два параллельных направления научных исследований, связанных с качеством зерна. Первое (биохимическое) получило свое развитие в 1916 году с образованием лаборатории биохимии под руководством Н.Н. Ермолаева. Основная деятельность в этот период – определение масличности подсолнечника с целью выявления перспективных по этому показателю селекционных форм. Позднее развернулись работы по оценке содержания сахаров в растениях. Второе (технологическое) направление – изучение мукомольно-хлебопекарных свойств зерна – возглавлял П.Н. Шibaев вплоть до 1938 года. Проводилась широкая оценка крупяных, макаронных и хлебопекарных свойств яровой и озимой пшеницы, ржи, проса с целью развития селекции на эти хозяйственно-ценные признаки.

По инициативе руководителя селекционного центра академика Г.К. Мейстера в декабре 1929 года образовалась новая лаборатория технологии зерна. Она была оснащена современным американским оборудованием: комбинированной опытной вальцевой мельницей, зерноочистительными машинами, электрическими хлебопекарными печами, термостатами, формовочными машинами.

С 1938 по 1977 год лабораторию возглавлял д.с.-х. наук А.И. Марушев, который работал в ней с момента образо-

вания. Важнейшие направления его научной деятельности – изучение влияния различных факторов (ферментов клопачерепашки, условий произрастания, послеуборочного дозревания и мн. др.) на качество зерна. Работая в тесном сотрудничестве с селекционерами, А.И. Марушев особое внимание уделял изучению свойств твердых пшениц. При его непосредственном участии был сконструирован макаронный пресс. Александр Илларионович писал: «Почти полстолетия я проработал в науке, посвятив себя одной из многочисленных отраслей сельского хозяйства – агрономической технологии зерна, ... с 1932 года наша лаборатория в моем лице приступила впервые в Советском Союзе к исследованию макаронных качеств твердых и мягких пшениц. В селекции и вообще в сельском хозяйстве назрел вопрос изучения этих свойств, т.к. после хлеба макароны являются вторым популярным продуктом». Доктором наук А.И. Марушевым было опубликовано более 100 работ, посвященных принципам создания высококачественных пшениц. Александр Илларионович большое внимание уделял созданию высокопрофессионального коллектива. В 1957 году он приглашает в лабораторию Г.В. Пискунову, которая впоследствии успешно защищает кандидатскую диссертацию и становится руководителем подразделения. Более 50 лет своей жизни Г.В. Пискунова посвящает любимому делу.

С 1977 по 1980 год лабораторией заведовала кандидат с.-х. наук Н.Ф. Матвеева. В это же время происходит объединение этого коллектива с лабораторией биохимии. Вновь образованный отдел «Биохимии и качества зерна» возглавляют последовательно М.Н. Гуркина (1980–1983гг.), доктор



Павел Николаевич Шibaев.

биологических наук В.М. Бебякин (1983-1989 гг.). В 1989 году руководством института принимается решение о разделении лаборатории на две самостоятельные структурные единицы: «Биохимия и качество зерна» под руководством д.б.н. В.М. Бебякина и «Технологическая оценка зерна», которую возглавила к.с.-х.н. Г.В. Пискунова.

В это время получают широкое развитие теоретические основы селекции. Можно с уверенностью сказать, что В.М. Бебякиным создана научная школа: под его руководством было защищено 19 кандидатских диссертаций, опубликовано 388 научных работ. Исследования, проводимые в лаборатории, получили признание не только в России, но и за рубежом. Василий Михайлович является почетным членом Нью-Йоркской академии наук. Научные изыскания под его руководством отличаются высоким методическим уровнем, многоплановостью, новизной и доказанностью результатов. Особенностью их является и то, что они проводятся на стыке наук: селекции, биохимии, технологии, генетики и физиологии растений. Изучена эффективность современных методов оценки качества зерна мягкой и твердой пшеницы, разработаны 7 новых методик и модификаций оценки качества зерна. Выявлена лимитированность и информативность показателей качества пшеницы и ржи в связи с селекцией; изучена их генотипическая обусловленность и сопряженность между ними на фенотипическом, генотипическом и генетическом уровнях; минимизирована оценка качества зерна в процессе селекции; разработаны методические основы использования флуоресцентных зондов для решения практических задач и многое другое. В это время в лаборатории работают Н.А. Гошицкая, Р.Г. Сайфуллин, О.В. Крупнова, Н.П. Кузнецова, И.Г. Прокофьева, Н. Коробова, Т.Б. Рогожкина, Д.В. Кайергалиев.

