

ХАРАКТЕРИСТИКА СОРТОВ ОЗИМОЙ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ ПО КЛЕЙКОВИННО-БЕЛКОВОМУ КОМПЛЕКСУ ЗЕРНА

О. А. Костыленко, агроном лаборатории биохимической и технологической оценки, ORCID ID: 0000-0002-5060-0034;

Н. Г. Игнатьева, техник-исследователь лаборатории биохимической и технологической оценки, ORCID ID: 0000-0002-8506-8711;

Н. С. Кравченко, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории биохимической и технологической оценки, ninakravchenko78@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-3388-1548;

А. С. Иванисова, младший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства пшеницы твердой озимой; ORCID ID: 0000-0003-1466-250x

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской», 347740, Ростовская обл., г. Зерноград, ул. Научный городок, д. 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

Высокие требования, предъявляемые современными перерабатывающими предприятиями по изготовлению макаронных изделий к качеству зерна *Triticum durum*, диктуют необходимость использования дополнительных методов, подходов по оценке селекционного материала и отбору высококачественных генотипов. Целью данного исследования являлось выявление источников ценных признаков озимой твердой пшеницы для целенаправленного включения в селекционные программы по созданию сортов с прочной клейковиной. Полевые опыты проводили в 2022–2024 гг. в лаборатории селекции и семеноводства твердой пшеницы ФГБНУ «АНЦ «Донской». Лабораторные исследования были проведены в лаборатории биохимической и технологической оценки в соответствии с методиками и ГОСТами. Материалом для исследований послужили сорта межстанционного сортоиспытания ($n = 36$). В качестве стандарта использовали сорт Кристелла. В результате изучения были выделены сорта – источники высокого содержания белка и клейковины. Также были выделены сорта с высоким качеством клейковины по SDS-седиментации, ИДК и индексу глютена. Было выявлено, что индекс глютена лимитировал качество клейковины. Выделены сорта Диона и Гавань с прочной клейковиной. Представлены результаты корреляционного анализа по сопряженности признаков качества зерна. Установлены наиболее доступные информативно значимые признаки – содержание белка, количество клейковины и ее качество (ИДК), SDS-седиментация, индекс глютена, оказывающие определяющее влияние на прочность клейковины, которые можно использовать в качестве критериев отбора в процессе селекции, в том числе и на ранних этапах.

Ключевые слова: сорт, содержание белка, общий глютен, индекс глютена, SDS-седиментация.

Для цитирования: Костыленко О. А., Игнатьева Н. Г., Кравченко Н. С., Иванисова А. С. Характеристика сортов озимой твердой пшеницы по клейковинно-белковому комплексу зерна // Зерновое хозяйство России. 2024. Т. 16, № 6. С. 42–48. DOI: 10.31367/2079-8725-2024-95-6-42-48.



CHARACTERISTICS OF WINTER DURUM WHEAT VARIETIES ACCORDING TO GLUTEN-PROTEIN COMPLEX OF GRAIN

O. A. Kostylenko, agronomist of the laboratory for biochemical and technological estimation, ORCID ID: 0000-0002-5060-0034;

N. G. Ignatieva, technician-researcher of the laboratory for biochemical and technological estimation, ORCID ID: 0000-0002-8506-8711;

N. S. Kravchenko, Candidate of Biological Sciences, leading researcher of the laboratory for biochemical and technological estimation, ninakravchenko78@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-3388-1548;

A. S. Ivanisova, junior researcher of the laboratory for breeding and seed production of winter durum wheat; ORCID ID: 0000-0003-1466-250x

FSBSI Agricultural Research Center "Donskoy", 347740, Rostov region, Zernograd, Nauchny Gorodok Str., 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

