

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЯ СЕМЯН И ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ЗЕРНА ПШЕНИЦЫ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО УНИВЕРСИТЕТА СЕЛЬСКОГО И ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА (КНР)

А. Н. ИВАНИСТОВ, Ю. Л. ТИБЕЦ, С. В. ЕГОРОВ

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: ivanistov09@mail.ru

БАЙЛИ ФЕНГ

Северо-западный университет сельского и лесного хозяйства,
Провинция Шэнси, КНР, e-mail: fengbaili@nwafu.edu.cn

(Поступила в редакцию 21.02.2022)

Дальнейшее повышение производства зерна невозможно без обширного и полного применения последних достижений науки, где ведущая роль, бесспорно, принадлежит новым сортам и их хозяйственно-ценным признакам. В данное время селекционеры все больше уделяют внимания адаптивной селекции озимой пшеницы, то есть, применяя пластичность вида, основывают сорта с обширной приспособительной реакцией на меняющиеся условия внешней среды [1].

Впервые в условиях северо-восточной части Беларуси проводится экологическое испытание современных высокопродуктивных сортов пшеницы китайской селекции. В статье представлены результаты оценки посевных качеств семян, показателей качества зерна и наличия селекционно-ценных компонентов методом электрофоретического анализа у сортов пшеницы китайского происхождения в сравнении с сортами пшеницы районированным в Республике Беларусь.

Зерно китайской пшеницы обладало высокими посевными качествами, превосходило по содержанию сырой клейковины районированные сорта. Этот показатель был в диапазоне 35,73–36,80 %, что соответствует высшему классу продовольственного зерна. Электрофоретический спектр запасных белков пшеницы КНР имеет сочетания селекционно-ценных позиций компонентов и представляет интерес для селекционных целей.

Ключевые слова: *всхожесть, посевная годность, натура зерна, клейковина, белок, показатель седиментации, селекционно-ценные компоненты.*

A further increase in grain production is impossible without extensive and complete application of the latest achievements of science, where the leading role undoubtedly belongs to new varieties and their economically valuable traits. At present, breeders are increasingly paying attention to the adaptive selection of winter wheat, that is, using the plasticity of the species, they establish varieties with an extensive adaptive response to changing environmental conditions.

For the first time in the conditions of the north-eastern part of Belarus, an ecological test of modern highly productive wheat varieties of Chinese breeding is being carried out. The article presents the results of assessing the sowing qualities of seeds, indicators of grain quality and the presence of selection-valuable components by electrophoretic analysis in wheat varieties of Chinese origin in comparison with wheat varieties zoned in the Republic of Belarus.

The grain of Chinese wheat had high sowing qualities, exceeded the zoned varieties in terms of raw gluten content. This indicator was in the range of 35.73–36.80 %, which corresponds to the highest class of food grains. The electrophoretic spectrum of storage proteins of Chinese wheat has combinations of selection-valuable positions of the components and is of interest for breeding purposes.

Key words: *germination, sowing suitability, grain size, gluten, protein, sedimentation index, selection-valuable components.*

Введение

В Республике Беларусь среди зерновых хлебов ведущее место принадлежит пшенице, которая остается главным источником обеспечения населения продовольственным зерном в ближайшие годы и в перспективе. Наиболее распространенной в производственных посевах в нашей республике и в мире является пшеница мягкая (*Triticum aestivum L.*).

Благодаря работе белорусских селекционеров и аграриев мы выращиваем достаточное количество пшеницы с клейковиной более 28 %, пригодной для производства макаронных изделий и пшеничной муки высшего сорта. Это позволило сократить импорт твердой пшеницы для продовольственных целей до 100 тыс. тонн. Тем не менее для обеспечения продовольственной безопасности и снижения импорта необходимо увеличение урожайности пшеницы и повышение качества зерна.

Для решения этого вопроса перспективными направлениями являются: экологическое испытание сельскохозяйственных культур и оценка их адаптивности; инновации в селекционном процессе при создании новых сортов; обмен исходным материалом для селекции пшеницы.