Лаборатория «Технологической оценки качества зерна» традиционно работает в тесном содружестве с селекционерами. Совершенствуются подходы к оценке селекционного материала, сотрудники принимают активное участие в изучении новых сортов и форм, в широкой их пропаганде на семинарах в организациях Министерства сельского хозяйства городских и районных центров области, на ВДНХ в Москве. Г.В. Пискунова является постоянным лектором на курсах в школе повышения квалификации специалистов хлебозаводов «Знак хлеба» и «Сокурский». Проводятся многочисленные экскурсии школьников, студентов высших учебных заведений, техникумов. Сотрудники лаборатории Е.В. Перевалова, В.А. Матвеева, Т.А. Никонорова, Л.П. Беспятова, Г.Ф. Ишина отличаются высоким профессионализмом. Выполняются работы по изучению «смесительной» ценности сортов яровой мягкой и озимой пшеницы; выявляется селекционный материал, устойчивый к ферменту клопа-черепашки.

В 1999 году эти подразделения вновь объединяют в составе «Лаборатории качества зерна», которую до 2005 года возглавляла Г.В. Пискунова. В августе 2005 года заведовать лабораторией назначают к.с.-х. наук Л.В. Андрееву.

Деятельность современной лаборатории качества зерна можно охарактеризовать тремя приоритетными взаимодополняющими направлениями:

1. Научно-теоретические исследования в рамках тематических планов РАСХН включают разные аспекты, среди них изучение эффективности методов оценки зерна на ранних этапах селекции, их унификация; выявление лимитированности, информативности, модификационной изменчивости и генотипической обусловленности всего комплекса показателей качества зерна. Разрабатываются методические

подходы к оценке гибридных популяций яровой мягкой пшеницы на основе их фенотипической и генетической структуры по качеству зерна. На основе генетического разнообразия гибридных популяций обосновывается целесообразность вовлечения в скрещивания сортов и селекционных линий с высокой компенсационной способностью, максимально различающихся между собой по выраженности признаков, улучшение которых является целью селекции. Доказано, что адаптивность и смесительная ценность сортов мягкой и твердой пшеницы сортоспецифичны, в связи с этим обосновывается селекция на улучшение этих свойств. В результате многолетних исследований различных совокупностей сортов по качеству зерна, комбинационной способности, генетическим свойствам и реакции на улучшители и пищевые добавки, выявлен ценный исходный материал, вовлечение которого в скрещивания повысит результативность селекционной работы.

В работе по изучению состояния белково-протеиназного и углеводно-амилазного комплексов эндосперма зерновых культур в лаборатории привлекаются такие методы исследования, как седиментационный, спектрофотометрический, вискозиметрический, электрофоретический и др.

2. Подготовка научных кадров занимает особое место в обеспечении квалифицированного выполнения поставленных задач. Сотрудники лаборатории качества зерна постоянно стремятся пополнить свой научный багаж новыми знаниями, умениями и навыками. Только за последние 10 лет было опубликовано более 200 научных работ. Сложившуюся школу проходят студенты, аспиранты, выпускники вузов. Молодые специалисты приобретают навыки практической и методической работы; получают теоретические знания, необходимые для научного осмысления результатов экспериментов. В коллективе трудятся 1 доктор и 8 кандидатов наук.