The high demands to the quality of *Triticum durum* grain place by modern pasta processing plants dictate the need to use additional methods and approaches to estimating breeding material and selecting high-quality genotypes. The purpose of the current study was to identify sources of valuable traits of winter durum wheat for targeted inclusion in breeding programs to develop varieties with strong gluten. Field trials were conducted in the laboratory for breeding and seed production of winter durum wheat of the FSBSI "ARC "Donskoy" in 2022–2024. Laboratory study was conducted in the laboratory of biochemical and technological estimation in accordance with the methods and GOSTs. The material for the study was a set of the varieties of the inter-station variety testing ($n = 36$). The variety 'Kristella' was used as a standard. As a result of the study, there were identified the varieties as the sources of high protein and gluten percentage. There were also identified the varieties with high gluten quality according to SDS sedimentation, IDC, and gluten index. There was found that the gluten index limited the gluten quality. There were identified the varieties 'Diona' and 'Gavan' with strong gluten. There have been presented the results of the correlation between grain quality traits. There have been established the most accessible informatively significant traits

such as protein percentage, gluten quantity and quality (IDC), SDS-sedimentation, gluten index, which have a decisive effect on gluten strength and can be used as breeding criteria in the breeding process, including at early stages.

Keywords: variety, protein percentage, total gluten, gluten index, SDS-sedimentation.

Введение. Твердая пшеница (*Triticum durum*) является предпочтительным сырьем для производства высококачественных макаронных изделий, кускуса, булгура и других круп.

Качество озимой твердой пшеницы складывается из порядка 20 признаков, которые можно подразделить на физико-химические свойства зерна, реологические свойства крупки (теста) и потребительские свойства макарон. Селекция на улучшение какого-либо одного признака может сопровождаться ограничением на изменение других (не менее ценных). Задача селекционера – найти такое сочетание, чтобы сохранить их или хотя бы не ухудшить в связи с усилением других (Самофалова и др., 2022).

Содержание белка, клейковины, а также качество запасного белка твердой пшеницы оказывают большое влияние на реологические свойства теста и качество приготовления макаронных изделий (Мальчиков и Мясникова, 2023).

Обычно считается, что макаронные изделия из пшеницы с сильной клейковиной имеют большую твердость и устойчивость при приготовлении, тогда как макаронные изделия из пшеницы со слабой клейковиной склонны к быстрой порче и становятся мягкими при варке (Rai et al., 2019).

Пищевая ценность готового продукта зависит от общего количества белка и его состава. Поскольку прочность клейковины – важный фактор для производства макаронных изделий, она является центральным критерием отбора при создании сортов. Задача селекционеров заключается в применении методов скрининга для отбора, которые тесно связаны с качеством зерна, крупы и макаронных изделий, эффективных для получения сортов с необходимыми характеристиками (Natoli et al., 2021).

Количество белка и клейковины является важным критерием отбора образцов в процессе селекции (Розова и др., 2022). Эти показатели качества включены в ГОСТ 9353-2016 и нормируются требованиями Государственной комиссии по сортоиспытанию.

Качество клейковины устанавливают посредством определения индекса деформации клейковины (ИДК), а также на ранних этапах селекции с помощью определения SDS-седиментации из-за недостаточного количества зерна. Индекс деформации клейковины включен в ГОСТ 9353-2016, а SDS-седиментация является общепринятым и широко применимым методом оценки генотипов пшеницы на первоначальных этапах процесса селекции (Мальчиков и др., 2023).

Первое определение «индекса глютена» (GI) в твердой пшенице было проведено 20 лет

назад, однако за прошедший период опубликовано очень мало данных. Это особенно касается сортов озимой твердой пшеницы.

Индекс глютена (GI), или индекс клейковины – условный показатель реологических свойств клейковины, рассчитываемый как отношение массы клейковины, оставшейся на сетке в кассете после ее центрифугирования, к общей массе отмытой клейковины. Соотношение этих частей определяется силой клейковины. Применение этого метода позволяет дополнительно оценить генотипы по прочности клейковины в соответствии с международными стандартами ISO, ICC и AACCS.

Сорта пшеницы на основе индекса клейковины можно сгруппировать следующим образом: GI 91–100 % – очень сильная клейковина, 71–90 % – сильная клейковина, 31–70 % – умеренно сильная клейковина и менее 31 % указывает на слабую клейковину (AbuHammad et al., 2012).

Так как количество белка, клейковины и их сочетание – это важные значимые признаки, от выраженности которых в значительной степени зависит качество конечного продукта, изучение и выявление селекционного материала с необходимым сочетанием этих признаков является актуальной задачей ученых.

Целью данного исследования являлось выявление источников ценных признаков озимой твердой пшеницы для целенаправленного включения в селекционные программы по созданию сортов с прочной клейковиной.

