

УДК 633. 11:631.527

СЕЛЕКЦИОННАЯ ЦЕННОСТЬ НОВЫХ ЛИНИЙ ПШЕНИЦЫ МЯГКОЙ ОЗИМОЙ КОНДИТЕРСКОГО НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

А. В. ЯРОШ, В. К. РЯБЧУН, О. Ю. ЛЕОНОВ, Н. И. РЯБЧУН, Е. И. ПАДАЛКА,
И. А. ПЕТУХОВА, О. А. ЧЕТВЕРИК, В. А. МУЗАФАРОВА

Институт растениеводства им. В. Я. Юрьева НААН Украины,
Национальный центр генетических ресурсов растений Украины,
г. Харьков, Украина, 61060, e-mail: ncpgru@gmail.com

(Поступила в редакцию 16.04.2018)

Статья посвящена изучению селекционной ценности мягкозерных линий пшеницы мягкой озимой, созданных с участием образцов широкого эколого-географического происхождения для использования в кондитерских целях. Использование зерна пшеницы мягкой для производства кондитерских изделий имеет важное значение. Однако в странах Европы зарегистрированы единичные сорта мягкозерной пшеницы. При этом они преимущественно уступают хлебным пшеницам по уровню урожайности и другим ценным хозяйственным признакам.

Лучшим материалом для изготовления бисквитов является мука мягкозерной пшеницы, физико-химические свойства которой обуславливают их высокое качество. Эти свойства отличаются от муки хлебопекарских пшениц [1, 2]. Известно, что по твердости зерна пшеница мягкая озимая делится на пять групп: очень мягкозерную, мягкозерную, среднетвердозерную, полутвердозерную и твердозерную [3]. Анализируя признаковую коллекцию пшеницы мягкой озимой по твердости зерна и кондитерским свойствам, созданную в Национальном центре генетических ресурсов растений Украины (НЦГРРУ), можно утверждать, что из вышеперечисленных групп, первые две лучше всего подходят для изготовления кондитерских изделий [4]. Зарегистрировано 12 ценных линий в национальном центре генетических ресурсов растений Украины. Созданные линии мягкозерной пшеницы мягкой озимой являются ценным исходным материалом для создания новых сортов кондитерского направления использования.

Ключевые слова: селекционные линии, пшеница мягкая озимая, исходный материал, мягкозерность, урожайность, источник, эталон.

The article is devoted to the study of selection value of soft grain lines of soft winter wheat, created with participation of samples of wide ecological and geographical origin for the use in confectionery purposes. The use of grain of soft wheat for the production of confectionery is important. However, in Europe, single varieties of soft grain wheat have been registered. In this case, they are often inferior to bread wheat in terms of yield and other valuable economic characteristics. The best material for making biscuits is the flour of soft grain wheat, the physical-chemical properties of which determine their high quality. These properties differ from those of the flour of bakery wheat. It is known that soft winter wheat is divided into five groups according to the hardness of grain: very soft-grained, soft-grained, medium-coarse, semi-solid and solid-grained. Analyzing the characteristic collection of soft winter wheat according to grain hardness and confectionery properties, created in the National Center for Plant Genetic Resources of Ukraine, it can be argued that of the above groups, the first two are best suited for making confectionery products. 12 valuable lines were registered in the National Center for Plant Genetic Resources in Ukraine. The created lines of soft-grained soft winter wheat are a valuable source material for creating new varieties of confectionery use.

Key words: selection lines, soft winter wheat, source material, softness of grain, yield, source, standard.

