

**О СОПОСТАВЛЕНИИ КАЧЕСТВА ЗЕРНА ЯРОВОЙ И ОЗИМОЙ
ПШЕНИЦЫ В СВЯЗИ С ДЕЛЕНИЕМ НА РЫНОЧНЫЕ КЛАССЫ
(обзор)**

О.В. КРУПНОВА

Для России как крупнейшего производителя и экспортера зерна пшеницы, культивируемой от западной границы до Дальнего Востока, вопрос о том, по каким признакам качества различаются между собой ее рыночные классы, имеет важное значение. Во многих странах одним из принципов разделения зерна пшеницы на такие классы служит яровой или озимый способ выращивания, при этом обязательно учитывается окраска и текстура зерна (твердость или мягкость). В обзоре на основании анализа доступных публикаций продемонстрирована противоречивость заключений о различиях между этими классами по натурной массе зерна, содержанию и составу белка, клейковины, соотношению фракций глиадин/глютенин, числу падения, по альвеограммам, фаринограммам, миксограммам и др., а также по качеству хлеба и недрожевои продукции. В результате складывающихся погодных условий в одних регионах преимущество по качеству может иметь яровая пшеница, в других — озимая.

Ключевые слова: пшеница яровая, пшеница озимая, содержание белка в зерне, глиадин, глютенин, реология теста, качество хлеба.

Keywords: spring wheat, winter wheat, grain protein content, gliadin, glutenin, dough rheology, baking properties.

Пшеница — один из основных источников калорий в повседневном питании человека. Она богата белком, содержащим все незаменимые аминокислоты, крахмалом и многими другими веществами, необходимыми для полноценного питания, пригодна для длительного хранения (1). В XX веке интенсивный рост народонаселения сопровождался увеличением производства пшеницы, которое в последние годы превысило 600 млн т при посевных площадях свыше 210-220 млн га (2). Из всех хлебных злаков это самое распространенное растение. Ее возделывают от 67° с.ш. в России и Норвегии до 45° ю.ш. в Аргентине. В южных и западных регионах европейской части России ведущая роль принадлежит озимой пшенице, в Сибири и на Алтае — яровой, в Поволжье возделывают обе формы. За последние десятилетия в Поволжье значительно расширены посевные площади озимой пшеницы благодаря ее более высокой урожайности, что связано как с образом жизни (сезонными особенностями цикла вегетации), совершенствованием технологии возделывания, так и с потеплением климата. Нормально перезимовавшая озимая пшеница дает урожай зерна, как правило, в 2-3 раза выше, чем яровая. Однако в острозасушливые годы страдает и яровая, и озимая пшеница, что катастрофически проявилось в 2010 году. Из всех видов пшеницы наибольшее значение имеет мягкая (*Triticum aestivum* L.), посевы твердой пшеницы (*T. durum* Desf) во многих странах, в том числе в России, не достигают 10 % площадей.

Основные критерии деления зерна на рыночные классы — вид пшеницы, сезон посева, текстура зерна, окраска зерна. Например, в США различают следующие классы пшеницы: I — дурум (*T. durum* Desf), II — твердозерная краснозерная яровая (hard red spring, HRS), III — твердозерная краснозерная озимая (hard red winter, HRW), IV — мягко-зерная краснозерная озимая (soft red winter, SRW), V — твердозерная белозерная (hard white, HW), VI — мягко-зерная белозерная (soft white, SW) (www.plainsgrains.org). Аналогичное деление на типы используется в России: I — мягкая яровая краснозерная, II — твердая яровая, III — мягкая яровая

белозерная, IV — мягкая озимая краснозерная, V — мягкая озимая белозерная, VI — твердая озимая (ГОСТ Р 52554-2006). В стандартах США к I классу принадлежит пшеница ботанического вида *T. durum* Desf, что соответствует в российском стандарте твердой пшенице II типа; II, III и V классы в американском стандарте — это твердозерная (hard) пшеница ботанического вида *T. aestivum* L. Формы мягкоизерной (soft) пшеницы выделены в самостоятельные IV и VI классы.

Способ выращивания растений влияет на особенности их роста, формирование урожая, качество зерна (у озимой пшеницы вегетационный период продолжается 200-300 сут и более, у яровой он может сокращаться до 70-80 сут).

В связи с увеличением потребности в зерне и расширением международной торговли важно знать, по каким признакам качества различаются между собой классы пшеницы (3-9). Это особенно актуально для России — крупнейшего производителя и экспортера зерна пшеницы, культивируемой от западной границы страны до Дальнего Востока. В доступной отечественной литературе специальных публикаций на эту тему крайне мало, в том числе не удалось обнаружить ни одного обзора по указанному вопросу. Между тем интерес к проблеме возрастает (8-11).

Основное генетическое различие между яровой и озимой мягкой пшеницей заключается в состоянии аллелей в *Vrn*-локусах (response to vernalization, *Vrn*-локусы реакции на яровизацию). У типично озимой пшеницы во всех локусах *Vrn* аллели рецессивные, у яровой пшеницы — доминантные, прежде всего в наиболее сильном локусе *Vrn1*. *Vrn A1* идентифицирован в хромосоме 5A, *Vrn B1* — в 5B, *Vrn D1* — в 5D, в хромосоме 7B локализованы *Vrn4*, *Vrn5* и *Eps* (earliness per se, локус скороспелости) (12).

Кроме того, по мере продвижения от экватора на север или на юг у всех сортов в локусах реакции на длину дня (response to photoperiod, *Ppd*-локусы) наблюдается замена доминантных аллелей на рецессивные: *Ppd A1* идентифицирован в хромосоме 2A, *Ppd B1* — в 2B, *Ppd D1* — в 2D хромосоме (12). Анализ SNP-полиморфизма (single nucleotide polymorphisms, SNPs) у 479 сортов яровой и озимой пшеницы из США, а также из СИММИТ (International Maize and Wheat Improvement Center, Мексика) показал наиболее значимые различия между яровыми и озимыми сортами в аллелях генов, локализованных в хромосомах 5A, 2A, 2B, 6B и 7B (13), с которыми связана адаптация и способ выращивания растений.