Все это свидетельствует об актуальности и целесообразности исследований по интродукции пшеницы в Беларусь. Обеспечение производства сырьевым зерном пшеницы позволит решить проблему импортозамещения готовой продукции и повысит конкурентоспособность отечественных производителей.

Перед селекционерами Беларуси остро встает задача повышения эффективности и сокращения сроков селекции, для решения которой необходимы фундаментальные исследования по изучению

имеющегося исходного материала культуры, созданию новых рекомбинантных форм, выявлению эффективных критериев отбора ценных генотипов на ранних этапах оценки, а также внедрение новых методов и схем совершенствования селекционно-семеноводческого процесса [2, 3].

В рамках подписанного соглашения о сотрудничестве между академией и Северо-Западным университетом сельского и лесного хозяйства (КНР) в УО БГСХА был создан агротехнопарк. Основными направлениями деятельности которого являются: экологическое испытание сельскохозяйственных культур и оценка их адаптивности; инновации в селекционном процессе при создании новых сортов; обмен исходным материалом для селекции пшеницы.

В сентябре 2019 г. китайская сторона предоставила семена пшеницы. В 2020–2021 гг. проводилось экологическое испытание сельскохозяйственных культур. В условиях УНЦ «Опытные поля БГСХА» изучались районированные в Республике Беларусь сорта пшеницы и пшеница, предоставленная Северо-Западным университетом сельского и лесного хозяйства (КНР).

Основная часть

Испытание селекционного материала нужно проводить на разных этапах работы. В связи с этим одна из задач экологического испытания заключалась в том, чтобы сделать оценку основных показателей качества зерна пшеницы китайского происхождения в сравнении с сортами пшеницы районированным в Республике Беларусь и вынести решение о целесообразности использования данного материала в селекционном процессе. Оценка качества зерна и электрофоретический анализ были произведены в аккредитованной испытательной лаборатории качества семян УО БГСХА, соответствующей критериям системы аккредитации Республики Беларусь и международным требованиям по ГОСТ ISO/IEC 17025-2019.

В качестве контроля использовались районированные сорта: в 2020 г. сорт Любава белорусской селекции, в 2021 г. сорт Мандарина немецкой селекции.

Показатели качества семян китайской пшеницы перед посевом в 2020 г. представлены в табл. 1. Энергия прорастания, % – способность семян сельскохозяйственных культур к быстрому дружному прорастанию. Определяется одновременно со всхожестью. Энергия прорастания семян характеризует дружность появления нормальных проростков за срок, установленный для каждой культуры. Чем больше энергия прорастания семян, тем быстрее и дружнее появляются всходы после посева [4]. В качестве ложа для проращивания семян использовали увлажненную фильтровальную бумагу в виде кружочков, которые помещали в чашки Петри. Для увлажнения бумагу погружали в воду и держали до полной влагопроницаемости, а затем вынимали и давали стечь избытку воды. Анализ энергии прорастания показал, что семена пшеницы обладали высокой энергией прорастания 92,8 %. Показатель говорит о высокой вероятности получения дружных всходов и в полевых условиях.

Таблица 1. Посевные качества семян

Имя образца	Энергия прорастания, %	Всхожесть, %	Посевная годность, %	Поврежденность зародыша, %	Поврежденность эндосперма, %	Зараженность патогенами, %	Зараженность вредителями, %
Пшеница КНР (до посева)	92,8	95,7	97,4	1,27	2,63	3,0	Не обнаружено

Под всхожестью семян понимают количество нормально проросших семян в пробе, взятой для анализа, выраженное в процентах. Лабораторная всхожесть составила 95,7 %, а посевная годность 97,4 %. Поврежденность зародыша была 1,27 %, эндосперма 2,63 %. Зараженность патогенами не превышала 3 %, вредителей в семенном материале китайской пшеницы не обнаружено. Все вышеперечисленное подтверждает высокое качество семенного материала. После уборки нами были проанализированы показатели качества зерна сортов пшеницы урожая 2020 г. и пшеницы, полученной из КНР (табл. 2).

