

ИНДЕКС ДЕФОРМАЦИИ (ИДК), ОПРЕДЕЛЯЕМЫЙ В ЗЕРНЕ, КАК КРИТЕРИЙ КАЧЕСТВА КЛЕЙКОВИНЫ ПШЕНИЦЫ

Е. Н. Шаболкина, кандидат сельскохозяйственных наук, руководитель лаборатории технолого-аналитического сервиса, elenashabolkina@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0003-1090-4399;

С. Н. Шевченко, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН, директор СамНЦ РАН, ORCID ID: 0000-0002-7605-9864;

Н. В. Анисимкина, старший научный сотрудник лаборатории технолого-аналитического сервиса, anisimkina.natalya@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0001-5129-7797

Самарский федеральный исследовательский центр РАН, Самарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. Н. М. Тулайкова, 446254, Самарская обл., п. Безенчук, ул. Карла Маркса, 4; e-mail: samniish@mail.ru

Пищевые достоинства пшеничного хлеба в значительной степени зависят от качества и содержания ценнейшей части зерна – белкового комплекса (клейковины упругой, эластичной, достаточно растяжимой). В последние годы наблюдается тенденция ухудшения качественных показателей зерна, а именно показателя, регламентированного ГОСТом, «качество клейковины». Очень часто складываются условия в силу определенных обстоятельств, когда клейковина приобретает свойства повышенной липкости и отрубные частицы очень прочно удерживаются клейковинными белками. В этом случае ее практически невозможно отмыть и она характеризуется термином «неотмываемая». В то же время клейковина, отмытая из муки (в отсутствие отрубей) этого же образца зерна, соответствует 1 и 2 группе качества. Таким образом, в первом варианте товаропроизводители несут убытки, так как зерно 5 класса является непродовольственным, а в другом, при отмывании клейковины из муки, получаем классное зерно. Аналогичная дилемма возникает у селекционеров в научных учреждениях при отборе селекционного материала по качеству клейковины. Оба разных способа отмычки клейковины нередко дают противоположные результаты одного и того же генотипа. Цель исследований – оценить степень соответствия ИДК, определяемого по ГОСТу для зерна другим показателям: ИДК в муке, седиментация, реологические свойства на миксографе. Для оценки категории пшеницы (сильная, ценная и слабая) недостаточно одного из показателей качества клейковины – упругости, который определяется при помощи прибора ИДК (индикатор деформации клейковины). Индекс деформации после отмывания клейковины не всегда является объективным результатом ее качества, поэтому необходимо проведение дополнительных исследований: определение индекса деформации клейковины (ИДК) в муке, SDS-седиментации, реологических свойств теста на миксографе, которые характеризуют «силу» клейковины (упругость, прочность и эластичность). Данные методы позволят ученым проводить оценку селекционного материала на качество более эффективно, а сельхозпроизводителям иметь всестороннюю характеристику качества клейковины выращенного ими зерна.

Ключевые слова: пшеница, качество, индекс деформации клейковины, ИДК в муке, седиментация, миксограф.

Для цитирования: Шаболкина Е. Н., Шевченко С. Н., Анисимкина Н. В. Индекс деформации (ИДК), определяемый в зерне, как критерий качества клейковины пшеницы // Зерновое хозяйство России. 2021. № 2(74). С. 69–74. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-74-2-69-74.



DEFORMATION INDEX (GDI) IN GRAIN AS A CRITERION FOR WHEAT GLUTEN QUALITY

E. N. Shabolkina, Candidate of Agricultural Sciences, head of the laboratory for technical and analytical service, elenashabolkina@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0003-1090-4399;

S. N. Shevchenko, Doctor of Agricultural Sciences, professor, academician of RAS, head of the SamRC RAS, ORCID ID: 0000-0002-7605-9864;

N. V. Anisimkina, senior researcher of the laboratory for technical and analytical service, anisimkina.natalya@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0001-5129-7797

Samarsky Federal Research Center RAS, Samarsky Research Institute of Agriculture named after N. M. Tulaykov, 446254, Samara region, v. of Bezenchuk, Karl Marks Str., 4; e-mail: samniish@mail.ru