Введение

Мягкозерность пшеницы биохимически связана с фриабилином, который состоит из пуриноидинов и семейства белков мягкозерности (grain softness protein family – GSP-1). При разделении их Sds-электрофорезом обнаружены две изоформы амфифильного белка ($p_i = 11$) пуриноидина с очень близкой электрофоретической активностью – пуриноидин а (PINA) и пуриноидин b (PINB). Фриабилин присутствует в отмытом водой крахмале на поверхности крахмальных зерен, причем его количество связано с твердостью зерна [5–7]. Наибольшее его количество характерно для очень мягкозерных пшениц. Актуальность мягкозерным формам прибавляют еще и противомикробные и фунгицидные свойства пуриноидинов. В опытах *in vitro* показано, что PINA и PINB могут ингибировать рост штаммов бактерий, причем при совместном действии эффект возрастает [8].

На сегодняшний день создание мягкозерных форм с комплексом ценных хозяйственных признаков является весьма актуальным. Цель наших исследований заключалась в оценке созданных линий кондитерского направления использования по ценным хозяйственным признакам, выделении новых источников и комплексно-ценных эталонов для пополнения признаковой коллекции пшеницы мягкой озимой по твердости зерна и кондитерским свойствам.

Основная часть

Материалом исследования были созданные в Институте растениеводства им. В. Я. Юрьева НААН (ИР) 523 мягкозерные линии пшеницы мягкой с участием образцов широкого эколого-географического происхождения: Украины, России, Беларуси, Молдовы, Китая, Туркменистана,

Казахстана, Болгарии, Словакии, Литвы, Румынии, Венгрии, Германии, Франции, Канады, Соединенных Штатов Америки. Исследования проводились в лаборатории генетических ресурсов зерновых культур НЦГРПУ ИР в течение 2012–2015 гг. согласно методических указаний. Посев проводился по пару порционной сеялкой СН-6-10 на делянках площадью 2 м² нормой высева 4,5 млн зерен на 1 га стандартным методом. Для группы интенсивных образцов стандартом был сорт Бунчук, для универсальных – Єдність, для полуинтенсивных Подолянка; в качестве эталона мягкозерности использовали сорт Білява. Твердость зерна определяли с помощью твердомера YPD-300D в ньютонах (Н). Изучение морозостойкости образцов проводили в лаборатории селекции и физиологии пшеницы озимой путем промораживания в морозильных камерах. Статистическая обработка полученных результатов была проведена по методике Б. А. Доспехова [3, 9–13].

В результате изучения твердости зерна исследуемого материала очень мягкозерными были следующие образцы: VS2664-11 – 75 Н; SL3051-08 – 77 Н; VS2367-11 – 80 Н; VS2653-11 – 84 Н; L76-19 – 86 Н; L35-30LU – 89 Н. Зерно этих образцов разрушалось при усилии < 104 Н и мягкозерные (104-132 Н): S2171-11 – 108 Н; S1662-12 – 111 Н; L06KH – 115 Н; S2631-11 – 117 Н; L137-26-0-2 – 123 Н; S2101-11 – 128 Н; эталон мягкозерности Білява (UKR) – 89 Н; эталон твердозерности Губернатор Дона (RUS) – 215 Н.

Среди линий кондитерского направления использования наименьшим размером частиц муки, мк характеризовался эндосперм образцов очень мягкозерной группы, в частности: VS2664-11 – 11,8 мк; SL3051-08 – 12,0 мк; L260-01/11 – 12,5 мк; L76-19 – 13,1 мк; VS2653-11 – 13,2 мк; эталон мягкозерности Білява (UKR) – 12,9 мк; эталон твердозерности Губернатор Дона (RUS) – 31,2 мк.

Между размером частиц муки эндосперма зерновки и необходимым усилием для ее разрушения существует тесная положительная корреляция ($r = 0,97 \pm 0,05$) с существенностью 99 %.

Для линий очень мягкозерной группы характерна низкая стекловидность зерна: VS2664-11 – 13 %; S1662-12, SL3051-08 – 14 %; L302-2/06 – 21 %; VS2367-11 – 22 %; VS2653-11 – 17 %; L76-19 – 19 %; L260-01/11 – 16 %; эталон мягкозерности Білява (UKR) – 15 %, эталон твердозерности Губернатор Дона (RUS) – 62 %. Между твердостью зерна и стекловидностью исследуемых образцов существует положительная корреляция ($r = 0,89 \pm 0,07$). Между размером частиц муки и стекловидностью также установлена высокая положительная корреляция ($r = 0,94 \pm 0,05$). Результаты исследований по твердости зерна и его структурно-механическими свойствами эндосперма приведены в табл. 1.