Материалы и методы исследований.

Полевые опыты были проведены в 2022–2024 годах. В питомнике межстанционного сортоиспытания изучали 36 сортов озимой твердой пшеницы, из которых 16 созданы в ФГБНУ «АНЦ «Донской» (Россия), 6 образцов – из научных учреждений Украины, 10 сортов – НЦЗ им. П. П. Лукьяненко (Россия), 1 сорт – из Италии, 2 сорта – селекции СК ФНАЦ, г. Ставрополь (Россия) и 1 сорт – Самарская область ООО «Кошелевский посад» (Россия).

Предшественник – сидеральный пар, норма высева – 450 всхожих семян на 1 м², площадь делянки – 10 м², посев проводили в двукратной повторности. Стандарт – Кристелла. Закладку опыта, учеты и наблюдения проводили согласно Методике полевого опыта (2014) и Государственного сортоиспытания (1989).

Лабораторные опыты выполняли в лаборатории биохимической и технологической оценки ФГБНУ «АНЦ «Донской»: содержание общего азота определяли по ГОСТ 10846-91; SDS-седиментацию – в соответствии с научно-практическими рекомендациями (2014); индекс глютена (GI) (%), общий глютен (%) и общий сухой глютен (%) определяли в соответствии с ГОСТ ISO 21415-2-2019, количество и качест-

во клейковины определяли в соответствии с ГОСТ Р 54478-2011.

Корреляционный анализ между признаками качества зерна проводили по Б. А. Доспехову (2014): $r < 0,3$ корреляционная зависимость между величинами слабая, $r = 0,3-0,7$ – средняя, $r > 0,7$ – сильная.

Результаты и их обсуждение. Белок является важным компонентом зерна, который

влияет на технологические свойства пшеницы *T. durum*. Известно, что количество и состав белка могут влиять на реологию теста и качество макаронных изделий. По содержанию общего азота в зерне (количеству белка) было установлено варьирование от 13,23 % (Цель, Россия) до 14,82 % (Добряна, Россия) (рис. 1).

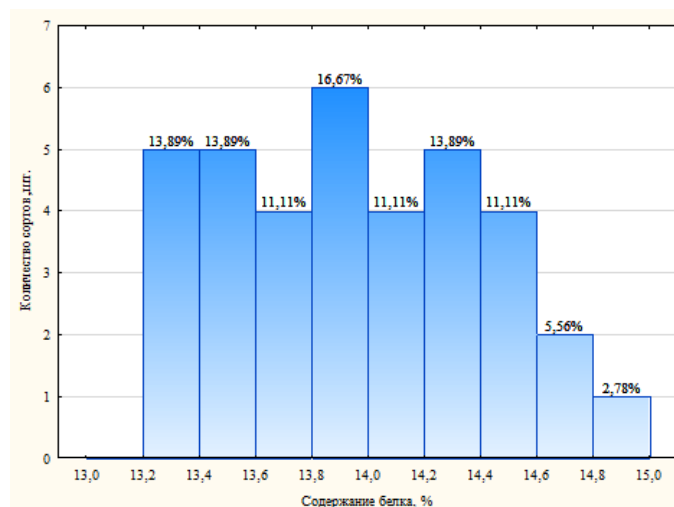


Рис. 1. Распределение сортов озимой твердой пшеницы по содержанию белка в зерне (2022–2024 гг.)

Fig. 1. Distribution of winter durum wheat varieties according to protein percentage in grain (2022–2024)

Наиболее ценными для селекции являются сорта, у которых содержание белка было выше 14,0 %, к этой группе относилось 44,45 %, или 16 сортов. Максимальная выраженность признака выявлена у следующих генотипов: Кристелла (Россия) – 14,50 %, Амазонка (Россия) – 14,62 %, Агат донской (Россия) – 14,47 %, Диона (Россия) – 14,35 %, Яхонт (Россия) – 14,50 %, Юбиларка (Россия) – 14,28 %, Янтарина (Россия) – 14,38 %, Услава (Россия) – 14,24 %, Динас (Россия) – 14,10 %, Эллада (Россия) – 14,05 %, Хризолит (Россия) – 14,50 %, Придонье

(Россия) – 14,02 %, Гавань (Украина) – 14,31 %, Живица (Россия) – 14,70 %, Добряна (Россия) – 14,82 % и Рустикано (Италия) – 14,03 %. Выделенные сорта авторы рекомендуют включать в селекционный процесс в качестве источников высокой белковости зерна.