Таблица 2. Показатели качества зерна

Имя образца	Масса 1000 семян, г	Натура зерна, г/л	Зола, %	Клейковина, %	ИДК, ед.	Зелени, мм	Белок, %
Пшеница КНР (до посева)	34,45	784,7	1,66	36,53	64,94	39,13	14,21
Пшеница КНР (2020 г.)	36,53	703,7	1,42	35,73	83,7	37,69	14,41
Пшеница КНР (2021 г.)	42,5	726,1	1,44	36,80	72,7	50,9	14,3
Контроль 1 (Любава)	34,2	667,25	1,066	27,26	111,5	46,49	15,61
Контроль 2 (Мандарина)	41,5	715,7	1,43	31,1	96,1	35,0	13,7

ИДК, ед – измеритель деформации клейковины; Зелени, мм - показатель SDS – седиментации.

Масса 1000 зерен характеризует крупность зерна, а также его плотность: чем крупнее зерно и чем оно более выполнено, тем больше его масса. Натурной массой называют массу 1 л зерна, выраженную в граммах. Этот показатель тесно связан с выполненностью и плотностью зерна, а также его крупностью и

формой [4]. Масса 1000 зерен у изучаемых сортов находилась в пределах от 34,2 г (сорт Любава) до 42,5 г (пшеница КНР, 2021 г.) в 2020 г. масса 1000 зерен китайской пшеницы была несколько ниже – 36,53 г.

Наибольшую натурную массу зерна имел сорт пшеницы КНР до посева 784,7 г/л, тогда как при пересеве этот показатель несколько ухудшился. Так в 2020 г. натура зерна составила 703,7 г/л, в 2021 г. – 726,1 г/л. У сорта Любава натурная масса была 667,25 г/л, у сорта Мандарина – 715,7 г/л.

Пшеница китайского происхождения отличалась высоким процентом золы 1,44–1,66 %. у районированных сортов этот показатель составил 1,066–1,43 %. Массовая доля сырой клейковины в пшеничном зерне варьирует от 7 до 50 %. Содержание клейковины в муке считается высоким, если ее массовая доля (в сыром виде) достигает 28 %. Содержание клейковины в зерне в основном зависит от сорта пшеницы и от условий ее выращивания. В условиях пониженных температур клейковины в зерне накапливается меньше. Содержание клейковины в зерне мягкой пшеницы 36 % и более соответствует высшему классу продовольственного зерна; 32 % – 1-му классу; 28 % – 2-му; 23 % – 3-му; ниже 23 до 18 % – 4-му классу, менее 18 % – 5-му. Большое значение придается качеству клейковины, которое является в основном сортовым признаком [1, 5].

Пшеница из КНР превосходила по содержанию сырой клейковины районированные сорта. Этот показатель был в диапазоне 35,73–36,80 %, что соответствует высшему классу продовольственного зерна. У сорта Любава содержание сырой клейковины составило 27,26 %, у сорта Мандарина – 31,1 %. Качество клейковины определяется с помощью прибора ИДК (*Измеритель Деформации Клейковины*), способного измерять упругость сырой клейковины. Результат измерений качества клейковины выражается в условных единицах ИДК.

При надавливании образец слабой клейковины легко деформируется (сплющивается). Слабая клейковина характеризуется плохой эластичностью, поэтому она сильно растягивается. После растяжения форма образца не восстанавливается. Тесто из муки со слабой клейковиной обладает слабой формоустойчивостью и сильно расплывается. Под воздействием углекислого газа, выделяемого дрожжами, тесто из муки со слабой клейковиной быстро поднимается, а затем опадает и уже не восстанавливает свой объем. Мука со слабой клейковиной доставляет множество хлопот хлебопеком. Изделия из такой муки получают низкого объема, расплывчатой формы с плохой пористостью [1, 2].