Таблица 1. Характеристика мягкозерных линий пшеницы мягкой озимой по твердости зерна и структурно-механическим свойствам эндосперма, 2012–2014 гг.

Название образца	Страна происхождения	Твердость зерна		Размер частиц муки, мк (Б)	Стекловидность, % (В)
		ньютон (А)	балл		
Полуинтенсивный и универсальный сортотип					
1	2	3	4	5	6
Подолянка, ст.	UKR	173	7	26,8	67
Єдність, ст.	UKR	185	7	28,5	48
ТМ – 04, ст.	RUS	110	3	17,2	31
S2117-11	UKR	108	3	17,4	37
VS2367-11	UKR	80	1	13,7	22
1	2	3	4	5	6
S2631-11	UKR	117	3	18,3	34
VS2664-11	UKR	75	1	11,8	13
S1662-12	UKR	111	3	15,4	21
S2101-11	UKR	128	3	17,3	28
VS2653-11	UKR	84	1	13,2	17
SL3051-08	UKR	77	1	12,0	14
L302-2/06	UKR	89	1	14,9	21
L76-19	UKR	86	1	13,1	19
Лютеценс СН/5405	UKR	117	3	15,7	19
Arida	SVK	97	1	14,8	32
Balada	SVK	116	3	17,3	29
AC Mackinnon	CAN	91	1	14,0	25
V, %		17,5		14,5	32,0
Интенсивный сортотип					
Бунчук, ст.	UKR	168	7	27,4	51
Білява, ст.	UKR	89	1	12,9	15
Губернатор Дону, ст	RUS	215	9	31,2	62

UA0108528	TUR	115	3	18,0	32
L264-2/11	UKR	92	1	15,1	22
Zerda	SVK	92	1	15,6	31
Astella	SVK	87	1	16,4	25
HCP 0,05		15,9		2,34	4,89
V, %		13,9		10,4	25,9
корреляция		$r_{A/B} = 0,97$		$r_{A/B} = 0,89$	$r_{B/B} = 0,94$
существенность		$t_r A/B = 19,4$		$t_r A/B = 12,7$	$t_r B/B = 18,8$
погрешность		$m_r A/B = 0,05$		$m_r A/B = 0,07$	$m_r B/B = 0,05$

Анализируя вариабельность полученных данных всего набора мягкозерных образцов в соответствии с высотой растений, нами была отмечена средняя стабильность твердости зерна (13,9), размера частиц муки (10,4) для интенсивных генотипов. Для полуинтенсивных и универсальных сортов вариабельность твердости зерна составила 17,5 %, размера частиц муки – 14,5 %. Стекловидность обоих сортотипов варьирует по годам значительно больше – 25, 9 % и 32,0 % соответственно.

В селекции часто повышение потенциала урожайности сорта приводит к уменьшению его зимостойкости. Выделение образцов с высокими показателями урожайности и морозо- и зимостойкости является весьма актуальным. В результате промораживания коллекционных образцов пшеницы мягкой озимой выделены источники мягкозерности с высоким уровнем морозостойкости (7 баллов), критическая температура вымерзания которых составляла -17,5 °C: S3111-11, S4972-14, S2019-15, S2008-65; стандарт Подольянка -17,0 °C.