Одним из важных признаков, влияющих на качество конечного продукта, является количество клейковины в зерне. В соответствии с «ручным» методом выявлено варьирование этого признака от 24,8 % (Акведук, Украина) до 29,0 % (Добряна, Россия) (рис. 2).

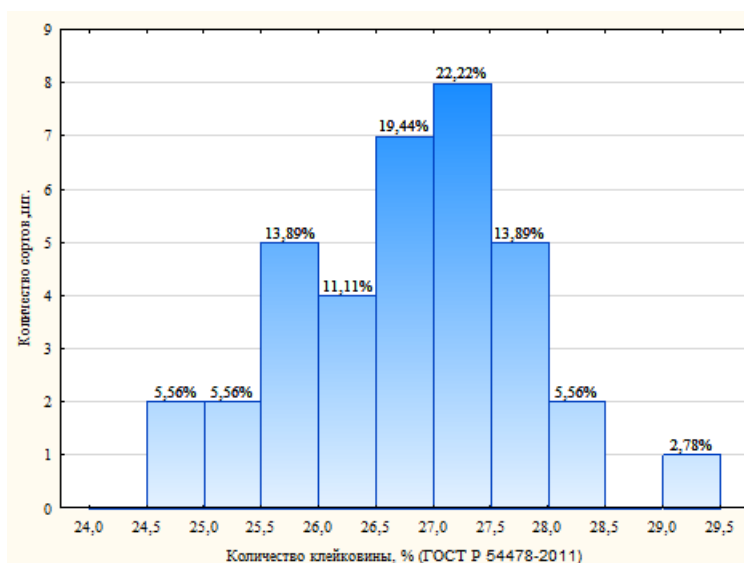


Рис. 2. Распределение сортов озимой твердой пшеницы по количеству клейковины в зерне (2022–2024 гг.)

Fig. 2. Distribution of winter durum wheat varieties according to gluten content in grain, (2022–2024)

Проведенные исследования позволили установить сорта, сформировавшие содержание клейковины на уровне 1-го класса качества (ГОСТ 9353-2016): Добрыня (Россия) – 29,0 %, Агат донской (Россия) – 28,3 % и Янтарина (Россия) – 28,0 %. Стандартный сорт (27,8 %) превысил только сорт Добрыня ($HCP_{05} = 1,0 \%$).

Индекс деформации (ИДК) относится к показателям, которые характеризуют качество и упругость клейковины.

К сортам твердой пшеницы по этому признаку предъявляются требования 18–102 единицы прибора.

В результате проведенных исследований установлено варьирование выраженности индекса деформации клейковины от 67 единиц (Гавань, Украина) до 113 единиц прибора (Каравелла, Украина). Если применить данные требования, то большинство сортов соответствовало 2-му классу качества (рис. 3).

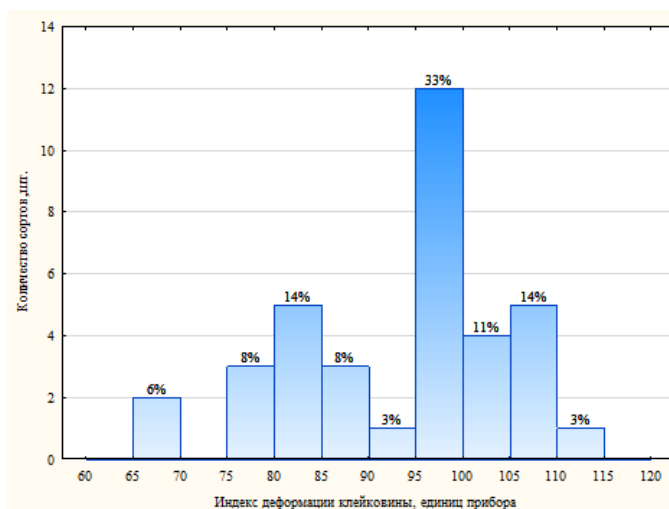


Рис. 3. Распределение сортов озимой твердой пшеницы по индексу деформации клейковины (2022–2024 гг.)
Fig. 3. Distribution of winter durum wheat varieties according to gluten deformation index (2022–2024)

