

СТЕКЛОВИДНОСТЬ ЗЕРНА ТВЕРДОЙ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

М. Г. Евдокимов, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник лаборатории селекции твердой пшеницы, ORCID ID: 0000-0001-9919-2329;

В. С. Юсов, кандидат сельскохозяйственных наук, зав. лабораторией селекции твердой пшеницы, ORCID ID: 0000-0002-4159-3872;

И. В. Пахотина, кандидат сельскохозяйственных наук, зав. лабораторией качества зерна, ORCID ID: 0000-0002-97091951;

М. Н. Кирьякова, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции твердой пшеницы, ORCID ID: 0000-0003-2911-1356

ФГБНУ «Омский аграрный научный центр»,

644012, г. Омск, пр. Королева, 26; e-mail: misha-emg@rambler.ru, vc_ysov@rambler.ru

Представлены результаты изучения сортов твердой яровой пшеницы по стекловидности зерна в условиях южной лесостепной зоны Омской области. Объектами исследований были сорта экологического сортоиспытания различных научных учреждений России и Украины. Исследования проводили в период 2003–2015 гг. Опытные делянки площадью 10 м² размещали в 4 повторениях. Предшественник – чистый пар. Почва опытного участка – чернозем слабовыщелоченный среднегумусный (6,2%) тяжело-суглинистый. Срок посева – 14–15 мая, норма высева – 4,5 млн всхожих зерен на 1 га. Средний показатель стекловидности за 2003–2015 гг. составил 70,1%. По сортам варьирование наблюдалось от 66,0 у Светланы до 74,6% у Саратовской золотистой. Различия между крайними вариантами составили 8,6%. Варьирование по годам было от 51 до 92% с размахом изменчивости от 21% (Ангел, Омский корунд) до 34% (Саратовская золотистая). Расчет коэффициента вариации показал, что степень изменчивости проявлялась от слабой до средней. Коэффициенты вариации изменялись от 9,3% у Ангела до 14,3% у Безенчукской 182. Показатель стабильности, по S. A. Eberhart, W. A. Russel, свидетельствует о более низкой вариабельности сортов Ангел, Омский корунд, Алтайская нива, Ник, Харьковская 23, Таволга. Значение коэффициента регрессии (bi) по стекловидности зерна находилось в пределах от 0,77 до 1,23. Наиболее отзывчивы на условия (по тесту Эберхарта – Рассела) по этому признаку сорта Воронежская 9, Елизаветинская, Алтайская нива, Омская степная, Безенчукская степная. Слабой реакцией на условия среды обладали сорта Ангел, Алейская, Зарница Алтая. Фенотипическая корреляция наблюдалась с урожайностью, массой 1000 зерен, натурой зерна, качеством клейковины, цветом макарон. Связь с этими признаками положительная, средняя ($r = 0,30-0,440$).

Ключевые слова: твердая пшеница, сорт, зерно, стекловидность, корреляция, изменчивость.



HARDNESS OF SPRING DURUM WHEAT KERNELS IN THE WEST SIBERIA

M. G. Evdokimov, Doctor of Agricultural Sciences, main researcher of the laboratory of durum wheat breeding, ORCID ID: 0000-0001-9919-2329;

V. S. Yusov, Candidate of Agricultural Sciences, head of the laboratory of durum wheat breeding, ORCID ID: 0000-0002-4159-3872;

I. V. Pakhotina, Candidate of Agricultural Sciences, head of the laboratory of grain quality, ORCID ID: 0000-0002-97091951;

M. N. Kiriakova, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the laboratory of durum wheat breeding, ORCID ID: 0000-0003-2911-1356