The nutritional benefits of wheat bread largely depend on quality and content of the most valuable part of the grain, its protein complex, namely elastic, and quite extensible gluten. In recent years, there has been a tendency for deterioration of grain quality indicators, namely the indicator 'gluten quality' regulated by GOST. There are often the circumstances, when gluten acquires properties of increased viscosity and bran particles are firmly held by gluten proteins. In this case, it is practically impossible to extract it and it is characterized by the term 'non-extractable'. At the same time, gluten extracted from flour (in the absence of bran) of the same grain sample corresponds to the 1-st and 2-nd classes of quality. Thus, in the first variant, the producers face losses as the grain of the 5th class is non-food, and in the other, we get good grain when gluten is extracted out of flour. The breeders of the research institutions face the similar dilemma when selecting breeding material according to gluten quality. Both different ways of extracting gluten often give opposite effect for the same genotype. The purpose of the current study was to assess the conformity degree of GDI, identified according to GOST according to such indicators as GDI in flour, sedimentation, rheological properties on a mixograph. In order to estimate if wheat is strong, valuable and weak, there is not enough only elastic-

ity, which is identified using the GDI device (gluten deformation index). The deformation index after extracting gluten is not always an objective result of its quality, therefore, there is a need in additional study, e.g. determination of the gluten deformation index (GDI) in flour, SDS sedimentation, rheological properties of the dough on a mixograph, which characterize gluten 'strength' (elasticity, strength, etc.). These methods will allow researchers to estimate the quality of breeding material more efficiently, and agricultural producers will have a comprehensive description of gluten quality of grown grain.

Keywords: *wheat, quality, gluten deformation index, IGD in flour, sedimentation, mixograph.*

Введение. Среди продуктов питания с давних пор исключительно важное положение занимает пшеничный хлеб и поэтому вопросы улучшения качества зерна пшеницы остаются предметом многочисленных научно-исследовательских работ. Пищевые достоинства пшеничного хлеба в значительной степени зависят от качества и содержания ценнейшей части зерна – белкового комплекса (клейковины упругой, эластичной, достаточно растяжимой). В последние годы наблюдается тенденция ухудшения качественных показателей зерна, а именно показателя, регламентированного ГОСТом, «качество клейковины». Данный параметр влияет на классность зерна и является причиной, по которой большие партии пшеницы сельхозпроизводители продают по 4 и 5 классу, теряя большие материальные средства, вложенные в выращивание урожая.

К многочисленным причинам, ухудшающим качество клейковины, относятся погодноклиматические условия зоны выращивания, наследственность сорта, естественные условия произрастания, минеральное питание растений, а также некоторые проблемы технологического характера, в частности связанные с процессом отмывки клейковины.

Метеорологические условия вегетационного периода могут положительно или негативно влиять на процесс формирования клейковинных белков (Глуховцев и Головоченко, 2010): высокая температура и низкая влагообеспеченность способствуют образованию в зерне более крепкой, упругой и менее растяжимой клейковины, чем клейковина зерна выращенного при пониженной температуре и высокой влажности того же сорта пшеницы. Физические свойства клейковины зависят (Казаков, Карпиленко, 2005) от сортовых особенностей (30-55%) и определяются агрегатным состоянием ее белков, для крепкой клейковины характерна более плотная упаковка белковых частиц, определяемая количеством водородных связей и дисульфидных мостиков.

Ухудшение качества клейковины (Крупнов, 2011; Шаболкина и др., 2012) может быть вызвано естественными условиями произрастания: укус клопом-черепашкой в период созревания и налива зерна сильно ослабляет, разжижает и превращает клейковину в сметанообразную массу; повреждение зерна пшеницы ранними заморозками ведет к формированию крошащейся, малосвязной клейковины. Клейковина под воздействием высоких температур при сушке сырого зерна приобретает крепость, недостаточную связность и характеризуется термином «короткорвущаяся», а при более высоких температурах клейковин-

ные белки денатурируют и ее невозможно отмыть.

Минеральное питание является важным фактором в улучшении качества клейковины: применение полного удобрения, внекорневых подкормок с учетом потребности растений обеспечивает реализацию потенциала сорта до 75% (лучшее использование питательных веществ почвы и удобрений) с качеством зерна не ниже 3 класса (Самойлов и др., 2018).