В результате проведенных исследований выделены сорта с наилучшей выраженностью признака «индекс деформации клейковины»: Кристелла, стандарт (Россия) – 89 ед. п., Диона (Россия) – 80 ед. п., Эйрена (Россия) – 83 ед. п., Яхонт (Россия) – 88 ед. п., Янтарина (Россия) – 85 ед. п., Придонье (Россия) – 82 ед. п., Графит (Россия) – 81 ед. п., Гавань (Украина) – 67 ед. п., Добрыня (Россия) – 87 ед. п., Синьора (Россия) – 81 ед. п., Белла (Россия) –

68 ед. п., Гордеиформе 771 (Россия) – 80 ед. п. и Рустикано (Италия) – 80 ед. п.

SDS-седиментация – это непрямой метод определения количества и качества белка, который широко применяется в селекции для отбора ценных образцов на ранних этапах селекции.

В результате проведенных исследований было установлено варьирование значений седиментационного осадка от 33 мл (Белка, Россия) до 46 мл (Диона, Россия) (рис. 4).

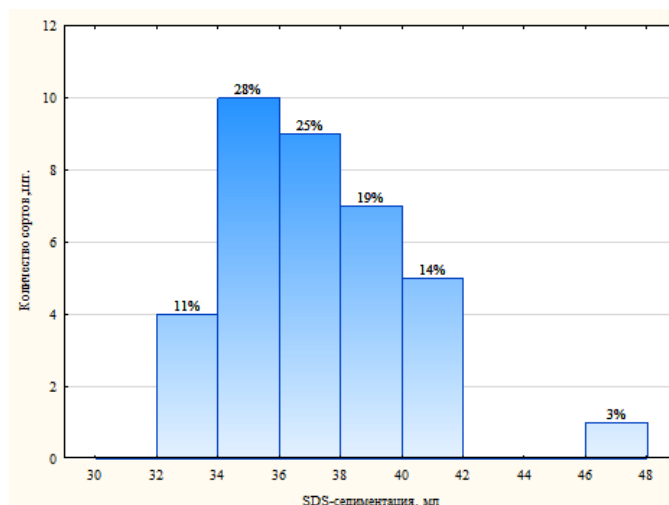


Рис. 4. Распределение сортов озимой твердой пшеницы по SDS-седиментации (2022–2024 гг.)
Fig. 4. Distribution of winter durum wheat varieties according to SDS-sedimentation (2022–2024)

У сорта Кристелла выявлено, что седиментационный осадок был 38 мл. Величиной SDS-седиментации, превышающей стандарт ($HCP_{05} = 3$ мл), за годы изучения характеризовались сорта Амазонка (Россия) – 41 мл, Агат донской (Россия) – 40 мл, Диона (Россия) – 46 мл, Эйрена (Россия) – 41 мл, Янтарина (Россия) – 42 мл, Услава (Россия) – 40 мл, Гавань (Украина) – 41 мл и Рустикано (Италия) – 42 мл, что делает эти генотипы ценными источниками высокого качества белка и клейковины.

В результате исследований показателей, определяемых с помощью «Глютоматика», было выявлено варьирование «общего глютена» от 24,8 % (Бурштин, Украина) до 36,0 %

(Янтарина, Россия). Максимальные значения «общего глютена», то есть количества сырой клейковины, превышающие стандарт ($HCP_{05} = 1,5$ %), отмечены у сортов Янтарина (Россия) – 36,0 %, Яхонт (Россия) – 34,3 %, Лакомка (Россия) – 34,8 %, Придонье (Россия) – 34,0 %, Каротинка (Россия) – 33,1 % и Добряна (Россия) – 34,6 %.

Содержание общего сухого глютена варьировало от 8,9 % (Гордеiforme 771, Россия) до 11,7 % (Янтарина, Россия).

В результате проведенных исследований установлено варьирование значений индекса глютена в широких пределах от 3 % (Акведук, Украина) до 88 % (Гавань, Украина) (табл. 1).