Одним из важных дифференцирующих признаков в зимний период в условиях восточной лесостепи Украины в отдельные годы выступает устойчивость к снежной плесени. В течение 2012–2015 гг. поражение сортов снежной плесенью было отмечено в 2013 г., что позволило дифференцировать исследуемый материал по этому признаку. Были выделены устойчивые генотипы мягкозерных линий: VS2653-11, VS2664-11, S2101-11, S2171-11, SL3051-08, S1662-12 – 9 баллов, VS2367-11, L137-26-0-2, S2631-11, L260-01/11, L264-2/11, L302-2/06, L302-3/07 – 8 баллов; эталон высокой устойчивости мягкозерных образцов к снежной плесени Лютесценс СН/5405 (UKR) – 9 баллов; эталон низкой устойчивости мягкозерных образцов к снежной плесени UA0108528 (TUR) – 3 балла. В ходе изучения установлена положительная корреляция между устойчивостью мягкозерных образцов к снежной плесени и урожайностью ($r = 0,60 \pm 0,17$).

Поиск источников и эталонов устойчивости к болезням является постоянной и актуальной задачей для эффективной селекции новых сортов. По устойчивости к мучнистой росе выделили следующие образцы мягкозерной текстуры: VS2367-11, S2171-11, S1662-12 – 9 баллов, VS2653-11, VS2664-11, S2101-11, L76-19, L06KH, L35-30LU, L137-26-0-2, L264-2 / 11 – 7 баллов; эталон высокой устойчивости к мучнистой росе Seda (LTU) – 8 баллов; эталон низкой устойчивости к мучнистой росе AC Mackinnon (CAN) – 2 балла. Устойчивость к данной болезни образцов кондитерского использования положительно коррелировала с урожайностью со средним уровнем тесноты ($r = 0,46 \pm 0,19$). Среди исследуемого материала устойчивыми к септориозу листьев были образцы VS2653-11, VS2664-11, SL3051-08, L302-2/06 – 9 баллов, S2171-11, S2631-11, L76-19 – 8 баллов, L137-26-0-2, L260-01/11, L264-2/11 – 7 баллов; эталон высокой устойчивости к септориозу листьев Zerda (SVK) – 7 баллов; эталон низкой устойчивости к септориозу листьев Astella (SVK) – 2 балла. На таком же уровне корреляции находится устойчивость к септориозу листьев с урожайностью ($r = 0,43 \pm 0,19$). С высокой устойчивостью к бурой листовой ржавчине выделили ряд линий кондитерского направления использования, в частности: S2631-11 – 9 баллов, S2171-11, VS2367-11, L35-30LU, L06KH, L264-2 / 11 – 7 баллов; эталон высокой устойчивости к бурой листовой ржавчине Balada (SVK) – 8 баллов; эталон низкой устойчивости к бурой листовой ржавчине TM - 04 (RUS) – 1 балл.

Выделение устойчивых к полеганию источников пшеницы бисквитного направления использования является весьма важным этапом на пути создания новых комплексно-ценных сортов. Устойчивыми к полеганию были следующие линии: VS2664-11, VS2653-11 – 9 баллов, S2171-11, S2631-11 – 8 баллов, S1662-12, L137-26-0-2, L06KH – 7 баллов; эталон высокой устойчивости к полеганию Zerda (SVK) – 7 баллов; эталон низкой устойчивости к полеганию TM-04 (RUS) – 2 балла. Отмечена средняя положительная взаимосвязь между устойчивостью

мягкозерных образцов к полеганию и урожайностью ($r = 0,55 \pm 0,18$). Результаты изучения лучших образцов мягкозерной пшеницы по основным ценным хозяйственным признакам приведены в табл. 2.

Среди набора образцов вариабельность изучаемых признаков свидетельствовала о высоком уровне стабильности высоты растений (8,0) и массы 1000 зерен (8,2) для полуинтенсивных и универсальных форм, а также для этих сортотипов на среднем уровне стабильность была отмечена по интенсивности регенерации (13,8). Для образцов интенсивного сортотипа стабильность была значительно ниже по перезимовке (26,0), интенсивности регенерации (23,3) и устойчивости к бурой листовой ржавчине (47,1), а масса 1000 зерен держалась на среднем уровне стабильности (10,7).