Кроме того общая ситуация, связанная с заготовкой высококачественного зерна, может искажаться несовершенством системы оценки зерна. Это, в частности, связано с процессом отмывки клейковины и определением индекса деформации (ИДК), который не всегда объективно отражает качество клейковины (Мальчиков и др., 2019; Алабушев и др., 2017). Очень часто складываются условия в силу определенных обстоятельств, когда клейковина приобретает свойства повышенной липкости, и отрубные частицы очень прочно удерживаются клейковинными белками. В этом случае ее практически невозможно отмыть и она характеризуется термином «неотмывающаяся». В то же время клейковина, отмываемая из муки (в отсутствии отрубей) этого же образца зерна, соответствует 1 и 2 группе качества. Таким образом, в первом варианте товаропроизводители несут убытки, так как зерно 5 класса является непродовольственным, а в другом, при отмывании клейковины из муки, получаем классное зерно. Аналогичная дилемма возникает у селекционеров в научных учреждениях при отборе селекционного материала по качеству клейковины. Оба разных способа отмывки клейковины нередко дают противоположные результаты одного и того же генотипа. Для полной объективной оценки качества клейковины, кроме индекса деформации клейковины (ИДК), необходимо проведение дополнительных анализов с учетом всех показателей физических свойств клейковины, в том числе и органолептических.

Цель исследований – оценить степень соответствия ИДК определяемого по ГОСТу, для зерна по другим показателям: ИДК в муке, седиментация, реологические свойства на миксографе.

Материалы и методы исследований. Исследования проведены в 2017–2018 годах на экспериментальной базе Самарского НИИСХ. В качестве материала для исследований использовали образцы зерна сортов озимой мягкой и яровой твердой пшеницы, выращенные на опытных делянках (конкурсное сортоиспытание) лаборатории селекции озимой пшеницы и лаборатории селекции яровой твердой

пшеницы по рекомендованной зональной технологии возделывания. Цельносмолотое зерно (шрот) получили размолот на мельнице Mill-3100, сеяную муку – на мельнице Квадрумат-Юниор. Содержание белкового азота в зерне определяли по ГОСТ 10846-91, количество и качество клейковины в зерне – по ГОСТ Р 54478-2011, в муке – по ГОСТ 27839-2013. Реологические параметры теста (время замеса, эластичность, устойчивость к разжижению, стабильность) оценивали на миксографе; «Силу» клейковины (качество) – непрямым методом – SDS-седиментацией (Dexter et al, 1980) в модификации В.М. Бебякина.

Результаты и их обсуждение. Колебания параметров качества клейковины одного и того же сорта по годам свидетельствуют о заметном влиянии условий произрастания пше-

ницы на ее качество. Данное обстоятельство очень важно, так как позволяет получать зерно с хорошей и удовлетворительной клейковиной не только путем сортового подбора, но и с учетом выбора той или иной зоны произрастания конкретного сорта пшеницы. Тем не менее, в силу определенных обстоятельств в некоторые годы в зерне формируются клейковинобразующие белки (глиадины и глютелины), которые при отмывании обладают чрезмерной липкостью и вязкостью. Такая ситуация сложилась при формировании урожая озимых и яровых пшениц в 2017 году, выращенных в селекционных лабораториях Самарского НИИСХ. При проведении анализа появились проблемы, связанные с процессом отмывки клейковины, когда отруби практически не вымывались (табл. 1).

1. Качество клейковины сортов озимой мягкой и яровой твердой пшеницы (2017 г.) 1. Gluten quality of the winter bread and spring durum wheat varieties (2017)

№	Сорт	Белок, %	Клейковина				
			зерно			мука	
			%	ИДК	группа	%	ИДК
Озимая мягкая пшеница							
1	Светоч	14,0	неотмываемая		30,1	84	2
2	Ресурс	13,7	неотмываемая		31,1	88	2
3	Базис	13,6	неотмываемая		30,9	82	2
4	Безенчукская 616	14,6	неотмываемая		34,6	87	2
5	Безенчукская 380	14,0	неотмываемая		33,2	86	2
6	Новелла	14,0	неотмываемая		32,0	92	2
7	Вьюга	13,7	неотмываемая		30,0	91	2
8	Эритроспермум 889	14,0	неотмываемая		30,1	82	2
9	Эритроспермум 903	13,7	неотмываемая		30,4	81	2
Яровая твердая пшеница							
1	Безенчукская 209	14,6	неотмываемая		24,9	67	1
2	Золотая	15,0	неотмываемая		26,1	75	1
3	Безенчукская 210	15,3	неотмываемая		34,4	101	2
4	Марина	15,0	неотмываемая		21,8	93	2
5	Безенчукская нива	14,4	неотмываемая		20,4	90	2
6	Безенчукская золотистая	15,3	неотмываемая		32,1	98	2