Согласно ГОСТ 27839-88, деформация хорошей клейковины, измеренная на приборе ИДК должна находиться в пределах от 55 до 75 единиц. Чем больше значение ИДК, тем слабее клейковина.

Клейковина с ИДК 50-35 (для муки 2 сорта с ИДК 50-40) считается удовлетворительно крепкой, а с ИДК 80-100 удовлетворительно слабой. С мукой, содержащей такую клейковину, при правильном подходе еще можно работать. При переработке муки со слабой клейковиной необходимо использовать приемы, направленные на ее укрепление, а при переработке муки с излишне крепкой клейковиной – приемы, способствующие ее ослаблению.

Если ИДК клейковины ниже 30 (для муки 2 сорта ниже 35) или выше 105, то качество клейковины считается неудовлетворительным. Из муки с такой клейковиной нормальный хлеб испечь не удастся.

Лучшим качеством клейковины было у пшеницы, выращенной в КНР – 64,94 ед. В наших условиях у сорта из КНР показатель ИДК ухудшился и составил 83,7 ед. в 2020 г. и 72,7 ед. в 2021 г. Этот же показатель у сорта Любава был 111,5 ед. у сорта Мандарина – 96,1 ед.

Показатель седиментации: число, показывающее объем осадка, полученного при определенных условиях из суспензии испытуемой муки, выработанной из пшеницы, в растворе молочной кислоты и изопропилового спирта (пропанол-2), в соответствии с требованиями стандарта.

Метод, известный как «седиментационный анализ по Зелени», применяется для оценки одного из показателей, определяющих качество пшеницы с точки зрения хлебопекарной силы муки, которую можно получить из этого зерна. У пшеницы китайского происхождения этот показатель составил 37,69–50,9 мм. У районированных сортов показатель был 35,0–46,49 мм.

Максимальное содержание белка отмечалось у пшеницы сорта Любава – 15,61 %. У пшеницы китайской селекции содержание белка на протяжении двух лет исследований находилось в пределах 14,21–14,41 %. В эндосперме зерна пшеницы два основных запасных белка – глиадин и глютеин образуют клейковину, которая играет исключительно важную роль в процессе формирования пшеничного теста и определяет его хлебопекарные качества [5, 6]. Содержание белковых фракций в % от общего белка у пшеницы китайского происхождения представлено на рис. 1. Содержание глютеинов составляло 5,33 %, глиадинов – 4,98 %, глобулинов – 3,24 %, альбуминов – 0,75 %.