Omsky Agricultural Research Center,

644012, Omsk, Korolev Av., 26; e-mail: misha-emg@rambler.ru, vc_ysov@rambler.ru

There have been presented study results of the spring durum wheat varieties grown in the southern forest-steppe area of the Omsk region on kernel hardness. The objects of research were the varieties of ecological variety testing conducted by various Russian and Ukrainian scientific institutions. The study was conducted in the period from 2003–2015. Experimental plots of 10 m² were placed in 4 sequences. The varieties were sown in weedfree fallow. The soil of the experimental plot was weakly leached blackearth (chernozem), medium humus (6.2%), and loamy. The sowing date is 14–15 of May, the sowing rate is 4.5 million of germinated kernels per ha. The average hardness index in 2003–2015 was 70.1%. The varieties varied from 66.0 (the variety "Svetlana") to 74.6% (the variety "Saratovskaya zolotistaya"). The differences between maximum and minimum were 8.6%. The variation through the years was from 51% to 92%, from 21% (the varieties "Angel", "Omsky korund") to 34% (the variety "Saratovskaya zolotistaya"). The calculated coefficient of variation showed that the variability degree ranged from little to medium. Coefficients of variation varied from 9.3% (the variety "Angel") to 14.3% (the variety "Bezenchukskaya 182"). According to S. A. Eberhart, W. A. Russel the stability index indicates a lower variability of the varieties "Angel", "Omsky korund", "Altayskaya niva", "Nik", "Kharkovskaya 23", "Tavolga". The value of the regression coefficient (bi) for kernel hardness ranged from 0.77 to 1.23. The varieties "Voronezhskaya 9", "Elizavetinskaya", "Altayskaya niva", "Omskaya stepnaya" and "Bezenchukskaya stepnaya" turned to be most responsive to the conditions (according to the Eberhart – Russell test). The varieties "Angel", "Aleyskaya", "Zarnitsa Altaya" had a weak reaction to the environmental conditions. There has been identified phenotypic correlation between the trait and productivity, 1000-kernel weight, nature weight, gluten quality, pasta color. The correlation between these traits is positive, on average $r = 0.30-0.440$.

Keywords: durum wheat, variety, kernels, hardness, correlation, changeability.

Введение. Стекловидность имеет важное значение потому, что она тесно связана с технологическими свойствами зерна. С уменьшением процента стекловидности снижается размер частиц семолины. Кроме того, мучнистость зерна – отрицательный фактор для таких признаков, как варочные свойства и цвет пасты. Поэтому макаронная промышленность

требует сырье с минимальным количеством мучнистых зерен (ГОСТ Р 52554-2006). Стекловидное зерно твердой пшеницы характеризуется повышенной углеводно-амилолитической активностью, оно более плотное по консистенции, имеет более мелкие крахмальные зерна, тесно переплетенные клейковинными белками (Самсонов, 1967).

Стекловидность зерна – признак наследственный, хотя и зависит во многом от условий внешней среды. Основными метеорологическими факторами, влияющими на стекловидность, являются температурный режим в период вегетации, относительная влажность воздуха, водный режим (Евдокимов и Юсов, 2008; Сандакова, 2012). Стекловидность повышается при уменьшении водных запасов в почве, на нее благоприятно влияют сбалансированный запас азота в почве (Вьюшков и др., 2012) и оптимальная обеспеченность фосфором (Лелли, 1980). Данный показатель имеет связь с некоторыми признаками качества зерна и макарон (Надилов и др., 1988; Васильчук, 2001; Евдокимов, 2006; Голик В. С. и Голик О. В., 2008).

В США в зависимости от стекловидности зерно делится на три основных типа: *hard amber durum wheat* (HADW) – твердозерная янтарная твердая пшеница, содержащая 75% и более стекловидных зерен; *amber durum wheat* (ADW) – янтарная твердая пшеница, содержащая 60–74% стекловидных зерен, и *durum wheat* (DW) – твердая пшеница с содержанием стекловидных зерен менее 60% (Official US Standards for Grain Wheat, 2014).

Канадская западная янтарная пшеница *durum* (Canada Western Amber Durum) имеет 5 классов. Для класса № 1 CWAD минимальная стекловидность установлена 80%; для № 2 CWAD – 60%; для № 3 CWAD – 40%; для № 4 и 5 CWAD – не ограничена (Dexter et al., 2006). На Украине минимальное значение для первого класса составляет 70%; второго – 60; третьего – 50; четвертого – 40%; для пятого – не ограничивается (Голик В. С. и Голик О. В., 2008). В России требования к стекловидности зерна более жесткие. В соответствии с ГОСТ Р 52554-2006 (Пшеница. Технические условия, 2006) для 1-го и 2-го классов минимальная стекловидность установлена 85%; для 3-го класса – 70%; для 4-го и неклассной пшеницы – не ограничена.

Цель исследований – оценка сортов яровой твердой пшеницы по стекловидности зерна и поиск генотипов с высокими и стабильными показателями стекловидности.