Содержание белка в зерне озимой пшеницы колебалось в зависимости от сорта и внешних условий от 13,6 до 14,6%, в зерне яровой твердой пшеницы – от 14,4 до 15,3%, что соответствует сильным пшеницам. А клейковина при отмывании характеризовалась повышенной липкостью, но была упругой и эластичной. В данном случае невозможно определить содержание и индекс деформации клейковины, так как отрубные частицы как бы приклеились и не отходят от нее, т.е. она по методике является «неотмываемой». Согласно многочисленным исследованиям (Пшеничникова и др., 2006; Бебякин и Прокофьева, 1996), глиадин в составе клейковинного комплекса-сетки (каркас из клейковинных белков, взаимодействующих между собой и с небелковыми соединениями, переплетенные дисульфидными и водородными связями и мостиками) отвечает за липкость, растянжимость, вязкость; второй клейковинобразующий белок (глютенин) –

за упругость и резинообразность, и оптимальное соотношение глиадин/глютенин составляет 1,0–1,27. Можно предположить, что в годы с чрезмерной липкостью клейковины в паре двух белков глиадин преобладает над глютенином в большей степени чем среднепогодное значение. Этот «сдвиг» не может быть значительным, так как известно (Rakszegi et al, 2008; Филатова и др., 2010), что качество клейковины в большей степени зависит от глютениновой фракции.

Результаты изучения одного и того же образца показывают, что, отмывая клейковину из муки в отсутствии отрубей, получаем качественную сильную клейковину: упругую, эластичную, связную, светлую, соответствующую 1 и 2 группе качества. Складывается парадоксальная ситуация, когда зерно с отличной клейковиной (отмытой из муки) в процессе селекций бракуется, что в отдельные годы снижает эффективность отбора ценных источников

качественной клейковины, а сельхозпроизводители продают зерно как непродуктивное по одному из наихудших показателей «качество клейковины».

Для объективной оценки качества клейковины, кроме индекса деформации клейковины (ИДК) в зерне и в муке, необходимо проведение дополнительных анализов, которые широко используются в селекционных программах на качество зерна во многих странах мира: седиментация, определение реологических свойств теста на миксографе. Показатель SDS-седиментации, отвечающий за «силу» клейко-

вины и параметры теста, определяемые на миксографе (упругость, прочность и эластичность), очень тесно коррелируют с качеством клейковины (Васильчук и др., 2009). Среди сортов твердой пшеницы, по результатам данных анализов (высота набухания осадка (SDS) – 49 мм, время замеса теста (PT) – 10,2–11,5 мин; устойчивость к разжижению (MTV) – 0,3–0,4 мин), выделились два сорта: Безенчукская 209 и Золотая, которые можно отнести к группе сильных пшениц, что подтверждают результаты отмывания клейковины (ИДК 67–75, 1 группа) из муки (табл. 2).

2. Показатели SDS-седиментации и миксографа сортов яровой твердой пшеницы (2017 г.) 2. Indicators of SDS-sedimentation and mixograph of the spring durum wheat varieties (2017)

№	Сорт	SDS, мм	Миксограф			
			PT, мин.	PH, мин.	BW, см.	MTV, см.
1	Безенчукская 209	49	11,5	5,9	2,4	0,4
2	Золотая	49	10,2	5,3	1,6	0,3
3	Безенчукская 210	27	5,2	6,7	1,2	0,7
4	Марина	44	7,6	4,4	1,3	0,1
5	Безенчукская нива	44	8,4	4,5	1,1	0,2
6	Безенчукская золотистая	38	6,4	6,0	1,3	0,6

Оценка реологических свойств теста на миксографе выявила еще два сорта твердой пшеницы Марина и Безенчукская нива с отличными показателями (время замеса теста (PT) – 7,6–8,4 мин; эластичность (BW) – 1,3–1,1 см; устойчивость к разжижению (MTV) – 0,1–0,2 см) и подтвердила данные, полученные при отмывке клейковины из муки – ИДК 93–90, 2 группа. По SDS-седиментации (44,0 мм) эти сорта так же являются сильными пшеницами.