3. Технологическая оценка включает анализ селекционного материала и образцов зерна с производственных посевов. Ежегодно в лаборатории производится более 10000 оценок различных технологических свойств зерна, оказываются консультации по проблемам качества зерна и продуктов его переработки заинтересованным лицам.

Современный коллектив лаборатории качества зерна – это Бебякин В.М., Андреева Л.В., Пискунова Г.В., Матвеева В.А., Никонорова Т.А., Крупнова О.В., Кибкало И.А., Кулеватова Т.Б., Злобина Л.Н., Осыка И.А., Осипова С.В.

Многолетняя плодотворная научная деятельность, высокий профессионализм снискали уважение и заслуженный авторитет лаборатории в научном сообществе института и за его пределами.



Коллектив лаборатории качества зерна.



# ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ РУКОПИСЕЙ, ПРЕДОСТАВЛЯЕМЫХ ДЛЯ ОПУБЛИКОВАНИЯ В ЖУРНАЛЕ «АГРАРНЫЙ ВЕСТНИК ЮГО-ВОСТОКА»

## Цели издания журнала:

- публикация результатов научно-исследовательских работ, теоретических и экспериментальных исследований, выполняемых в научно-исследовательских институтах сельского хозяйства Российской академии сельскохозяйственных наук, в учреждениях Академии наук Российской Федерации, на предприятиях, высших учебных заведениях, в российских организациях и за рубежом, а также результатов исследований, выполненных по личной инициативе авторов;
- публикация статей, освещающих современное состояние отдельных проблем и достижения сельскохозяйственной науки;
- публикация материалов научных конференций, симпозиумов, совещаний и информации о российских и зарубежных научных школах;
- освещение результатов внедрения в производство научных работ, передового отечественного и зарубежного опыта.

Рекомендуемые научные направления статей для опубликования в журнале: селекция и семеноводство, защита растений, технологии, земледелие, механизация, почвоведение, экология, животноводство, экономика и др.

В научно-практическом журнале «Аграрный вестник Юго-Востока» публикуются оригинальные и научно-практические статьи (экспериментальные, методические, рекомендательные), аналитические обзоры, рецензии, хроники, персоналии, интервью и другая информация, в том числе рекламного характера.

В статье необходимо кратко изложить состояние дел по изучаемой проблеме со ссылками на публикации. В экспериментальных статьях должны быть указаны: цели, задачи, условия и методы исследований; подробно представлены результаты экспериментов и их анализ; сделаны выводы и даны предложения производству. В статье следует по возможности выделять следующие блоки: введение; цель и задачи исследований; условия, материалы и методы исследований; результаты исследований; выводы.

К статье прилагаются: перевод названия на английском языке, аннотация на русском и английском языке, ключевые слова на русском и английском языке, код УДК, библиографический список. В тексте ссылка на источник отмечается

соответствующей цифрой в квадратных скобках. В списке литературы приводятся только те источники, на которые есть ссылка в тексте. Использование цитат без указания источника информации запрещается.

Объем публикации 5...11 страниц.

## Требования к текстам:

Файл представляется только в форматах \*.doc или \*.rtf.

Текст набирается шрифтами Times или Arial, 14-м кеглем, без абзацных отступов и переносов, с полуторным интервалом.

Таблицы разрешается выполнять в Word'e или Excel'e, инфографику – в Excel'e.

Фотографии представляются в формате \*.jpg, разрешение для черно-белых – 200 dpi, для цветных – 300 dpi.

Статьи необходимо направлять с сопроводительным письмом, с указанием сведений об авторах (фамилия, имя, отчество – полностью, ученая степень, место работы и занимаемая должность) на русском и английском языке, с контактными телефонами и адресами электронной почты для обратной связи.

В случае невозможности перевода на английский язык требуемой информации перевод осуществляет редакция журнала.