Материалы и методы исследований. Объектами исследований служили сорта экологического сортоиспытания различных научных учреждений России и Украины: Гордеиформе 10, Алмаз, Омский рубин, Ангел, Омская янтарная, Омский корунд, Жемчужина Сибири, Омская степная (Омский АНЦ); Алтайская нива, Зарница Алтая, Алейская (ФАНЦА); Саратовская золотистая, Ник, Елизаветинская (ФГБНУ НИИСХ Ю-В); Безенчукская 182, Безенчукский янтарь, Безенчукская степная, Памяти Чеховича (Самарский НИИСХ, филиал Самарского НЦ); Краснокутка 10 (Краснокутская СОС); Харьковская 23 (УкрНИИРСИГ); Воронежская 9, Светлана, Таволга (ФГБНУ НИИСХ ЦЧП). Исследования

проводились в течение 2003–2015 гг. Опытные делянки площадью 10 м² размещались в 4 повторениях. Предшественник – чистый пар. Почва опытного участка – чернозем слабовыщелоченный среднегумусный (6,2%) тяжелосуглинистый. Метеорологические условия в годы проведения исследований были контрастными. Благоприятные годы для формирования зерна с высокой стекловидностью – 2003, 2005, 2008, 2011; средние – 2004, 2007, 2010, 2014; неблагоприятные – 2006, 2009, 2012, 2013, 2015 (Агрометеорологический бюллетень, 2003–2018 гг.). Показатель стекловидности определяли процентным содержанием стекловидных зерен путем разрезания каждого зерна в анализируемой пробе (ГОСТ 10987-76, с изменениями в редакции 2018 г.).

Статистическую обработку результатов проводили методом дисперсионного и корреляционного анализов по Б. А. Доспехову (1973). Параметры экологической пластичности рассчитывали по S. A. Eberhart, W. A. Russel в изложении В. А. Зыкина и др. (1984). При этом использовали компьютерную программу Excel.

Результаты и их обсуждение. В годы исследований показатели стекловидности в экологическом сортоиспытании имели существенные различия.

Средний показатель стекловидности за 2003–2015 гг. составил 70,1%. По сортам варьирование наблюдалось от 66,0% у Светланы до 74,6% у Саратовской золотистой (табл. 1). Различия между крайними вариантами составили 8,6%. Варьирование по годам наблюдалось от 51 до 92% с размахом изменчивости от 21% (Ангел, Омский корунд) до 34% (Саратовская золотистая). Расчет коэффициента вариации показал, что степень изменчивости невысока. Коэффициенты вариации изменялись от 9,3% у Ангела до 14,3% у Безенчукской 182. Показатель стабильности по S. A. Eberhart, W. A. Russel свидетельствует о более низкой вариабельности признака у сортов Ангел, Омский корунд, Алтайская нива, Ник, Харьковская 23, Таволга. Значение коэффициента регрессии (b_i) по стекловидности зерна находилось в пределах от 0,77 до 1,23. Наиболее отзывчивы на условия среды (по тесту Эберхарта – Рассела) по этому признаку сорта Воронежская 9, Елизаветинская, Алтайская нива, Омская степная, Безенчукская степная. Слабой реакцией на среду обладали сорта Ангел, Алейская, Зарница Алтая. Следовательно, в качестве исходного материала на повышение стекловидности представляют интерес сорта с относительно высокой и более стабильной стекловидностью – Омский корунд, Таволга и с высокой стекловидностью – Жемчужина Сибири, Саратовская золотистая, Памяти Чеховича. Эти генотипы используются нами в селекционном процессе.

По результатам изучения питомника экологического испытания наблюдалась тенденция некоторого снижения стекловидности зерна по годам, о чем свидетельствует линия тренда (рис. 1).

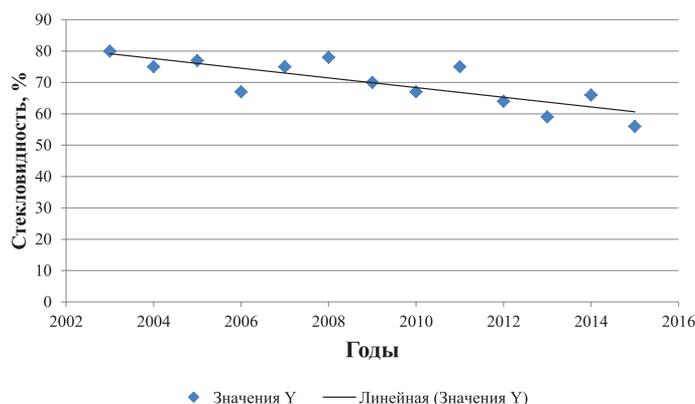


Рис. 1. Среднее значение стекловидности изученных сортов экологического сортоиспытания