Несмотря на полученный положительный результат качества клейковина у всех сортов,

как уже отмечалось, в 2017 году она не отмывалась из размолотого зерна (шрота) и лишь проведение дополнительных анализов подтвердило классность зерна и наличие хорошей клейковины.

В 2018 году у клейковины изучаемых сортов отсутствовали чрезмерная липкость и вязкость, и отмывка проходила стандартно: белковые частицы соединялись (слипались) при отмывании в единую связную массу, а крахмал и отрубные оболочки полностью легко удалялись (табл. 3).

3. Качество клейковины сортов озимой мягкой и яровой твердой пшеницы (2018 г.) 3. Gluten quality of the winter bread and spring durum wheat varieties (2018)

№	Сорт	Белок, %	Клейковина		
			зерно		
			%	ИДК	группа
Озимая мягкая пшеница					
1	Светоч	15,7	32,0	99	2
2	Ресурс	15,4	30,0	101	2
3	Базис	15,4	31,0	99	2
4	Безенчукская 616	15,9	32,2	96	2
5	Безенчукская 380	15,9	32,2	99	2
6	Новелла	15,2	30,4	96	2
7	Вьюга	14,8	33,7	100	2
8	Эритроспермум 889	15,2	30,8	86	2
9	Эритроспермум 903	14,3	33,9	93	2
Яровая твердая пшеница					
1	Безенчукская 209	14,5	29,7	97	2
2	Золотая	14,1	25,0	63	1
3	Безенчукская 210	14,3	34,4	101	2
4	Марина	14,8	30,2	108	3
5	Безенчукская нива	14,3	32,2	97	2
6	Безенчукская золотистая	15,0	неотмывающаяся		

Результаты исследований показали, что по содержанию белка все изучаемые сорта

озимой и яровой пшеницы относятся к категории сильных (более 14,0%), а по качеству клей-

ковины – к пшеницам-филлерам (вторая группа качества). Показатели SDS-седиментации и реологические параметры теста, определяемые на миксографе, и в 2018 году тесно коррелировали с качеством клейковины. Лучшее время замеса (РТ – 10,2 мин.), эластичность

(BW – 1,6 см), устойчивость к разжижению (MTV – 0,3 см) и SDS-седиментация (49 мм) отмечены у сорта яровой твердой пшеницы Золотая, что подтвердило качество отмытой из зерна (шрота) клейковины 63 ед. 1 группа (табл. 4).

4. Показатели SDS-седиментации и миксографа сортов яровой твердой пшеницы (2018 г.) 4. Indicators of SDS-sedimentation and mixograph of the spring durum wheat varieties (2018)

№	Сорт	SDS, мм	Миксограф			
			РТ, мин.	РН, мин.	BW, см.	MTV, см.
1	Безенчукская 209	36	7,5	6,5	2,0	0,4
2	Золотая	49	10,2	5,3	1,6	0,3
3	Безенчукская 210	25	3,6	7,2	1,0	1,7
4	Марина	26	3,7	7,6	1,0	1,6
5	Безенчукская нива	36	6,1	7,9	1,2	0,6
6	Безенчукская золотистая	21	4,2	8,2	1,1	2,0

У всех остальных сортов, участвующих в эксперименте, параметры миксографа и седиментации также соответствовали группе качества по ИДК.