Качество зерна определяется, с одной стороны, генами, контролирующими состав белков, крахмала, липидов, липопротеинов, ферментов и других компонентов, с другой — взаимодействием генов с внешней средой (1, 14, 15). Налив и созревание зерна у сортов яровой и озимой пшеницы протекает в разные календарные сроки, которые обычно резко отличаются по водному и температурному режимам, наличию азота в почве, эпифитотиям и массовым нашествиям вредителей. Вследствие этого серьезно затруднено изучение влияния сезона выращивания растений на качество зерна (3, 7, 8).

Натурная масса зерна (НМЗ) может колебаться от 600 до 850 г/л. Чем выше НМЗ, тем меньше емкостей необходимо для хранения и транспорта зерна, кроме того, выше выход муки, крупки или семолины и ниже содержание золы (16-18). Цена на зерно пшеницы обычно определяется с учетом НМЗ (19). Величина НМЗ зависит от морфологии и внутренней структуры зерновки (длина, диаметр, глубина бороздки, мучнистость, стекловидность эндосперма, выполненность), условий выращивания растений

и условий отбора образцов для анализа. В одних условиях преимущество могут иметь сорта озимой пшеницы (10), в других — яровой, но чаще всего, особенно при сравнении крупных партий сортов и образцов, значимых различий между первыми и вторыми не наблюдается (9).

Выход муки зависит от многих признаков, в том числе от НМЗ. В некоторых работах отмечается преимущество HRS перед HRW по урожаю или выходу муки (9, 20). Известны сообщения об отсутствии различий между этими группами (21). При сравнении групп, имеющих приблизительно равное содержание белка в зерне (СБЗ) (73 HRW и 75 HRS образцов), различий по выходу муки не выявлено (9).

Цвет муки и крупки считается важным признаком как в мукомольной промышленности, так и при изготовлении конечной продукции. Мука из белозерных сортов обычно светлее, чем из краснозерных, поскольку у последних при помоле зерна в муку попадают части перикарпа (отрубей), содержащие пигменты, которые контролируются доминантными аллелями *R*-генов (*Red grain colour*). При высоких значениях pH (например, в случае некоторых видов лапши) пигменты усиливают потемнение изделий. Для приготовления недрожевых продуктов предпочитают использовать белозерные сорта.

Окраска эндосперма (муки, семолины и конечной продукции) зависит от наличия ксантофиллов, каротиноидов и флавонов, которые придают ему желтый цвет. У сортов *T. aestivum* их обычно меньше, чем у сортов *T. durum*.

Количество и состав пигментов у разных классов пшеницы, как правило, неодинаковы (9, 22). Величина L*, характеризующая цвет муки, у образцов HRW значительно выше по сравнению с аналогичным показателем у HRS, то есть у HRW она светлее, чем у HRS, причем доля зеленого и желтого компонентов в муке у озимой пшеницы больше, чем у яровой (9). Липоксигеназа и пероксидаза могут в значительной мере отбеливать муку, снижая степень желтизны (23). Потемнение продукции зависит также от активности полифенолоксидазы и других ферментов (24).

Содержание сырой клетчатки и золы в зерне пшеницы тесно связано с количеством имеющихся в ней частиц отрубей, а выход муки находится в обратной зависимости от этого. Мелкое и щуплое зерно обычно содержит больше отрубей и, соответственно, больше сырой клетчатки и золы и дает меньший выход муки. В состав золы входит 1,5-3,0 % минеральных веществ. Этот показатель зависит в том числе от натурной массы зерна (25). Получены данные о том, что у HRS сортов пшеницы содержание золы больше, чем у HRW сортов (3, 9, 21).

Содержание белка в зерне (СБЗ) может колебаться от 6-7 до 18-20 % и выше (26), основная его часть представлена глиадином и глютенином, определяющими уникальные хлебопекарные свойства клейковины (27). В зерне, используемом для хлебопечения, доля белка обычно составляет 10,5-14,0 %, для изготовления лапши — 8-15 %. Низкобелковое зерно широко применяется также в кондитерской промышленности (14). Зерно с долей высококачественного белка более 15 % служит важным компонентом для улучшения низкокачественной пшеницы (14, 28-30).

На мировом рынке содержание белка в зерне — один из важнейших критериев оценки качества пшеницы (31, 32). СБЗ у яровой пшеницы обычно превышает этот показатель у озимой (3, 8-10, 20, 21, 28). Преимущество яровых сортов, по-видимому, во многих случаях связано с более низким урожаем и лучшим обеспечением зерна азотом.

Качество зерна зависит не только от СБЗ, но и от его состава, в

особенности от содержания глиадина и глютенина. На первый приходится около 30 %, на второй — от 5 до 10 % от общего количества белка в зерне (15). Глиадины подразделяются на четыре группы (α -, β -, γ - и ω -глиадины), глютенины — на две (высоко- и низкомолекулярные, соответственно HMW и LMW). Субъединицы глютенинов имеют внутри- и межмолекулярные дисульфидные связи, играющие важную роль в формировании макрополимеров в клейковине. Глиадины и глютенины — смесь гетерогенных белков. Уже в ранних исследованиях было установлено различие между сортами яровой и озимой пшеницы по количеству и составу глиадина (33, 34).