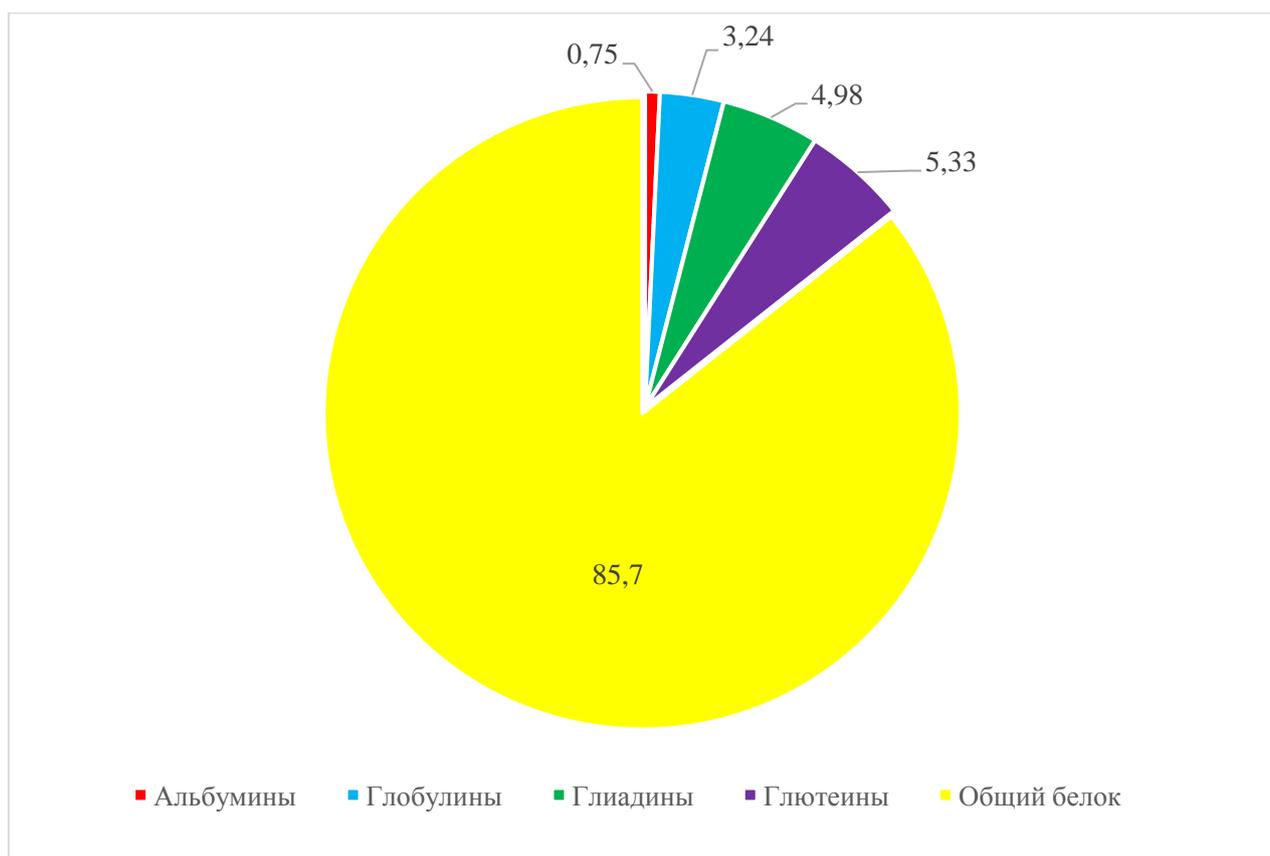


Рис. 1. Содержание белковых фракций в % от общего белка

Оценка внутренней структуры сортов с использованием белковых маркеров семян, формирование сортовых белковых формул проводились, согласно методике испытаний ISO 8981:1993(E), «Пшеница – идентификация сортов с помощью электрофореза». Объектом испытаний являлась пшеница селекции Северо-Западным университетом сельского и лесного хозяйства (КНР).

Для точной оценки дифференцирующих позиций (зон) спектра, оценки молекулярных масс белков использовались стандартные маркер-растворы белков «Thermo Scientific»- Unstained Protein Ladder (диапазон 5-112 кДа, число идентифицируемых белков – 11).

Оценка пшеницы позволила установить характер внутренней полиморфности генотипов, обусловленный разным числом биотипов, их частотами встречаемости в сортовой популяции и сформировать сортовую белковую формулу.

Полученные электрофоретические спектры индивидуальных семян были разделены на группы, имеющие одинаковый компонентный состав, т. е. на биотипы. К одному и тому же биотипу отнесены белковые спектры с идентичным компонентным составом (как по подвижности, так и по степени интенсивности), а также спектры, незначительно отличающиеся по интенсивности отдельных компонентов.

Основываясь на данных критериях идентификации белковых биотипов [7–9], в ходе исследований были установлены четкие отличительные позиции при сравнении биотипов внутри отдельного сорта. Данные отличия выражались как в разной степени интенсивности белковых полос спектра, так и включением нового, ранее не проявлявшегося, сочетания позиций в спектре (табл. 3).