Fig. 1. Average hardness value of the varieties studied in the ecological variety-testing

1. Стекловидность зерна и ее изменчивость у сортов твердой яровой пшеницы
в экологическом сортоиспытании

1. Kernel hardness and its variability in spring durum wheat varieties in the ecological variety-testing

Сорт	Стекловидность, % (среднее за 2003–2015 гг.)	Лимиты по годам (min – max), %	Размах по годам, %	Коэффициент вариации (CV), %	bi	σ_d^2
Гордеиформе 10	72,7	58–89	31	12,8	1,06	23,98
Алмаз	70,2	57–82	25	11,3	0,90	18,41
Омский рубин	71,0	55–84	29	12,5	1,06	15,59
Ангел	69,5	57–78	21	9,3	0,77	8,18
Омская янтарная	67,5	53–81	28	11,7	0,95	11,57
Омский корунд	70,2	57–78	21	10,2	0,88	7,80
Жемчужина Сибири	73,3	61–92	31	12,0	0,98	24,55
Омская степная	71,7	56–85	29	12,8	1,11	15,25
Алтайская нива	70,7	56–84	28	13,0	1,15	9,38
Зарница Алтая	69,2	57–83	26	10,4	0,83	13,62
Алейская	68,2	58–85	27	10,5	0,80	16,21
Саратовская золотистая	74,6	57–91	34	12,4	0,95	38,14
Ник	67,7	56–79	23	10,4	0,88	5,22
Елизаветинская	72,2	56–86	30	14,2	1,21	24,23
Безенчукская 182	69,0	52–83	31	14,3	1,11	28,83
Безенчукский янтарь	70,9	54–84	30	12,3	1,03	16,33
Безенчукская степная	70,0	56–83	27	13,8	1,15	19,12
Памяти Чеховича	73,1	55–85	30	11,7	0,99	19,04
Краснокутка 10	68,5	53–79	26	13,5	1,08	20,94
Харьковская 23	67,5	55–77	22	10,9	0,88	10,72
Воронежская 9	68,5	53–85	32	14,9	1,23	19,83
Светлана	66,0	51–81	30	13,9	1,10	16,36
Таволга	70,5	57–81	24	10,5	0,89	10,64
Среднее по сортам	70,1	–	28	–	–	–
Мах	74,6	–	34	14,9	1,23	38,14
Min	66,0	–	21	9,3	0,77	5,22
Размах по сортам	8,6	–	13	5,7	–	–
НСР ₀₅	5,4	–	–	–	–	–

Генотипические коэффициенты корреляции стекловидности с урожайностью и показателями качества зерна очень нестабильны: только в некоторые годы наблюдалась положительная связь с урожайностью ($r = 0,41–0,62$), натурой зерна ($r = 0,34–0,62$); с крупностью зерна связь не прослеживается; с содержанием белка и клейковины, с цветом макарон, продолжительностью вегетации зависимость от отрицательной до положительной. Средовая корреляция по сортам составляла: с урожайностью – от $-0,03$ до $0,38$; массой 1000 зерен – $0,20–0,49$; натурой – $0,22–0,36$; клейковиной – $0,10–0,62$; ИДК – $0,13–0,72$; цветом макарон – $0,29–0,66$; продолжительностью вегетации – от $-0,35$ до $0,31$. Фенотипическая корреляция (генотипическая + средовая) наблюдается

с урожайностью, массой 1000 зерен, натурой зерна, качеством клейковины, цветом макарон (табл. 2). Связь с этими признаками средняя положительная ($r = 0,30–0,440$).

Следует отметить, что полученные нами коэффициенты корреляции не совсем согласуются по некоторым признакам с ранее проведенными исследованиями. По данным В. С. Голика (2008), стекловидность имеет отрицательную связь с натурой зерна, а в наших исследованиях она положительная. По нашим данным, между стекловидностью и содержанием белка и клейковины связь несущественна, что согласуется с данными Н. С. Васильчука (2001), С. В. Зверева и др., (2017), однако тесная положительная отмечена В. С. Голиком (2008).