При сравнении зерна у 100 образцов HRW и 98 образцов HRS установлено, что среднее содержание как нерастворимых и растворимых полимерных белков, так и глиадина достоверно выше у HRS (9). Анализ 282 яровых и 323 озимых сортов из России и Украины показал различия по частоте аллелей в локусах глютенина. В частности, среди яровых преобладает композиция аллелей *Glu-A1b*, *Glu-B1c* и *Glu-D1a*, среди озимых — *Glu-A1a*, *Glu-B1c* и *Glu-D1d*. Распределение аллелей в локусах *Glu-1* зависит от места происхождения. У яровой пшеницы засухоустойчивость связана с аллелем *Glu-D1a*, у озимой — с *Glu-B1b*. Выявлены источники аллелей *Glu-1* у яровых и озимых сортов (35).

Клейковина — это непрерывный протеиновый матрикс (основа) в клетках зрелого зерна, представленный в основном глиадином и глютенином (27). Содержание в зерне клейковины положительно коррелирует с СБЗ, но эта корреляция не полная. Белки клейковины составляют около 75 % зернового белка в пересчете на сухое вещество. Именно они ответственны за уникальное положение пшеницы среди хлебных злаков. Благодаря эластичности и растяжимости клейковины зерно пшеницы используется в хлебопечении и при изготовлении других продуктов.

В нашей стране цена на зерно определяется с учетом содержания не белка, а сырой клейковины. Между тем оба показателя (из-за отсутствия тесной связи) должны учитываться при оценке качества зерна (36).

Анализ 100 образцов HRW и 98 HRS со значимыми различиями по СБЗ показал, что среднее содержание клейковины у HRS достоверно выше, чем у HRW. При сравнении групп, имеющих СБЗ от 11,4 до 15,8 % (73 HRW и 75 HRS образцов), классы пшеницы не различались между собой по указанному признаку. Не было достоверных различий между группами и по средней величине индекса клейковины (9).

Обычно яровую пшеницу высевают весной и убирают в конце лета, озимую высевают в конце лета или осенью и убирают после перезимовки в следующем году. Чтобы устранить различия в условиях произрастания, в Калифорнии 12 сортов HRS и 12 сортов HRW (11 краснозерных и один белозерный) выращивали одновременно в течение 3 лет (8). Группа HRS характеризовалась большим содержанием белка и клейковины, имела более высокие индекс твердости зерна и объем хлеба, однако индекс клейковины здесь был ниже, чем у группы HRW (8).

По текстуре зерна различают три класса пшеницы: мягкую гексаплоидную (soft hexaploid), твердую гексаплоидную (hard hexaploid) и твердую (durum). Твердозерность — результат уникальных изменений в последовательности аминокислот в пуроиндолинах, в состав которых входят а и б компоненты, определяющие этот признак (37). Молекулярной основой твердозерности служат гены *PinA* и *PinB* (*PinA* и *PinB*). Помимо них в *Налокусе* различают ген *Grain Softness Protein-1* (*Gsp-1*). Выявлено разнообразие генов твердозерности. Гомологи генов пуроиндолинов обнаружены у

ржи и ячменя (38). Кроме понятия «твердозерность», введено понятие «стекловидность», которое в определенной мере характеризует твердозерность и наиболее часто используется в нашей стране. С твердозерностью связана крупообразующая способность зерна (39).

Индекс размера частиц (particle size index, PSI), получаемых в результате помола, широко варьирует в зависимости от вида и сорта пшеницы. Он используется для разделения партий зерна на категории. У HRW более низкий индекс твердозерности, чем у HRS (8, 9). Размер частиц муки (flour particle geometric mean diameter, GMD) больше у HRS (89,2 мкм), чем у HRW (83,8 мкм), то есть мука у HRW содержит более мелкие частицы. Это может быть следствием меньшего индекса твердозерности у HRW по сравнению с таковым у HRS (9).

В Казахстане у озимой пшеницы по сравнению с яровой сильнее проявляется размах изменчивости по твердозерности при содержании белка в зерне 14-16 %, клейковины — 21-40 % (40). Авторы отмечают также, что сорта из Казахстана уступают австралийским по силе клейковины и ее свойствам (40).

В класс липидов входят вещества, различные по физико-химическим свойствам и биологическому значению. Общее содержание липидов в зерне пшеницы варьирует в пределах 2,0-4,0 % сухого вещества и 0,7-8,0 % от состава клейковины (3). Установлены различия между сортами по этому признаку. Так, в наборе из 100 образцов HRW и 98 — HRS содержание свободных полярных липидов было выше у HRW, в то время как по содержанию свободных неполярных липидов эти классы зерна не различались (9). Информация о влиянии липидов на хлебопекарное качество противоречива (9, 41, 42).

Крахмал представлен в зерне пшеницы в виде амилопектина и амилозы. Согласно исследованиям Н.П. Козьминой (3), у озимой пшеницы содержание амилозы в крахмале зерна выше, чем у яровой. Различают три типа крахмальных гранул: крупные гранулы — А-тип (> 15 мкм), мелкие гранулы — В-тип (5-15 мкм) и очень мелкие — С-тип (≤ 5 мкм). В США у сортов пшеницы HRW доля гранул В-типа составляет в среднем 39,9 % (от 28,5 до 49,1 %), у сортов HRS — 47,3 % (от 37,7 до 56,2 %) (11). От размера гранул и их соотношения зависят хлебопекарные свойства и выход муки (43).