Таблица 3. Критерии внутренней гетерогенности сортов пшеницы и число компонентов по отличительным позициям

Сорт	Число биотипов, ед.	Число маркеров биотипа, ед.	Содержание основного биотипа, %	Число селекционно-ценных маркеров (по ПААГ) в сорте	Уникальные позиции компонентов	
					Количество	%
Пшеница КНР (2020 г.)	3	4	60,0	6	4	11,7
Пшеница КНР (2021г.)	2	5	85,0	6	4	15,2

Количество биотипов у китайской пшеницы в результате выращивания на протяжении двух лет и адаптации к природно-климатическим условиям северо-восточной части Беларуси сократилось с 3 до 2, возросло с 60 до 85 % содержание основного биотипа. При этом число селекционно-ценных маркеров в сорте (6) и количество уникальных компонентов (4) осталось неизменным.

Заключение

Лабораторные анализы подтверждают высокое качество семенного материала китайской пшеницы, который обеспечил урожай зерна яровой пшеницы в 2020–2021 гг. с высокими качественными показателями: натурной массой зерна 703,7 г/л – 726,1 г/л, процентом золы 1,44–1,66 %; содержание сырой клейковины было в диапазоне 35,73–36,80 %, причем клейковина отличалась хорошим качеством, что подтверждалось такими показателями, как ИДК (72,7–83,7 ед.) и «седиментационный анализ по Зелени» (37,69–50,9 мм).

Содержание белка на протяжении двух лет исследований находилось в пределах 14,21–14,41 %. Содержание глютеинов составляло 5,33 %, глиадинов – 4,98 %, глобулинов – 3,24 %, альбуминов – 0,75 %.

При выполнении электрофоретического анализа пшеницы из КНР на протяжении двух лет исследований, в результате экологической адаптации, установлено сокращение количества биотипов при сохранении количества уникальных и селекционно-ценных позиций компонентов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Качественные показатели зерна и муки сортов и линий озимой мягкой пшеницы / Н. С. Кравченко [и др.] // *Зерновое хозяйство России*. – 2018. – № 5 – С. 6–10.
2. Куликович, С. Н. Озимая пшеница в вопросах и ответах / С. Н. Куликович, В. С. Бобер. – Минск, 2012 – 320 с.
3. Морфология, биология, хозяйственная ценность пшеницы / В. В. Шелепов [и др.]; под ред. В. В. Шелепова. – Миронновка, 2004. – 526 с.
4. Посевные качества и урожайные свойства семян: учебно-методическое пособие / В. Г. Тарануха [и др.]. – Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2009 – 64 с.
5. Егоров, С. В. Изменчивость структуры сортов в аспектах использования для оценки качества семян / С. В. Егоров, Н. А. Дуктова // *Вестник Белорус. гос. с.-х. акад.* – 2014. – № 2. – С. 125–131.
6. Аbugалиева, А. И. Компоненты глиадина и субъединицы глютеина в селекции пшеницы на качество зерна: автореф. дис. ... д-ра биол. наук / А. И. Аbugалиева; Каз. НИИ земледелия им. В. Р. Вильямса. – Алматы, 1994. – 50 с.
7. Сеитова, А. М. Биотипный состав и блоки компонентов глиадина у мягкой пшеницы Богарная 56 / А. М. Сеитова, Е. В. Метаковский, А. А. Созинов // *Цитология и генетика*. – 1986. – Т. 20. – № 3. – С. 196–201.
8. Cooke, R. J. Modern methods for cultivar verification and trangenetic plant challenge / R.J. Cooke // *25th International seed Testing Congress: Abstracts, Pretoria, April 15–24, 1998 / ISTA*. – Zurich, 1998. – P. 9–10.
9. Пенёва, Т. И. Белковые маркеры в анализе генетической стабильности сортов пшеницы, содержащих хроматин 1R / Т. И. Пенёва, О. П. Митрофанова, А. В. Конарев // *Аграрная Россия*. – 2002. – № 3. – С. 35–40.