Выводы. Для оценки категории пшеницы (сильная, ценная и слабая) недостаточно одного из показателей качества клейковины – упругости, который определяется при помощи прибора ИДК (индикатор деформации клейковины). Индекс деформации после отмывания клейковины не всегда является объективным результатом ее качества. В зависимости от внешних условий среды, сорта и других обстоятельств часто клейковина является «неот-

мывающейся», а в государственном стандарте основным критерием качества клейковины является ИДК в зерне, поэтому необходимо проведение дополнительных исследований: определение индекса деформации клейковины (ИДК) в муке, SDS-седиментации, реологических свойств теста на миксографе, которые характеризуют «силу» клейковины (упругость, прочность и эластичность). Данные методы позволяют ученым проводить оценку селекционного материала на качество более эффективно, а сельхозпроизводителям иметь всестороннюю характеристику качества клейковины выращенного ими зерна.

Библиографические ссылки

1. Алабушев А. В., Копусь М. М., Ионова Е. В., Дорохова Д. П. Основные причины, ведущие к несоответствию между качеством закупаемого зерна пшеницы и производством муки из нее в России // Зерновое хозяйство России. 2017. № 4(52). С. 27–32.
2. Бебякин В. М., Прокофьева И. Г., Тер-Асатурова И. Л. К вопросу управления качеством зерна пшеницы в засушливых условиях // Вестник РАСХН. 1996. № 4. С. 39–42.
3. Васильчук Н. С., Гапонов С. Н., Еременко Л. В., Паршикова Т. М., Попова В. М. Оценка прочности клейковины в процессе селекции твердой пшеницы (*Triticum durum* Desf.) // Аграрный вестник Юго-Востока. 2009. № 3. С. 34–39.
4. Глуховцев В. В., Головоченко Н. А. Изменчивость качества зерна яровой пшеницы в Средневолжском регионе РФ под влиянием сорта и внешней среды // Доклады РАСХН. 2010. № 4. С. 3–6.
5. Казаков Е. Д., Карпиленко Г. П. Биохимия зерна и хлебопродуктов. СПб.: ГИОРД, 2005. 512 с.
6. Крупнов В. А. Селекция пшеницы на устойчивость к вредным клопам (*eurygaster* spp.): нет ли риска? // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2011. Том 15. № 3. С. 572–577.
7. Мальчиков П. Н., Шаболкина Е. Н., Мясникова М. Г., Сидоренко В. С. Адекватность оценки качества клейковины твердой пшеницы в соответствии с параметрами регламентированными ГОСТом // Зернобобовые и крупяные культуры. 2019. № 2. С. 118–124.
8. Пшеничникова Т. А., Ермакова М. Ф., Попова Р. К. Технологические качества зерна и муки мягкой пшеницы в линиях с межсортовым замещением хромосом 1 и 6 гомеологических групп // Сельскохозяйственная биология. 2006. № 1. С. 57–61.
9. Самойлов Л. Н., Чернова С. В., Трушкин С. В. Комплекс факторов, влияющих на производство и качество зерна пшеницы // Плодородие. 2018. № 6. С. 12–15.
10. Филатова Е. В., Сюков В. В., Анисимкина Н. В. Влияние пирейной трансляции T-5 на фракционный состав белка яровой мягкой пшеницы // Аграрный вестник Юго-Востока. 2010. № 1(4). С. 15–17.
11. Шаболкина Е. Н., Сычева О. М., Сюков В. В. Использование модифицированных методик оценки качества зерна пшеницы на фоне поражения клопом-черепашкой // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2012. Т. 16, № 4/2. С. 965–969.
12. Dexter J. E., Matsuo R. R., Kosmolar F. G. Relationship between some durum wheat physical characteristics and semolina milling properties // Canadian Journal of Plant Science. 1980. 60: P. 49–53.
13. Rakszegi M., Pastori G., Jones H. D. et al. Technological quality of field grown transgenic lines of commercial wheat cultivars expressing the 1Ax1 HMW glutenin subunit gene // J. Cereal Sci. 2008. V. 47. P. 310–321.