Для некоторых видов продукции гранулы В-типа нежелательны, поскольку их избыток может снизить объем хлеба и требует более продолжительного процесса выпечки (44). При прочих равных условиях наиболее высокими хлебопекарными качествами обладает мука, имеющая определенное соотношение между фракциями крупных и мелких крахмальных зерен. Установлена достоверная зависимость между количеством гранул В-типа и многими показателями качества муки (миксограммы, фаринограммы, объем и пористость хлеба). Имеется отрицательная взаимосвязь между долей В-гранул и СБЗ. Наивысшее качество может быть получено при определенной пропорции гранул А- и В-типа. Соотношение фракций крахмала зависит от сорта и условий выращивания. Окраска муки (L^*) положительно связана с показателями по В-гранулам (возможно, вследствие обратной корреляции между цветом и содержанием белка в муке: $r = -0,56$ при $P < 0,0001$). Так, мука становилась темнее с увеличением СБЗ, в то же время имелась тенденция к снижению количества В-гранул в пшеничном зерне с высоким СБЗ (11).

С ферментом полифенолоксидазой (РРО) связано обесцвечивание азиатской лапши. Гены (*Ppo*), контролирующие активность полифенолок-

сидазы, локализованы в хромосомах 2-й группы гомеологов (2A, 2B, 2D). Известны сообщения о связи между активностью полифенолоксидазы и задержкой колошения (45). По содержанию РРО мука у образцов HRW и HRS значимо не различается. При сравнении групп с приблизительно равным СБЗ между HRW и HRS также не наблюдалось достоверных различий по содержанию РРО (9).

SDS-объем (sodium dodecyl sulfate sedimentation value) широко используется для оценки селекционного материала: как правило, чем выше SDS-объем, тем лучше качество зерна (46). Средний показатель объема SDS-седиментации муки у HRW оказался значимо ниже, чем у HRS (9). При сравнении образцов с одинаковым СБЗ у HRS объем SDS-седиментации был выше, чем у HRW (9).

Число падения (ЧП) используется как показатель активности α -амилазы, который служит индикатором предуборочного прорастания. Проведенные в Канзасе (США) исследования на 100 образцах HRW и 98 — HRS выявили значимое различие по ЧП между HRW и HRS (9). При сходной величине СБЗ ЧП у HRS было достоверно ниже, чем у HRW (9). В то же время по данным 4-летних исследований, проведенных в Эстонии (2004-2007 годы) на сортах озимой и яровой пшеницы, в среднем соответственно 50 и 40 образцов значимо не различались по ЧП (10).

От предуборочного прорастания в результате высокой активности α -амилазы страдает и яровая, и озимая пшеница. Однако при наличии у сорта «дефектных» генов такая активность может не сопровождаться видимым прорастанием семян (47). Предуборочному прорастанию способствует дождливая, ненастная погода в период созревания зерна и уборки урожая, которая в одних регионах чаще совпадает со временем созревания и уборки озимой пшеницы, в других — яровой (48-50).

К реологическим свойствам теста относят поглощение воды, упругость, вязкость, эластичность, растяжимость, сопротивление деформации, способность к газоудержанию. Их определяют на фаринографе, миксографе, альвеографе и других приборах, что позволяет прогнозировать качество хлеба, лапши и другой продукции.

По результатам исследований на фаринографе, в группе из 98 образцов HRS водопоглотительная способность (ВПС, water absorption), показатели устойчивости и разжижения теста были выше, а время развития — больше, чем в группе из 100 образцов HRW. В этом же эксперименте при анализе свойств теста на миксографе обнаружили, что у образцов HRW ВПС и время замеса достоверно больше, чем у HRS, тогда как устойчивость теста сходна у обоих классов пшеницы (9). Между тем при сравнении фаринограмм в группах с приблизительно равным содержанием белка в зерне у образцов HRS проявилось преимущество только по устойчивости теста к замесу. Время замеса теста, определенное на миксографе, у HRS оказалось больше, чем у HRW (9). Все показатели, полученные на альвеографе для муки, у HRS были достоверно выше, за исключением соотношение P/L, которое оказалось больше у HRW (9).

Взаимосвязь параметров миксограмм, фаринограмм и содержания белка в зерне с распределением крахмальных гранул по размеру, наблюдаемая у образцов, сходна. У HRS по сравнению с HRW имеется более тесная отрицательная корреляция между дифференциальным объемом, диаметром крахмальных зерен и показателями, определенными на миксографе (ВПС, время замеса и устойчивость теста) и фаринографе (время развития, стабильность и разжижение теста) (11).

По данным австралийских ученых (51), ни один из реологических

тестов не может надежно предсказать качество выпекаемого хлеба. Одна из главных причин, по которым реологические признаки не могут эффективно использоваться при отборе желательных генотипов, заключается в сложности генетического контроля качества конечной продукции (хлеба, лапши, макарон и др.) (51). Оно обусловлено взаимодействием генов, контролирующих различные метаболические пути — синтез клейковины (высоко- и низкомолекулярных глютенинов, глиадинов в определенном соотношении), крахмала, полисахаридов, липидов, пигментов в эндосперме (51). Прямая оценка качества конечной продукции представляет собой самый надежный критерий при отборе желательных генотипов (51).

K.F. Finney и M.A. Barmore (52) первыми показали, что с увеличением содержания белка в муке увеличивается объем хлеба. Преимущество имеют сорта HRS, поскольку у них содержание белка в среднем на 2-3 % больше, чем у HRW (28). Некоторые авторы отмечают, что яровая пшеница имеет преимущество перед озимой по хлебопекарным качествам (7, 9, 21). У группы из 98 образцов HRS по сравнению с группой из 100 образцов HRW средний объем хлеба и его пористость были выше (9).