Одним из наиболее важных свойств генотипа является способность к формированию высокой урожайности, потенциал которой определяет комплексное воздействие генов. Масса 1000 зерен в значительной степени оказывает влияние на ее формирование. Высокая масса 1000 зерен была отмечена у образцов L76-19 – 48,6 г; S1662-12 – 48,3 г; L137-26-0-2 – 47,7 г; эталон высокой массы 1000 зерен TM – 04 (RUS) – 52,1 г; эталон низкой массы 1000 зерен UA0108528 (TUR) – 34,7 г. Масса 1000 зерен мягкозерных образцов на среднем уровне положительно коррелировала с урожайностью ($r = 0,41 \pm 0,19$). Более высокую урожайность сформировали образцы S2171-11 – 1073 г/м²; VS2367-11 – 975 г/м²; S2631-11 – 911 г/м²; VS2664-11 – 901 г/м²; S1662-12 – 890 г/м²; S2101-11 – 884 г/м²; VS2653-11 – 862 г/м²; L302-3/07 – 798 г/м²; SL3051-08 – 795 г/м²; эталон высокой урожайности Arida (SVK) – 921 г/м².

Таблица 2. Характеристика мягкозерных линий пшеницы мягкой озимой по ценным хозяйственным признакам, 2012–2014 гг.

Название образца	Страна происхождения	Перезимовка, балл	Интенсивность регенерации, балл	Высота растений, см	Устойчивость к, балл				Масса 1000 зерен, г	Урожайность, г/м²
					Полеганию	Мучнистой росе	Септориозу листьев	Бурой листовой ржавчине		
Полуинтенсивный и универсальный сортотип										
Подольянка, ст.	UKR	7,0	7,5	112	3,0	6,0	4,0	4,0	48,6	786
Єдність, ст.	UKR	7,0	6,2	93	2,0	5,0	3,0	5,0	40,7	645
TM – 04, ст.	RUS	9,0	8,0	112	2,0	2,8	3,0	1,0	52,1	589
S2171-11	UKR	9,0	9,0	110	8,0	9,0	8,0	7,0	46,2	1073
VS2367-11	UKR	8,0	9,0	106	6,2	9,0	4,5	7,0	44,5	975
S2631-11	UKR	8,0	7,5	102	8,0	4,0	8,0	9,0	42,6	911
VS2664-11	UKR	9,0	7,0	109	9,0	7,0	9,0	3,5	41,5	901
S1662-12	UKR	9,0	8,5	107	7,0	9,0	4,5	5,5	48,3	890
S2101-11	UKR	9,0	8,5	90	6,2	7,0	5,3	6,5	43,5	884
VS2653-11	UKR	9,0	6,5	104	9,0	7,0	9,0	4,5	38,5	862
SL3051-08	UKR	9,0	7,5	114	3,5	5,5	9,0	4,0	44,5	795
L302-2/06	UKR	8,0	8,0	98	3,5	4,5	9,0	5,5	42,5	721
L76-19	UKR	4,5	7,7	111	2,5	7,0	8,0	3,5	48,6	664
Лютесценс CH/5405	UKR	9,0	6,2	108	1,5	5,5	4,5	6,0	37,5	531
Arida	SVK	8,5	9,0	98	6,5	5,0	6,5	7,3	45,5	921
Balada	SVK	7,0	7,5	98	6,5	6,0	3,5	8,0	38,5	675
AC Mackinnon	CAN	7,0	5,5	89	2,0	2,0	3,5	6,5	41,5	558
V, %		15,7	13,8	8,0	51,2	36,2	38,1	37,4	8,2	18,4
Интенсивный сортотип										
Бунчук, ст.	UKR	6,3	7,0	80	3,0	4,0	3,0	3,0	43,2	672
Білява, ст.	UKR	6,5	6,0	85	3,0	5,9	3,5	3,4	38,9	582
Губернатор Дона, ст.	RUS	9,0	8,0	78	3,0	5,5	4,3	1,5	47,3	773
L264-2/11	UKR	8,0	7,0	83	2,5	7,0	7,0	7,0	37,5	635
UA0108528	TUR	3,0	3,0	72	7,0	7,5	5,5	6,5	34,7	387
Zerda	SVK	6,5	6,0	87	7,0	3,0	7,0	2,5	46,5	625
Astella	SVK	7,7	5,5	83	5,5	5,0	2,0	5,5	39,0	594
V, %		26,0	23,3	12,6	49,6	25,3	38,7	47,1	10,7	17,7
HCP 0,05		0,68	0,60	5,45	1,07	0,82	0,99	0,89	1,89	71,8
Корреляция с урожайностью		0,60	0,79	0,51	0,55	0,46	0,43	0,24	0,41	
m, корреляция с урожайностью		0,17	0,13	0,18	0,18	0,19	0,19	0,21	0,19	
t, корреляции с урожайностью		3,53	6,08	2,83	3,06	2,42	2,26	1,14	2,16	