Таблица 1. Характеристика сортов озимой твердой пшеницы по показателям качества клейковины по ГОСТ ISO 21415-2-2019
Table 1. Characteristics of winter durum wheat varieties according to gluten quality indicators on GOST ISO 21415-2-2019

Сорт	Происхождение	ГОСТ ISO 21415-2-2019		
		Общий глютен, %	Общий сухой глютен, %	Индекс глютена, %
Кристелла, st	Россия	31,6	10,9	7
Амазонка	Россия	29,8	10,4	4
Агат донской	Россия	32,9	11,1	8
Диона	Россия	29,7	10,1	85
Эйрена	Россия	28,4	9,8	68
Яхонт	Россия	34,3	11,3	47
Юбиларка	Россия	31,7	11,0	4
Янтарина	Россия	36,0	11,7	49
Услава	Россия	31,1	10,6	6
Лакомка	Россия	34,8	11,6	13
Динас	Россия	31,2	10,9	5
Эллада	Россия	32,5	11,1	8
Хризолит	Россия	32,6	11,1	13
Придонье	Россия	34,0	11,1	42
Каротинка	Россия	33,1	11,2	14
Графит	Россия	28,8	9,6	28
Каравелла	Украина	30,5	10,8	5
Континент	Украина	29,0	10,1	6
Бурштин	Украина	24,8	8,9	19
Андромеда	Украина	27,4	9,4	7
Акведук	Украина	31,5	10,9	3
Гавань	Украина	31,2	10,8	88
Кошелевская	Россия	30,0	10,5	5
Живица	Россия	28,3	9,8	5
Цитрина	Россия	27,6	9,7	5
Одари	Россия	28,1	9,6	14
Кордон	Россия	29,1	10,2	5
Добряна	Россия	34,6	11,6	27
Синьора	Россия	29,6	10,0	19
Белла	Россия	29,2	9,8	23
Белка	Россия	27,3	9,2	18
Цель	Россия	27,9	9,7	5
Крупинка	Россия	30,3	10,3	7
Л 4089 h94	Россия	32,1	10,8	12
Гордеiforme 771	Россия	25,9	8,9	5
Рустикано	Италия	26,5	9,5	4
min–max	–	24,8–36,0	8,9–11,7	3–88
HCP_{05}	–	1,5	0,8	27

Применив классификацию по этому показателю, которая приведена выше, изучаемые сорта можно разделить на группы.

1. Группа сортов со слабой клейковиной (менее 31 %) – Кристелла, стандарт, Амазонка, Агат донской, Юбиларка, Услава, Лакомка, Динас, Эллада, Хризолит, Каротинка, Графит, Каравелла, Континент, Бурштин, Андромеда, Акведук, Кошелевская, Живица, Цитрина, Одари, Кордон, Добрыня, Синьора, Белла, Белка, Цель, Крупинка, Л 4089 h94, Гордеиформе 771 и Рустикано.

2. Группа сортов с умеренно сильной клейковиной (31–70 %) – Эйрена, Яхонт и Придонье.

3. Группа сортов с сильной клейковиной (71–90 %) – Диона и Гавань.

4. Сорта с очень сильной клейковиной (91–100 %) не выявлено среди изучаемых сортов.

В результате проведенных оценок установлено, что «индекс глютена» – признак, который лимитирует качество зерна сортов озимой твердой пшеницы. Изучение этого признака и поиск источников высоких значений необ-

ходимо продолжить, а сорта Диона (Россия) и Гавань (Украина) использовать в селекции на повышение прочности клейковины.

В практической работе необходимо знать и учитывать характер и тесноту генотипических взаимосвязей между контролируемыми в процессе селекции характеристиками. Это касается и такого сложного свойства, состоящего из большого количества признаков, как качество зерна.

Корреляционный анализ позволяет выявить на практике положительные и отрицательные факторы и обратить внимание на минимализацию наиболее неблагоприятных из них, упрощает отбор, ускоряет и повышает эффективность селекционного процесса. Кроме того, определение сопряженности признаков нужно для уточнения направления отбора (Самофалова и др., 2022).

В результате определения коэффициентов корреляции Пирсона были установлены различные взаимосвязи между изучаемыми признаками – от слабых до средних и сильных, прямых и обратных (табл. 2).