После помола в муке остается только крахмалистый эндосперм (около 70 % от массы зерна), а зародыш и отруби (оболочки и алейроновый слой) удаляются. Для полноценного питания и здорового пищеварения более полезно цельное зерно. Оно богато лигнином, фенольными соединениями, алкилрезорцинолом, фитостеролами, фолатами, токоферолом и другими витаминами, а также макро- и микроэлементами (цинк, железо, магний, селен и др.). Употребление цельного зерна способствует предупреждению и защите от тучности, диабета, сердечно-сосудистых заболеваний и раковых образований (53, 54). Виды и сорта пшеницы различаются по содержанию и составу диетических волокон, биологически активных веществ, макро- и микроэлементов (55, 56). Установлено различие по многим из этих признаков между сортами яровой и озимой пшеницы, например по содержанию фолатов (57), фитостеролов (58), токоферолов и то-котриенолов (59). Как правило, более мелкое зерно по сравнению с крупным богаче физиологически активными веществами, а на их содержание среда влияет сильнее, чем генотип (57-59).

Со второй половины XX века в целях повышения продуктивности, устойчивости к возбудителям болезней и вредителям осуществляется интроверсия в пшеницу генов от различных видов-сородичей — полбы, эгилопса (*Aegilops*), пырея (*Agropyron elongatum* Host., *Agropyron intermedium* Host.) (12, 60). Все эти виды характеризуются полиморфизмом аллелей глиадинов, глютенинов, многих других белков, ферментов и прочих компонентов, включая крахмал (44, 61-63). Известно, что 1B.1RS транслокация от ржи посевной (*Secale cereale* L.) оказывает значимое влияние на текстуру зерна (твердозерность), состав белка и реологию теста (64). В таких странах, как Китай, Индия, Австралия, США, Украина и др., посевы сортов с 1B.1RS транслокацией (*S. cereale* L.) уже занимают 40 % и более от общей площади под пшеницей (65, 66). Расширяются работы по созданию сортов, содержащих сочетание транслокаций от различных видов сородичей пшеницы (67, 68). Возникает вопрос о влиянии продуктов этих чужеродных генов на здоровье человека. Становится актуальным изучение пшеницы как одного из аллергенов (the «big eight» food allergens), а также как эффектора целиакии (celiac disease), поскольку во многих странах от этого страдает около 1 % населения (1, 69-74).

Таким образом, основное генетическое различие между яровой и озимой мягкой пшеницей заключается в состоянии аллелей в *Vrn*-локусах

реакции на яровизацию. Гены адаптации растений к условиям выращивания находятся в сложной ассоциации с генетической системой качества зерна, включающей гены, контролирующие состав белков, крахмала, липидов, ферментов и многих других компонентов. Различия между яровой и озимой пшеницей по условиям произрастания влияют на качество зерна. У растений темпы накопления клейковинных белков замедлены по сравнению с крахмалом. Чем короче период созревания, тем сильнее изменяется соотношение между структурными/метаболитными и запасными белками, между эндоспермом и отрубями, а также между глиадинами и глютенинами (75). Содержание белка, выход муки зависят от крупности зерна: чем оно мельче, тем больше выход отрубей, выше содержание белка, а также биологически активных веществ, макро- и микроэлементов в цельном зерне. В результате складывающихся условий в одних регионах преимущество по качеству имеют сорта яровой пшеницы, в других — озимой. Даже в одном хозяйстве в разные годы качество может быть выше то у яровой, то у озимой пшеницы.

Итак, продемонстрирована противоречивость заключений о различиях между рыночными классами пшеницы по натурной массе зерна, содержанию и составу белка, клейковины, соотношению фракций глиадин/глютенин, числу падения, по альвеограммам, фаринограммам, миксограммам, другим реологическим показателям теста, измеряемым с помощью приборов, а также по качеству хлеба и недрожжевых изделий. Требуется дальнейшее всестороннее изучение различий по качеству зерна у яровых и озимых сортов пшеницы как одного из основных ежедневно потребляемых пищевых продуктов.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Shewry P.R. Wheat. J. Exp. Bot., 2009, 60: 1537-1553.
2. Altenbach S.B., Tanaka Charlene K., Hurkman W.J., Vensel W.H. Expression of globulin-2, a member of the cupin superfamily of proteins with similarity to known food allergens, is increased under high temperature regimens during wheat grain development. J. Cereal Sci., 2009, 49: 47-54.
3. Козьмина Н.П. Биохимия зерна и продуктов его переработки. М., 1976.
4. Стадник Г.И. Качественные показатели белка яровой и озимой пшениц и их взаимосвязь. В кн.: Селекция полевых культур на Юго-Востоке. Саратов, 1982: 73-79.
5. Марушев А.И., Стадник Г.И. Изменение биохимических свойств яровой и озимой пшениц при внесении азотных удобрений в орошение. Науч тр. НИИСХ Юго-Востока, 1978, 37: 107-108.
6. Политыко П.М., Парыгина М.Н., Вольпе А.А., Магурова А.М., Каланчина А.С., Никифоров В.М., Беркутова Н.С. Изменение качества зерна у различных сортов озимой и яровой пшеницы в зависимости от технологии возделывания. Сельскохозяйственная биология, 2010, 3: 71-76.
7. Lagmouig R.K. A comparison of hard red winter and hard red spring wheats. Agricultural Experiment Station. Kansas State College of Agriculture and Applied Science, Manhattan, KS, 1940, Bull. № 289: 1-57.
8. Chung O.K., Ohm J.B., Lookhart G.L., Bruns R.F. Quality characteristics of hard winter and spring wheats grown under an overwintering condition. J. Cereal Sci., 2003, 37: 91-99.
9. Maghirang E.B., Lookhart G.L., Bezan S.R., Pierce R.O., Xie F., Caley M.S., Wilson J.D., Seabourn B.W., Ram M.S., Park S.H., Chung O.K., Dowell F.E. Comparison of quality characteristics and breadmaking functionality of hard red winter and hard red spring wheat. Cereal Chemistry, 2006, 83: 520-528.
10. Копрел R., Ingver A. A comparison of the yield and quality traits of winter and spring wheat. Agronomijas vēstis (Latvian Journal of Agronomy), 2008, 11: 83-89.
11. Park S.-H., Wilson J.D., Seabourn B.W. Starch granule size distribution of hard red winter and hard red spring wheat: Its effects on mixing and breadmaking quality. J. Cereal Sci., 2009, 40: 98-105.
12. McIntosh R.A., Yamazaki Y., Dubcovsky J., Rogers J., Morris C.,