Один экземпляр рукописи, подписанный авторами, и статью в электронном виде нужно отправлять по адресу: **410010, г. Саратов, ул. Тулайкова, 7, ГНУ НИИСХ Юго-Востока, журнал «Аграрный вестник Юго-Востока».**

Для ускорения выхода в свет материалы для публикации и сведения об авторах в электронном виде можно направлять по адресу: **agrovest@mail.ru**

Сайт журнала в Интернете: **http://www.ariser.narod.ru/agrovestnik.html**

## Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается.

Несоответствие статьи по одному из перечисленных пунктов может служить основанием для отказа в публикации.

Все рукописи, содержащие сведения о результатах научных исследований, рецензируются, по итогам рецензирования принимается решение о целесообразности опубликования материалов.

# RULES OF MANUSCRIPTS` DESIGN FOR PUBLICATION IN MAGAZINE «AGRARIAN REPORTER OF SOUTH-EAST»

## The purposes of the magazine edition:

- Publication of results of research works, theoretical and experimental researches which are carried out in agricultural scientific research institutes of the Russian academy of Agriculture, in establishments of the Academy of sciences of Russian Federation, at the enterprises, high educational institutions, in the Russian organizations and abroad, and also results of the researches executed under the personal initiative of authors;
- Publication of articles covering modern condition of single problems and achievements of agricultural science;
- Publication of materials of scientific conferences, symposiums, meetings and information on the Russian and foreign scientific schools;
- coverage of introduction of scientific works' results, advanced domestic and foreign experience into production.

Recommended scientific directions of articles for publication in the magazine: selection and seed-growing, plant protection, technologies, agriculture, mechanization, soil science, ecology, cattle breeding, economy, etc.

Original and scientific - practical articles (experimental, methodical, recommendatory), analytical reviews, notices, news items, personnels, interviews and other information, including advertising materials, will be published in scientific and practical magazine «Agrarian reporter of the South-East».

Information of examined problem with reference to publications should be briefly stated at the article. The purposes, tasks and methods of researches should be specified in experimental articles. Results of experiments and their analysis are submitted in details. In the article conclusions should be made and offers should be given to production. In the article it is necessary to allocate the following blocks whenever possible: introduction; the purpose and research problems; conditions, materials and methods of researches; results of researches; conclusions.

Together with the article there should be presented: the translation of the name into English, the summary in Russian and in English, key words in Russian and in English, code of universal decimal classification, the bibliographic list.

In the text the reference to the source is marked by the corresponding figure in square brackets. In the list of the literature those sources on which there is a reference in the text are resulted only. Use of citations without the indication of the source of the information is forbidden.

Size of the publication is 5...11 pages.

## Requirements for texts:

The file should be only in formats \*.doc or \*.rtf

The text is typed by fonts Times or Arial, point type 14, without paragraph spaces and hyphens, line interval is one-and-a-half.

The tables may be made in Word or Excel, and informational graphics - in Excel.

Photos should be given in \*.jpg, resolution for black-and-white photos - 200 dpi, for color ones - 300 dpi

The articles should be sent with the covering letter, where information about the authors (surname, name, patronymic name, scientific degree, place of work and post) in Russian and in English, contact phones and e-mail should be indicated.

In case of impossibility of translation into English of the required information, translation is carried out by editorial board of the magazine.

One copy of the manuscript signed by the authors and articles in electronic variant should be sent to the address: **Russia, 410010, Saratov, Tulaykova str., 7, State Scientific Institution "Agricultural Research Institute of South - East Region", magazine «Agrarian reporter of the South-East».**

For issue acceleration the materials for publication and information about the authors may be sent to: **agrovest@mail.ru.**

Web site of the magazine: **http://www.ariser.narod.ru/agrovestnik.html**

## The payment for publication of manuscripts is not raised from post-graduate students.

Discrepancy of the article to one of the listed items can be the basis for refusal in publication.

All manuscripts containing data on results of scientific researches are reviewed and decision on expediency of materials' publication is made on results of reviewing.