2. Коэффициенты корреляции стекловидности зерна с вегетационным периодом, урожайностью, показателями качества зерна твердой яровой пшеницы
 2. Correlation coefficients between kernel hardness and vegetation period, productivity, qualitative traits of spring durum wheat

Признак	Годы, г _r													г _ф
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
Урожайность	0,18	-0,05	-0,19	0,62	0,23	0,05	-0,09	-0,08	-0,05	0,21	0,01	0,41	0,50	0,37
Масса 1000 зерен	0,12	-0,13	-0,22	0,21	0,20	-0,10	-0,18	0,11	0,02	-0,15	0,10	0,20	0,08	0,32
Натура	0,39	0,37	0,30	0,35	0,62	-0,02	-0,07	0,29	0,34	0,23	0,36	0,00	0,22	0,30
Клейковина	0,09	-0,27	-0,04	0,61	-0,11	0,04	0,18	0,18	-0,24	0,19	0,10	-0,65	-0,33	0,21
ИДК	0,13	-0,26	0,19	0,39	-0,03	0,06	-0,22	0,41	-0,07	0,06	-0,16	-0,41	-0,31	0,38
Цвет макарон	0,16	0,22	0,29	0,29	0,17	0,23	-0,06	-0,40	0,27	0,08	0,43	0,28	0,03	0,44
Белок	0,10	-0,22	0,04	0,40	-0,22	-0,01	0,09	-0,03	-0,40	0,09	0,14	-0,52	-0,39	0,21
ВП	0,18	0,15	-0,14	0,25	0,05	-0,33	0,03	-0,20	-0,12	0,12	0,25	0,11	0,34	0,01

г_r – генотипический коэффициент корреляции; г_ф – фенотипический коэффициент корреляции.

Выделены значения г, достоверные при 1% уровне значимости.

С качеством клейковины в одном случае связь отрицательная (Васильчук, 2001), в другом – она не существенна (Голик, 2008). Нами в этом наборе сортов отмечена положительная связь. Цвет макарон, по нашим данным, связан со стекловидностью, а Б. Т. Надиров (1988), В. С. Голик (2008) ранее пришли к выводу, что связь отсутствует. Некоторая противоречивость данных обусловлена тем, что исследования проводились в разных условиях и на различных наборах сортов. В то же время это еще раз подтверждает сильную зависимость данного показателя от условий выращивания.

Выводы

1. Средний показатель стекловидности за 2003–2015 гг. составил 70,1%. По сортам варьирование наблюдалось от 66,0% у Светланы до 73,1–74,6% у Жемчужины Сибири, Памяти Чеховича, Саратовской золотистой. Различия между крайними вари-

антами составили 8,6%. Варьирование по годам наблюдалось от 51 до 92% с размахом изменчивости от 21% (Ангел, Омский корунд) до 34% (Саратовская золотистая).

2. Расчет коэффициента вариации показал, что степень изменчивости признака колеблется от слабой до средней. Коэффициенты вариации составляли от 9,3% у Ангела до 14,9% у Воронежской 9.

3. Фенотипическая корреляция выявлена с урожайностью, массой 1000 зерен, натурой зерна, качеством клейковины, цветом макарон. Связь с этими признаками средняя положительная ($r = 0,30-0,440$).

4. Наибольший интерес в качестве исходного материала представляют сорта с относительно высокой и более стабильной стекловидностью – Омский корунд, Таволга и с высокой стекловидностью – Жемчужина Сибири, Саратовская золотистая, Памяти Чеховича.