- Somers D.J., Appels R., Devos K.M. Catalogue of gene symbols for wheat. 2008. <http://www.grs.nig.ac.jp/wheat/komugi/genes/>.
13. Chao S., Dubcovsky J., Dvorak J., Luo M.-C., Baenziger S.P., Matnyazov R., Clark D.R., Talbert L.E., Anderson J.A., Dreisigacker S., Glover K., Chen J., Campbell K., Bruckner P.L., Rudd J.C., Haley S., Carver B.F., Perry S., Sorrells M.E., Akhunov E.D. Population- and genome-specific patterns of linkage disequilibrium and SNP variation in spring and winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *BMC Genomics*, 2010, 11: 727 (doi: 10.1186/1471-2164-11-727).
 14. Bushuk W. Wheat breeding for end-product use. Proc. 5th Inter. Wheat Conference «Wheat: Prospects for global improvement». Ankara, Turkey, 1996: 203-211.
 15. Payne P.I. Genetics of wheat storage protein and the effect of allelic variation on bread-making quality. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 1987, 38: 141-153.
 16. Yamazaki W.T., Brigggle L.W. Components of test weight in soft wheat. *Crop Sci.*, 1969, 9: 457-459.
 17. Schuler S.F., Bacon R.K., Finney P., Gbur E.E. Relationship of test weight and kernel properties to milling and baking quality in soft red winter wheat. *Crop Sci.*, 1995, 35: 949-953.
 18. Guttieri M.J., Stark J.C., O'Brien K., Souza E. Relative sensitivity of spring wheat grain yield and quality parameters to moisture deficit. *Crop Sci.*, 2001, 41: 327-335.
 19. Farmer D., Weisz R., Heiniger R., Murphy J.P., Patel M.H. Delayed harvest effect on soft red winter wheat in the southeastern USA. *Agron. J.*, 2006, 98: 588-595.
 20. Endo S., Okada K., Nagao S., D'Apolonia B.L. Quality characteristics of hard red spring and winter wheats. I. Differentiation by reversed-phase high performance liquid chromatography and milling properties. *Cereal Chem.*, 1990, 67: 480-485.
 21. McGuire C.F., Backson L.G. End-use quality of Montana-grown hard red spring compared to hard red winter wheats. *Can. J. Plant Sci.*, 1990, 70: 629-637.
 22. Пшеница и оценка ее качества. /Под ред. Н.П. Козьминой, Л.Н. Любарского. М., 1968.
 23. Сагега А., Echenique V., Zhang W., Helguera M., Manthey F., Schrager A., Picca A., Cervigni G., Dubcovsky J. A deletion at the *Lpx-B1* locus is associated with low lipoxygenase activity and improved pasta color in durum wheat (*Triticum turgidum* ssp. *durum*). *J. Cereal Sci.*, 2007, 45: 67-77.
 24. Demeket T., Morris C.F., Campbell K.G., King G.E., Anderson J.A., Chang H.-G. Wheat polyphenol oxidase: distribution and genetic mapping in three inbred line populations. *Crop Sci.*, 2001, 41: 1750-1757.
 25. Козьмина Н.П., Кретович В.Л. Биохимия зерна и продуктов его переработки. М., 1950.
 26. Купнова О.В. О взаимосвязи урожайности с содержанием белка в зерне у зерновых и бобовых культур. Сельскохозяйственная биология, 2009, 3: 13-23.
 27. Shewry P.R., Halford N.G. Cereal seed storage proteins: structures, properties and role in grain utilization. *J. Exp. Bot.*, 2002, 53: 947-958.
 28. Пшеница и ее улучшение /Под ред. М.М. Якубцинера, Н.П. Козьминой, Л.Н. Любарского. М., 1970.
 29. Бебякин В.М., Винокурова Л.Т. Смесительная ценность высококачественных сортов яровой мягкой пшеницы для целей селекции. Докл. РАСХН, 2003, 4: 3-5.
 30. Марушев А.И. Качество зерна пшениц Поволжья. Саратов, 1968.
 31. Otteson B.N., Mergoum M., Ransom J.K. Seeding rate and nitrogen management on milling and baking quality of hard red spring wheat genotypes. *Crop Sci.*, 2008, 48: 749-755.
 32. Souza E.J., Martin J.M., Guttieri M.J., Habernicht D.K., Lanning S.P., Carlson G.R., Talbert L.E. Influence of genotype, environment, and nitrogen management on spring wheat quality. *Crop Sci.*, 2004, 44: 425-432.
 33. Loochhart G.L., Cox T.S., Chung O.K. Statistical analyses of gliadin reversed-phase high-performance liquid chromatography patterns of hard red spring and hard red winter wheat cultivars grown in a common environment: Classification indices. *Cereal Chem.*, 1993, 70: 430-434.
 34. Huebner F.R., Nelson T.C., Bietsz J.A. Differences among gliadins from spring and winter wheat cultivars. *Cereal Chem.*, 1995, 72: 341-343.
 35. Добротворская Т.В., Мартынов С.П. Анализ разнообразия российских и украинских сортов пшеницы (*Triticum aestivum* L.) по высокомолекулярным субъединицам глютамина. Генетика, 2011, 47(7): 905-919.
 36. Купнова О.В. Взаимосвязь между признаками качества зерна яровой мягкой пшеницы. Вест. РАСХН, 2009, 5: 46-48.
 37. Chen F., He Z., Chen D., Zhang C., Zhang Y., Xia X. Influence of puroindoline alleles on milling performance and qualities of Chinese noodles, steamed bread and pan bread in spring wheats. *J. Cereal Sci.*, 2007, 45: 59-66.
 38. Bhave M., Morris C.F. Molecular genetics of puroindolines and related genes: allelic diversity in wheat and other grasses. *Plant Mol. Biol.*, 2008, 66: 205-219.