Таблица 2. Корреляционные взаимосвязи между изучаемыми признаками
Table 2. Correlation between the studied traits

Признак	Содержание общего азота, %	Количество клейковины, %	ИДК, единиц прибора	Общий глютен, %	Общий сухой глютен, %	Индекс глютена, %	SDS-седиментация, мл
Содержание общего азота, %	1,000	–	–	–	–	–	–
Количество клейковины, %	0,707*	1,000	–	–	–	–	–
ИДК, единиц прибора	-0,076	-0,281	1,000	–	–	–	–
Общий глютен, %	0,491*	0,432*	-0,054	1,000	–	–	–
Общий сухой глютен, %	0,536*	0,414*	0,062	0,971*	1,000	–	–
Индекс глютена, %	0,254	0,218	-0,623*	0,202	0,111	1,000	–
SDS-седиментация, мл	0,373*	0,286	-0,418*	0,131	0,098	0,614*	1,000

* – корреляции значимы на уровне $p < 0,05$

В результате определения парных коэффициентов корреляции Пирсона было установлено, что содержание общего азота (белка) находилось в тесной взаимосвязи с количеством клейковины ($r = 0,707$), определенной ручным методом, общим глютеном ($r = 0,491$) и общим сухим глютеном ($r = 0,536$), выявленными с помощью прибора «Глютоматик». Установлена значимая положительная взаимосвязь между содержанием белка и SDS-седиментацией ($r = 0,373$), что свидетельствует о том, что это информативно значимые критерии отбора образцов по содержанию белка и клейковины.

Признаки, характеризующие качество клейковины, отрицательно коррелировали между собой (индекс деформации клейковины с индексом глютена $r = -0,623$ и индекс деформации клейковины с SDS-седиментацией $r = -0,418$). Индекс глютена находился в тес-

ной корреляции с объемом седиментации SDS ($r = 0,614$).

В результате проведенного корреляционного анализа было установлено, что величина общего сухого глютена положительно коррелировала с содержанием белка ($r = 0,536$), с содержанием клейковины ($r = 0,414$) и с общим глютеном ($r = 0,971$), что делает этот показатель дополнительной характеристикой количества клейковины в зерне.

Следовательно, при отборе селекционных форм и линий озимой твердой пшеницы по содержанию белка, количеству и качеству клейковины нужно учитывать все изучаемые признаки и индекс глютена в качестве дополнительного теста для отбора сортов с сильной клейковиной.

Выводы. В результате проведенных исследований были выявлены сорта Диона (Россия) и Гавань (Украина), которые выделились по че-

тырем из изученных признаков и характеризовались высоким содержанием белка, клейковины и обладали прочной клейковиной. Эти генотипы рекомендуются для использования в селекционном процессе как источники полезных признаков.

В результате проведенных оценок установлено, что «индекс глютена» – признак, кото-

рый лимитирует качество зерна сортов озимой твердой пшеницы. Рекомендуем продолжить изучение этого признака и поиск источников с прочной клейковиной.

Таким образом, измерение индекса глютена может успешно использоваться в программах селекции озимой твердой пшеницы для улучшения прочности клейковины новых сортов.