Библиографические ссылки

1. Агрометеорологический бюллетень. Омск: Омский ЦГМС, 2003–2018.
2. Васильчук Н. С. Селекция яровой твердой пшеницы. Саратов, 2001. 123 с.
3. Вьюшков А. А., Мальчиков П. Н., Сюков В. В., Шевченко С. Н. Селекционно-генетическое улучшение яровой пшеницы. Самара, 2012. 266 с.
4. Голик В. С., Голик О. В. Селекция *Triticum durum* Desf. Харьков: Магда ЛТД, 2008. 519 с.
5. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1973. 335 с.
6. Евдокимов М. Г. Селекция яровой твердой пшеницы в Сибирском Прииртышье. Омск: Сфера, 2006. 220 с.
7. Евдокимов М. Г., Юсов В. С. Яровая твердая пшеница в Сибирском Прииртышье. Омск: Сфера, 2008. 160 с.
8. Зверев С. В., Панкратьева И. А., Политуха О. В. и др. Стекловидность как показатель качества зерна пшеницы // Хранение и переработка зерна. 2017. № 11(219). С. 33–34.
9. Зыкин В. А., Мешков В. В., Сапега В. А. Параметры экологической пластичности сельскохозяйственных растений, их расчет и анализ. Новосибирск, 1984. 24 с.
10. Лелли Я. Селекция пшеницы / пер. с англ. Н. Б. Ронис. М.: Колос, 1980. 384 с.
11. Надиров Б. Т., Морунова Г. М., Драчева Л. М. Информативность признаков качества зерна яровой твердой пшеницы // Селекция и урожай. 1988. С. 57–63.
12. Самсонов М. М. Сильные и твердые пшеницы СССР. М.: Колос. 1967. 167 с.
13. Сандакова Г. Н. Научно обоснованные параметры модели погодных условий для формирования высокостекловидного зерна твердой пшеницы в центральной зоне Оренбургской области // Известия Оренбургского государственного университета. 2012. № 5. С. 33–37.
14. Dexter J. E., Preston K. R., Woodbeck N. J. Canadian wheat / Chapter 6 Future of flour a compendium of flour improvement. 2006. Pp. 43–62.

References

1. Agrometeorologicheskij byulleten' [Agrometeorological bulletin]. Omsk: Omskij CGMS, 2003–2018.
2. Vasil'chuk N. S. Selekcija yarovoj tvrdoj pshenicy [Spring durum wheat breeding]. Saratov, 2001. 123 s.
3. V'yushkov A. A., Mal'chikov P. N., Syukov V. V., Shevchenko S. N. Selekcionno-geneticheskoe uluchshenie yarovoj pshenicy [Breeding and genetic improvement of spring wheat]. Samara, 2012. 266 s.
4. Golik V. S., Golik O. V. Selekcija *Triticum durum* Desf. [*Triticum durum* Desf. breeding]. Har'kov: Magda LTD, 2008. 519 s.
5. Dospikhov B. A. Metodika polevogo opyta [Methodology of a field trial]. M.: Kolos, 1973. 335 s.

6. Evdokimov M. G. Selekcija yarovoj tvrdoj pshenicy v Sibirskom Priirtysh'e [Selection of spring durum wheat in the Siberian Irtysh]. Omsk: Sfera, 2006. 220 s.
7. Evdokimov M. G., Yusov V. S. Yarovaya tverdaya pshenica v Sibirskom Priirtysh'e [Spring durum wheat in the Siberian pre-Irtysh]. Omsk: Sfera, 2008. 160 s.
8. Zverev S. V., Pankrat'eva I. A., Polituha O. V. i dr. Steklovidnost' kak pokazatel' kachestva zerna pshenicy [Kernel hardness as an indicator of wheat grain quality] // Hranenie i pererabotka zerna. 2017. № 11(219). S. 33–34.
9. Zykin V. A., Meshkov V. V., Sapega V. A. Parametry ekologicheskoy plastichnosti sel'skohozyajstvennyh rastenij, ih raschet i analiz [Parameters of ecological adaptability of agricultural plants, their calculation and analysis]. Novosibirsk, 1984. 24 s.
10. Lelli Ya. Selekcija pshenicy [Wheat Breeding] / per. s angl. N. B. Ronis. M.: Kolos, 1980. 384 s.
11. Nadirov B. T., Morunova G. M., Dracheva L. M. Informativnost' priznakov kachestva zerna yarovoj tvrdoj pshenicy [Informational content of quality traits of spring durum wheat grain] // Selekcija i urozhaj. 1988. S. 57–63.
12. Samsonov M. M. Sil'nye i tverdye pshenicy SSSR [Strong and durum wheat of the USSR]. M.: Kolos. 1967. 167 s.
13. Sandakova G. N. Nauchno obosnovannye parametry modeli pogodnyh uslovij dlya formirovaniya vysokosteklovidnogo zerna tvrdoj pshenicy v central'noj zone Orenburgskoj oblasti [Scientifically substantiated parameters of the weather model for the formation of super-hard durum wheat in the Central zone of the Orenburg region] // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta. 2012. № 5. S. 33–37.
14. Dexter J. E., Preston K. R., Woodbeck N. J. Canadian wheat / Chapter 6 Future of flour a compendium of flour improvement. 2006. Pp. 43–62.

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.