39. G r e f f e u i l l e V., A b e c a s s i s J., R o u s s e t M., O u r y F.-X., F a y e A., H e l - g o u a c'h C.B.L., L u l l i e n - P e l l e r i n V. Grain characterization and milling behaviour of near-isogenic lines differing by hardness. *Theor. Appl. Genet.*, 2006, 114: 1-12.
40. A b u g a l i e v a A., P e ñ a R. Grain quality of spring and winter wheat of Kazakhstan. *The Asian and Australasian Journal of Plant Science and Biotechnology*, 2010, 4: 87-90.
41. C h u n g O.K., P o m e r a n z Y., F i n n e y K.F. Relation of polar lipid content to mixing requirement and loaf volume potential of hard red winter wheat flour. *Cereal Chem.*, 1982, 59: 14-20.
42. P o m e r a n z Y. Composition and functionality of wheat flour components. In: *Wheat chemistry and technology*. Vol. II /Y. Pomeranz (ed.). AACC International, St Paul, MN, 1988: 219-370 (цит. по ссылке 9).
43. E d w a r d s M.A., O s b o r n B.G., H e n r y R.J. Effect of endosperm starch granule size distribution on milling yield in hard wheat. *J. Cereal Sci.*, 2008, 48: 180-192.
44. S t o d d a r d F.L. Survey of starch particle-size distribution in wheat and related species. *Cereal Chem.*, 1999, 76: 145-149.
45. M a r t i n J.M., B e r g J.E., F i s c h e r A.M., J u k a n t i A.K., K e p h a r t K.D., K u s h n a k G.D., N a s h D., B r u c k n e r P.L. Divergent selection for polyphenol oxidase and its influence on agronomic, milling, bread, and chinese raw noodle quality traits. *Crop Sci.*, 2005, 45: 85-91.
46. A x f o r d D.W.E., M c D e r m o t t E.E., R e d m a n D.G. Note on the sodium dodecyl sulfate test of breadmaking quality: Comparison with Pelshenke and Zeleny tests. *Cereal Chem.*, 1979, 56: 582-583.
47. M a r e s D., M r v a K. Late-maturity α -amylase: low falling number in wheat in the absence of preharvest sprouting. *J. Cereal Sci.*, 2008, 4: 6-17.
48. K р у п н о в а О.В., С и б и к е е в С.Н., К р у п н о в В.А., С о в ц о в а А.В., А н - т о н о в Г.Ю. Качество зерна у устойчивых и восприимчивых к предуборочному прорастанию генотипов пшеницы Сб. науч. тр. ГНУ НИИСХ Юго-Востока Россельхозакадемии. Саратов, 2009, 113-119.
49. К р у п н о в В.А., С и б и к е е в С.Н., К р у п н о в О.В. Генетический контроль покоя и устойчивости к предуборочному прорастанию семян у пшеницы. Сельскохозяйственная биология, 2010, 3: 3-16.
50. M a r e s D., R a t h j e n J., M r v a K., C h e o n g J. Genetic and environmental control of dormancy in white-grained wheat (*Triticum aestivum* L.). *Euphytica*, 2009, 168: 311-318.
51. M a n n G., D i f f e y S., C u l l i s B., A z a n z a F., M a r t i n D., K e l l y A., M c I n t y r e L., S c h m i d t A., M a W., N a t h Z., K u t t y I., L e y n e P.E., R a m p l i n g L., Q u a i l K.J., M o r e l l M.K. Genetic control of wheat quality: interactions between chromosomal regions determining protein content and composition, dough rheology, and sponge and dough baking properties. *Theor. Appl. Genet.*, 2009, 118: 1519-1537.
52. F i n n e y K.F., B a r m o r e M.A. Loaf volume and protein content of hard winter and spring wheats. *Cereal Chem.*, 1948, 25: 291-312.
53. F a r d e t A. New hypotheses for the health-protective mechanisms of whole-grain cereals: what is beyond fibre? *Nutrition Research Reviews*, 2010, 23: 65-134.
54. S l a v i n J. Whole grains and digestive health. *Cereal Chem.*, 2010, 87: 292-296.
55. Z h a o F.J., S u Y.H., D u n h a m S.J., R a k s z e g i M., B e d o Z., M c G r a t h S.P., S h e w r y P.R. Variation in mineral micronutrient concentrations in grain of wheat lines of diverse origin. *J. Cereal Sci.*, 2009, 49: 290-295.
56. J o n n a l a R.S., I r m a k S., M a c R i t c h i e F., B e a n S.R. Phenolics in the bran of waxy wheat and triticale lines. *J. Cereal Sci.*, 2010, 52: 509-515.
57. K a r i l u o t o S., E d e l m a n n M., P i i r o n e n V. Effects of environment and genotype on folate contents in wheat in the HEALTHGRAIN diversity screen. *J. Agric. Food Chem.*, 2010, 58: 9324-9331.
58. N u r m i T., L a m p i A., N y s t r o m L., P i i r o n e n V. Effects of environment and genotype on phytosterols in wheat in the HEALTHGRAIN diversity screen. *J. Agric. Food Chem.*, 2010, 58: 9314-9323.
59. L a m p i A.M., N u r m i T., P i i r o n e n V. Effects of the environment and genotype on tocopherols and tocotrienols in wheat in the HEALTHGRAIN diversity screen. *Agric. Food Chem.*, 2010, 58: 9306-9313.
60. К р у п н о в а О.В. Качество зерна яровой мягкой пшеницы с транслокациями от сородичей. Автореф. докт. дис. Саратов, 2010.
61. Q i P.F., W e i Y.M., O u e l l e t T., C h e n Q., T a n X., Z h e n g Y.L. The γ -gliadin multigene family in common wheat (*Triticum aestivum*) and its closely related species. *BMC Genomics*, 2009, 10: 168 (doi: 10.1186/1471-2164-10-168).
62. S t o d d a r d F.L., S a r k e r R. Characterization of starch in Aegilops species. *Cereal Chem.*, 2000, 77: 445-447.
63. H o w a r d T., R e j a b N.A., G r i f f i t h s S., L e i g h F., L e v e r i n g t o n - W a i t e M., S i m m o n d s J., U a u y C., T r a f f o r d K. Identification of a major QTL controlling the content of B-type starch granules in Aegilops. *J. Exp. Bot.*, 2011, 62(6):