Библиографический список

1. Мальчиков П. Н., Мясникова М. Г. Методы определения качества клейковины и оценки реологических свойств твердой пшеницы (обзор) // Достижения науки и техники АПК. 2023. Т. 37, № 11. С. 29–37. DOI: 10.53859/02352451_2023_37_11_29
2. Мальчиков П. Н., Шаболкина Е. Н., Мясникова М. Г., Пронович Л. В. Качество клейковины сортов яровой твердой пшеницы Самарского НИИСХ и информативность параметров качества // Достижения науки и техники АПК. 2023. Т. 37, № 6. С. 37–43. DOI: 10.53859/02352451_2023_37_6_37
3. Розова М. А., Барышева Н. В., Зиборов А. И., Егiazарян Е. Е. Оценка генофонда яровой твердой пшеницы по показателю SDS-седиментации // Достижения науки и техники АПК. 2022. Т. 36, № 6. С. 17–23. DOI: 10.53859/02352451_2022_36_6_17
4. Самофалова Н. Е., Иличкина Н. П., Безуглая Т. С., Кравченко Н. С., Иванисова А. С., Кабанова Н. В., Дубинина О. А. Сопряженность признаков качества зерна, крупки и макарон у пшеницы твердой озимой // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 4. С. 62–69. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-824-62-69
5. AbuHammad W. A., Elias E. M., Manthey F. A., Alamri M. S., Mergoum M. A comparison of methods for assessing dough and gluten strength of durum wheat and their relationship to pasta cooking quality // International Journal of Food Science & Technology. 2012. Vol. 47. P. 2561–2573. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2012.03135.x
6. Natoli V., Malchikov P., Dolaberidze S., Shevchenko S., De Vita P. Genetic improvement for gluten strength in russian spring durum wheat genotypes // Lecture Notes in Networks and Systems. 2021. Vol. 186. P. 301–312. DOI: 10.1007/978-3-030-66093-2_29
7. Rai A., Sing A. M., Ganjewala D. Kumar R. R., Ahlawat A. K., Singh S. K., Sharma P., Jain N. Rheological evaluations and molecular marker analysis of cultivated bread wheat varieties of India // Journal of Food Science and Technology. 2019. Vol. 56. P. 1696–1707. DOI: 10.1007/s13197-019-03593-0

References

1. Mal'chikov P. N., Myasnikova M. G. Metody opredeleniya kachestva kleikoviny i otsenki reologicheskikh svoystv tverdoi pshenitsy (obzor) [Methods for evaluating gluten quality and estimating the rheological properties of durum wheat (review)] // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2023. T. 37, № 11. S. 29–37. DOI: 10.53859/02352451_2023_37_11_29
2. Mal'chikov P. N., Shabolkina E. N., Myasnikova M. G., Pronovich L. V. Kachestvo kleikoviny sortov yarovoi tverdoi pshenitsy Samarskogo NIISKh i informativnost' parametrov kachestva [Gluten quality of spring durum wheat varieties of the Samara Research Institute of Agriculture and the information content of quality parameters] // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2023. T. 37, № 6. S. 37–43. DOI: 10.53859/02352451_2023_37_6_37
3. Rozova M. A., Barysheva N. V., Ziborov A. I., Egiaryan E. E. Otsenka genofonda yarovoi tverdoi pshenitsy po pokazatelyu SDS-sedimentatsii [Estimation of the gene pool of spring durum wheat according to SDS-sedimentation] // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2022. T. 36, № 6. S. 17–23. DOI: 10.53859/02352451_2022_36_6_17
4. Samofalova N. E., Ilichkina N. P., Bezuglaya T. S., Kravchenko N. S., Ivanisova A. S., Kabanova N. V., Dubinina O. A. Sopryazhennost' priznakov kachestva zerna, krupki i makaron u pshenitsy tverdoi ozimoi [Correlation of grain, middlings, and pasta quality traits in durum winter wheat] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2022. T. 14, № 4. S. 62–69. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-824-62-69
5. AbuHammad W. A., Elias E. M., Manthey F. A., Alamri M. S., Mergoum M. A comparison of methods for assessing dough and gluten strength of durum wheat and their relationship to pasta cooking quality // International Journal of Food Science & Technology. 2012. Vol. 47. P. 2561–2573. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2012.03135.x
6. Natoli V., Malchikov P., Dolaberidze S., Shevchenko S., De Vita P. Genetic improvement for gluten strength in russian spring durum wheat genotypes // Lecture Notes in Networks and Systems. 2021. Vol. 186. P. 301–312. DOI: 10.1007/978-3-030-66093-2_29
7. Rai A., Sing A. M., Ganjewala D. Kumar R. R., Ahlawat A. K., Singh S. K., Sharma P., Jain N. Rheological evaluations and molecular marker analysis of cultivated bread wheat varieties of India // Journal of Food Science and Technology. 2019. Vol. 56. P. 1696–1707. DOI: 10.1007/s13197-019-03593-0

Поступила: 16.10.24; доработана после рецензирования: 12.11.24; принята к публикации: 13.11.24.

Критерии авторства. Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Костыленко О. А., Кравченко Н. С. – концептуализация исследования, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи; Иванисова А. С. – проведение полевого опыта; Игнатьева Н. Г., Костыленко О. А. – проведение лабораторных опытов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.