АДАПТИВНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ СОРТОВ ПШЕНИЦЫ МЯГКОЙ ОЗИМОЙ ПО КАЧЕСТВУ ЗЕРНА В СРЕДНЕМ ПОВОЛЖЬЕ

А.Ф. Сухоруков, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник лаборатории селекции мягкой пшеницы. ORCID ID: 0000-0002-9804-1358;

А.А. Сухоруков, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции мягкой пшеницы, ORCID ID: 0000-0003-0463-0766;

Н.Э. Бугакова, младший научный сотрудник лаборатории селекции мягкой пшеницы, bugakova1987@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0001-5029-6258

Самарский федеральный исследовательский центр РАН, Самарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. Н.М. Тулайкова.

446254, Самарская обл., пгт. Безенчук, ул. Карла Маркса, 41; e-mail: samniish@mail.ru

Исследования проведены в 2014–2020 гг. на экспериментальной базе Самарского НИИСХ с целью оценки адаптивного потенциала допущенных к использованию сортов озимой мягкой пшеницы Самарского НИИСХ по качеству зерна в варьирующих погодных условиях. Массовую долю белка и клейковины в зерне, качество клейковины, число падения определяли по ГОСТам. Адаптивный потенциал по всем признакам качества зерна рассчитывали по А.А. Россиелле, J. Hamblin (1981), фактор фенотипической стабильности признаков определяли по D. Lewis (1954), коэффициент вариации признаков в Microsoft Office Excel по Б.А. Доспехову (1979). Средняя за годы изучения массовая доля белка в зерне сорта Малахит – 15,7%, Светоч – 15,6%, Безенчукская 380 – 15,3%, Бирюза – 14,1%, Базис – 14,4%, Вьюга – 15,5% с коэффициентами вариации 5,9; 5,4; 11,6; 6,7; 14,5; 10,9% соответственно. Выделены сорта мягкой озимой пшеницы с высокой фенотипической стабильностью признака «массовая доля белка в зерне» (SF=1,2): Малахит, Светоч, Бирюза, Вьюга. Средняя за 2014–2020 гг. массовая доля сырой клейковины в зерне сорта Малахит – 33,6%, Светоч – 33,2%, Безенчукская 380 – 32,8%, Бирюза – 30,5%, Базис – 30,6%, Вьюга – 34,2% с коэффициентом вариации 7,8; 8,6; 17,4; 15,2; 17,1; 15,0% соответственно. Фенотипическая стабильность признака «массовая доля сырой клейковины» в зерне у сортов Малахит и Светоч высокая (SF=1,2 и 1,3 соответственно). Выделены сорта с высокой фенотипической стабильностью признака «качество клейковины»: Малахит, Светоч, Безенчукская 380, Бирюза, Базис, Вьюга (SF = 1,2; 1,3; 1,2; 1,1; 1,2; 1,2 соответственно). Средняя за 2014–2020 гг. величина признака «число падения» сорта Малахит – 232 с, Светоч – 240 с, Безенчукская 380 – 258 с, Бирюза – 349 с, Базис – 223 с, Вьюга – 347 с коэффициентом вариации 34,7; 42,6; 11,2; 21,6; 43,3, 24,8% соответственно. Выделены фенотипически стабильные сорта по признаку «число падения» Безенчукская 380 (SF = 1,3), Вьюга (SF = 1,9). По максимальной выраженности и фенотипической стабильности признаков качества зерна массовая доля белка и клейковины в зерне, число падения выделяются сорта пшеницы мягкой озимой: Безенчукская 380, Бирюза, Вьюга.

Ключевые слова: пшеница мягкая озимая, адаптивность, сорт, изменчивость, стабильность, качество зерна.

Для цитирования: Сухоруков А.Ф., Сухоруков А.А., Бугакова Н.Э. Адаптивный потенциал сортов пшеницы мягкой озимой по качеству зерна в Среднем Поволжье // Зерновое хозяйство России. 2021. № 6(78). С. 62–66. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-78-6-62-66.

ADAPTIVE POTENTIAL OF WINTER BREAD WHEAT VARIETIES ACCORDING TO GRAIN QUALITY IN THE MIDDLE VOLGA REGION

A.F. Sukhorukov, Doctor of Agricultural Sciences, main researcher of the laboratory for bread wheat breeding, ORCID ID: 0000-0002-9804-1358;

A.A. Sukhorukov, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the laboratory for bread wheat breeding, ORCID ID: 0000-0003-0463-0766;

N.E. Bugakova, junior researcher of the laboratory for bread wheat breeding, bugakova1987@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0001-5029-6258

Samarsky Research Institute of Agriculture named after N.M. Tulaykov, a branch of the Samarsky Federal Research Center RAS,

446254, Samara region, v.of Bezenchuk, Karl Marks Str., 41; e-mail: samniish@mail.ru