Среди генетического разнообразия пшеницы мягкой озимой существуют генотипы, которые характеризуются комплексной устойчивостью к болезням и представляют особенную ценность в качестве исходного материала [14]. Из мягкозерных образцов выделен генотип с комплексом ценных признаков: высокая устойчивость к мучнистой росе, септориозу листьев, бурой листовой ржавчине и к полеганию в сочетании с самой высокой урожайностью – S2171-11. Высокоурожайные линии VS2664-11, VS2653-11, L137-26-0-2 отличались высокой комплексной устойчивостью к мучнистой росе, септориозу листьев и устойчивостью к полеганию. Образец L264-2/11 является высокоустойчивым к таким болезням: мучнистая роса, септориоз листьев и бурая листовая ржавчина. Комплексную устойчивость к мучнистой росе и бурой листовой ржавчине сочетают следующие линии: VS2367-11, L35-30LU, L06KH. Высокую урожайность, устойчивость к септориозу листьев, бурой листовой ржавчине и полеганию сочетает линия S 2631-11. Высокой массой 1000 зерен, устойчивостью к мучнистой росе и септориозу листьев выделяется образец L76-19.

Лучшие комплексно-ценные линии имели следующие родословные: VS2664-11, VS2653-11, L264-2/11, S2631-11 (Губернатор Дона (RUS)/Оксана (UKR); VS2367-11 (Оксана (UKR)/Губернатор Дона (RUS); S2171-11 (Заможність (UKR)/Оксана (UKR); L35-30LU, L06KH (Харківська 96 (UKR)/F.S.401 (USA); L137-26-0-2 (MV Hombar (HUN)/Лютесценс 696 (UKR); L76-19 (AMI;RU307 (FRA)/Еритроспермум 2999.91-3WM (UKR).

Заклучение

Среди новых линий пшеницы мягкой озимой кондитерского направления использования выделены источники ценных хозяйственных признаков: высокой урожайности; высокой массы 1000 зерен; устойчивости к мучнистой росе, септориозу листьев, бурой листовой ржавчине и снежной плесени; морозостойкости; устойчивости к полеганию, которые дополнили и расширили созданную коллекцию пшеницы мягкой озимой по кондитерским свойствам четырнадцатью уровнями проявления 9 признаков. Созданы комплексно-ценные линии, являющиеся эталонами высоких уровней проявления устойчивости к листовым болезням: мучнистой росе и септориозу листьев – VS2664-11, VS2653-11, L137-26-0-2, L76-19; мучнистой росе и бурой листовой ржавчине – VS2367-11, L35-30LU, L06KH; мучнистой росе, септориозу листьев и бурой листовой ржавчине – S2171-11, L264-2/11; септориозу листьев и бурой листовой ржавчине – S 2631-11. На формирование урожайности мягкозерных образцов существенное влияние оказывали перезимовка ($r = 0,60$), устойчивость к полеганию ($r = 0,55$), устойчивость к мучнистой росе ($r = 0,46$) и устойчивость к септориозу листьев ($r = 0,43$).