2217-2228.

64. Weightman R.M., Millar S., Alava J., Foulkes M.J., Fish L., Snape J.W. Effects of drought and the presence of the 1BL/1RS translocation on grain vitreosity, hardness and protein content in winter wheat. *J. Cereal Sci.*, 2008, 47: 457-468.
65. Huang X.-Q., Wolf M., Ganahl M.W., Orford S.R., Koebele M.D., Röder M.S. Did modern plant breeding lead to genetic erosion in European winter wheat varieties? *Crop Sci.*, 2007, 47: 343-349.
66. Kozub N.A., Sosinov I.A., Sobko T.A., Sosinov A.A. Variation at storage protein loci in winter common wheat cultivars of the Central Forest-Steppe of Ukraine. *Cyt. Genetics*, 2009, 43: 69-77.
67. Крупнова О.В., Дружин А.Е., Воронина С.А., Крупнов В.А. Содержание и качество клейковины у рекомбинантных линий мягкой пшеницы с транслокацией Lr19(7D) от *Agropyron elongatum* Host. и 6Agi(6D)-хромосомой от *Agropyron intermedium* Host. *Вест. ВОГиС*, 2010, 14(4): 641-646.
68. Крупнов В.А., Сибикеев С.Н., Крупнова О.В., Воронина С.А., Дружин А.Е. Эффекты взаимодействия транслокаций от пырея удлиненного и пырея промежуточного в генофонде мягкой пшеницы. *Аграрный вест. Юго-Востока*, 2010, 1(4): 11-14.
69. Inomata N. Wheat allergy. *Curr. Opin. Allergy Clin. Immunol.*, 2009, 9: 238-244.
70. Morita E., Matsuo H., Chinukit Y., Takahashi H., Dahlström J., Tanaka A. Food-dependent exercise-induced anaphylaxis — importance of omega-5 gliadin and HMW-glutenin as causative antigens for wheat-dependent exercise-induced anaphylaxis. *Allergol Int.*, 2009, 58: 493-498.
71. Caputo I., Lepretti M., Martuccelli S., Esposito C. Enzymatic strategies to detoxify gluten: implications for celiac disease. *Enzyme Res.*, 2010, Article ID 174354, 9 pages (doi: 10.4061/2010/174354).
72. Van Herpen T.W.J.M., Goryunova S.V., Van der Schoot J., Mitreva M., Salentijn E., Vorst O., Schenck M.F., Van Veelen P.A., Koning F., Van Soest L.J.M., Vosman B., Bosch D., Hamer R.J., Gilissen L.J.W.J., Smulders M.J.M. Alpha-gliadin genes from the A, B, and D genomes of wheat contain different sets of celiac disease epitopes. *BMC Genomics*, 2006, 7: 1-13.
73. Stepniak D., Wiesner M., Ru A.H., Moustakas A.K., Drijfhout J.W., Papadopoulos G.K., Veelen P.A., Koning F. Large-scale characterization of natural ligands explains the unique gluten-binding properties of HLA-DQ2. *J. Immunol.*, 2008, 180: 3268-3278.
74. Van den Broeck H.C., De Jong H.C., Salentijn E.M., Dekking L., Bosch D., Hamer R.J., Gilissen L.J., van der Meer I.M., Smulders M.J. Presence of celiac disease epitopes in modern and old hexaploid wheat varieties: wheat breeding may have contributed to increased prevalence of celiac disease. *Theor. Appl. Genet.*, 2010, 121: 1527-1539.
75. Dupont F.M., Hurkman W.J., Vensel W.H., Tanaka C., Kothari K.M., Chung O.K., Altenbach S.B. Protein accumulation and composition in wheat grains: effects of mineral nutrients and high temperature. *Eur. J. Agron.*, 2006, 25: 96-107.

ГНУ НИИ сельского хозяйства Юго-Востока

Россельхозакадемии,
410010 г. Саратов, ул. Тулякова, 7,
e-mail: raiser@mail.saratov.ru

Поступила в редакцию

17 октября 2011 года

A COMPARISON OF GRAIN QUALITY IN SPRING AND WINTER WHEATS ASSOCIATED WITH MARKET CLASSES (review)

O.V. Krupnova

S um m a r y

In Russia, as one of the biggest grain manufacturer and exporter, the wheat is cultivated from west regions to the Far East, and the differences between market classes of wheat grain are of a special interest. In many countries one of the principles for dividing wheat grain on market classes is the type of cultivation in spring and winter wheat. The analysis of accessible publications has shown discrepancy of the conclusions about distinctions between these classes on test weight of a grain, grain protein and gluten content and composition, gliadin/glutenin ratio, a falling number, dough rheology, parameters of alveogramms, farinogramms, mixogramms, and also on baking properties. As a result of weather conjuncture, the spring wheat cultivars succeed in some regions, but the winter wheat cultivars — in other ones.