References

1. Alabushev A. V., Kopus' M. M., Ionova E. V., Dorohova D. P. Osnovnye prichiny, vedushchie k nesootvetstviyu mezhdu kachestvom zakupaemogo zerna pshenicy i proizvodstvom muki iz nee v Rossii [The main reasons leading to the discrepancy between the quality of purchased wheat grain and flour production in Russia] // *Zernovoe hozyajstvo Rossii*. 2017. № 4(52). S. 27–32.
2. Bebyakin V. M., Prokof'eva I. G., Ter-Asaturova I. L. K voprosu upravleniya kachestvom zerna pshenicy v zasushlivykh usloviyakh [On the issue of quality management of wheat grain in arid conditions] // *Vestnik RASKHN*. 1996. № 4. S. 39–42.
3. Vasil'chuk N. S., Gaponov S. N., Eremenko L. V., Parshikova T. M., Popova V. M. Ocenka prochnosti klejkoviny v processe selekcii tvrdoj pshenicy (*Triticum durum Desf.*) [Estimation of gluten strength in the process of durum wheat breeding (*Triticum durum Desf.*)] // *Agrarnyj vestnik Yugo-Vostoka*. 2009. № 3. S. 34–39.
4. Gluhovcev V. V., Golovochenko N. A. Izmenchivost' kachestva zerna yarovoj pshenicy v Srednevolzhskom regione RF pod vliyaniem sorta i vneshnej sredy [Variability of spring wheat grain quality in the Middle Volga region of the Russian Federation under the influence of the variety and environment] // *Doklady RASKHN*. 2010. № 4. S. 3–6.
5. Kazakov E. D., Karpilenko G. P. Biohimiya zerna i hleboproduktov [Biochemistry of grain and bakery products]. SPb.: GIOR, 2005. 512 s.
6. Krupnov V. A. Selekcija pshenicy na ustojchivost' k vrednym klopam (eurygaster spp.): net li riska? [Wheat breeding for resistance to harmful bugs (eurygaster spp.): Is there a risk?] // *Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii*. 2011. Tom 15. № 3. S. 572–577.
7. Mal'chikov P. N., SHabolkina E. N., Myasnikova M. G., Sidorenko V. S. Adekvatnost' ocenki kachestva klejkoviny tvrdoj pshenicy v sootvetstvii s parametrami reglamentirovannymi GOSTom [Adequacy of estimation of durum wheat gluten quality in accordance with the parameters regulated by GOST] // *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2019. № 2. S. 118–124.
8. Pshenichnikova T. A., Ermakova M. F., Popova R. K. Tekhnologicheskie kachestva zerna i muki myagkoj pshenicy v liniyah s mezhsortovym zameshcheniem hromosom 1 i 6 gomeologicheskikh grupp [Technological qualities of bread wheat grain and flour in the lines with intervartietal substitution of chromosomes 1 and 6 of homeologous groups] // *Sel'skohozyajstvennaya biologiya*. 2006. № 1. S. 57–61.
9. Samojlov L. N., CHernova S. V., Trushkin S. V. Kompleks faktorov, vliyayushchih na proizvodstvo i kachestvo zerna pshenicy [A complex of factors affecting on production and quality of wheat grain] // *Plodородie*. 2018. № 6. S. 12–15.
10. Filatova E. V., Syukov V. V., Anisimkina N. V. Vliyanie pyrejnoj translakcii T-5 na frakcionnyj sostav belka yarovoj myagkoj pshenicy [The effect of wheatgrass translocation T-5 on the fractional composition of spring wheat protein] // *Agrarnyj vestnik Yugo-Vostoka*. 2010. № 1(4). S. 15–17.
11. SHabolkina E. N., Sycheva O. M., Syukov V. V. Ispolzovanie modifitsirovannykh metodik ocenki kachestva zerna pshenicy na fone porazheniya klopom-cherepashkoj [The use of modified methods for estimating wheat grain quality against the background of a bug-turtle] // *Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii*. 2012. T.16, № 4/2. S. 965–969.
12. Dexter J. E., Matsuo R. R., Kosmolar F. G. Relationship between some durum wheat physical characteristics and semolina milling properties // *Canadian Journal of Plant Science*. 1980. 60: P. 49–53.
13. Rakszegi M., Pastori G., Jones H. D. et al. Technological quality of field grown transgenic lines of commercial wheat cultivars expressing the 1Ax1 HMW glutenin subunit gene // *J. Cereal Sci.* 2008. V. 47. P. 310–321.

Поступила: 4.12.20; принята к публикации: 1.02.21.

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: Шаболкина Е. Н. – концептуализация исследования, выполнение лабораторных опытов, сбор данных, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи; Шевченко С. Н. – концептуализация исследования; Анисимкина Н. В. – выполнение лабораторных опытов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.