12 созданных линий пшеницы мягкой озимой кондитерского направления использования зарегистрированы в Национальном центре генетических ресурсов растений Украины. Генетическое разнообразие созданных линий мягкозерной пшеницы мягкой озимой является ценным исходным материалом для создания новых сортов кондитерского направления использования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рибалка, О. І. Немає кращого борошна для кондитерських виробів, ніж із суперм'якозерної пшениці / О. І. Рибалка // Зерно і хліб. – 2008. – № 4. – С. 47.
2. Рибалка, О. І. Які характеристики повинно мати борошно для бісквітів? Вплив твердозерності та біохімічного складу борошна на якість бісквітів / О. І. Рибалка, Д. В. Аксельруд // Збірник наукових праць Селекційно-генетичного інституту – Національного центру насіннєзнавства та сортовивчення. Одеса: СГП – НАЦ НАІС. – 2004. – вип. 6 (46). – С. 247–253.
3. Ярош, А. В. Методологія оцінки твердості зерна у пшениці м'якої озимої / А. В. Ярош, В. К. Рябчун, О. Ю. Леонов, С. Ю. Діденко, Л. П. Копитіна, Т. А. Шелякіна, Т. В. Сахно // Генетичні ресурси рослин (науковий журнал). – Харків: Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН, НЦГРРУ, 2014. – №15. – С. 120–131.
4. Ярош, А. В. Ознакова колекція пшениці м'якої озимої за твердістю зерна та кондитерськими властивостями / А. В. Ярош, В. К. Рябчун, Н. І. Рябчун, О. Ю. Леонов, О. І. Падалка, І. А. Петухова, Т. В. Сахно, Т. А. Шелякіна // Генетичні ресурси рослин (науковий журнал). – Харків: Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН, НЦГРРУ, 2016. – №19. – С. 32–47.
5. Greenwell P., Schofield J. D. A starch granule protein associated with endosperm softness in wheat // Cereal Chem. – 1985. – № 63. – P. 379-380.
6. Gautier M.F., Alman M.E., Guirao A.M. e.a. *triticum aestivum* puroindolines, two basic cysteine-rich seed proteins: c DNA sequence analysis and developmental gene expression // Plant Mol. Biol. – 1994. – № 24. – P. 43-47.
7. Rahman S., Jolly C.J., Skerritt J.H. Cloning of a wheat 15-kDa grain softness protein (GSP) in a mixture of puroindoline-like polypeptides // Eur. J. Biochem. – 1994. – № 224. – P. 917-925.
8. Caparelli R., Amoroso M.G., Palumbo D. e.a. Two plant puroindolines colocalize in wheat seed and in vitro synergistically fight against pathogens. // Plant Mol. Biol. – 2005. – № 63. – P. 857-867.
9. Изучение мировой коллекции пшеницы. Методические указания. – Л.: ВИР, 1977. – 27 с.
10. Пополнение, сохранение в живом виде и изучение мировой коллекции пшеницы, эгилопса и тритикале. Методические указания / Под ред. А.Ф. Мережко. – СПб.: ВИР, 1999. – 82 с.
11. Широкий унифицированный классификатор СЭВ рода *Triticum L.* – Ленинград, 1989. – 42 с.
12. ДСТУ 4749:2007 «Пшениця озима. Метод визначення морозостійкості сортів».
13. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

14. Афанасьєва, О. Г. Джерела групової стійкості озимої пшениці проти збудників листових хвороб та церкоспорельозної гнилі / О. Г. Афанасьєва, І. А. Бойко, М. П. Соколовський, З. М. Довгаль // Карантин і захист рослин. – № 12. – 2010. – С. 2–4.