The current study was carried out on the experimental plots of the Samarsky Research Institute of Agriculture in 2014–2020 in order to estimate the adaptive potential of the approved winter wheat varieties of the Samarsky RIA according to grain quality under varying weather conditions. Mass fraction of protein and gluten in grain, gluten quality, falling number were established according to GOST. The adaptive potential for all grain quality traits was evaluated according to A.A. Rossiell, J. Hamblin (1981), the factor of phenotypic stability of traits was determined according to D. Lewis (1954), the coefficient of traits' variability was estimated according to B.A. Dospekhov (1979) in Microsoft Office Excel. Over the years the average mass fraction of protein in grain of the studied varieties was 15.7% (the variety 'Malakhit'), 15.6% ('Svetoch'), 15.3% ('Bezenchukskaya 380'), 14.1% ('Biryuzha'), 14.4% ('Bazis'), 15.5% ('Viyuga') with 5.9; 5.4; 11.6; 6.7; 14.5; 10.9% of variability respectively. There have been identified the winter bread wheat varieties 'Malakhit', 'Svetoch', 'Biryuzha' and 'Viyuga' with high phenotypic stability of the trait 'mass fraction of protein in grain' (SF = 1.2). The average (in 2014–2020) mass fraction of crude gluten in grain was 33.6% ('Malakhit'), 33.2% ('Svetoch'), 32.8% ('Bezenchukskaya 380'), 30.5% ('Biryuzha'), 30.6% ('Bazis'), 34.2% ('Viyuga') with 7.8; 8.6;

17.4; 15.2; 17.1; 15.0% of variability respectively. The phenotypic stability of the trait 'mass fraction of crude gluten in grain' of the varieties 'Malakhit' and 'Svetoch' was high ($SF = 1.2$ and 1.3 , respectively). There have been identified the varieties 'Malakhit', 'Svetoch', 'Bezenchukskaya 380', 'Biryuza', 'Bazis', 'Viyuga' with high phenotypic stability of the trait 'gluten quality' ($SF = 1.2$; 1.3 ; 1.2 ; 1.1 ; 1.2 ; 1.2 respectively). The average (in 2014-2020) value of the trait 'falling number' of the varieties was 232c ('Malakhit'), 240c ('Svetoch'), 258c ('Bezenchukskaya 380'), 349c ('Biryuza'), 223c ('Bazis'), 347c ('Viyuga') with 34.7; 42.6; 11.2; 21.6; 43.3, 24.8% of variability respectively. There have been identified phenotypically stable varieties according to the trait 'falling number', namely 'Bezenchukskaya 380' ($SF = 1.3$), 'Viyuga' ($SF = 1.9$). According to the maximum expressivity and phenotypic stability of the traits 'grain quality', 'mass fraction of protein and gluten in grain', 'falling number' there have been identified the winter bread wheat varieties 'Bezenchukskaya 380', 'Biryuza' and 'Viyuga'.

Keywords: winter bread wheat, adaptability, variety, variability, stability, grain quality.

Введение. Во всем мире наблюдается снижение общего урожая пшеницы из-за повышения температуры окружающей среды. Пшеница чувствительна к тепловому стрессу на стадиях от опыления до стадии молочного теста. Тепловой стресс вызывает экспрессию белков стресса, защищающих денатурацию и агрегацию зарождающихся белков (Kumar and Rai, 2014). Подбор наиболее адаптивных сортов озимой пшеницы – важный резерв роста урожайности и повышения качества зерна до первого и второго классов (Гулянов и др., 2020). Невысокое различие между генетическими возможностями и их фенотипическим проявлением свидетельствует о меньшей реакции конкретного генотипа на факторы среды (Рыбась, 2016). Параметры зерна тестируемой пшеницы зависят от местоположения, года производства и их взаимодействия. На ферментную активность и удельный объем хлеба в основном влиял сорт (Tomic et al., 2016). Качество является важным определяющим фактором в селекции пшеницы, поскольку ее генетический фон в меньшей степени зависит от окружающей среды (Varzakas et al., 2014). Селекция на адаптивность к контрастным погодным условиям имеет приоритетное значение (Кравченко и др., 2019).

Цель исследований – оценить адаптивный потенциал допущенных к использованию в производстве сортов озимой мягкой пшеницы Самарского НИИСХ по качеству зерна в варьирующих погодных условиях.

Материалы и методы исследований. Работу проводили на опытном поле Самарского НИИСХ в 2014-2020 гг. Материалом для исследований послужили сорта озимой мягкой пшеницы, допущенные к использованию в производстве и включенные в Государственный реестр селекционных достижений: Безенчукская 380 (3, 4, 5, 7, 9 регионы), Бирюза (5, 7 регионы), Малахит, Светоч, Базис, Вьюга (7 регион) (Государственный реестр селекционных достижений, 2020).

Почва опытного участника – чернозем обыкновенный, маломощный с содержанием гумуса – 3,8–4,0% (ГОСТ 26213-91), легкогидролизуемого азота 44,8 мг/кг почвы (ГОСТ 26951-86), подвижного фосфора – 270 мг/кг, обменного калия – 150 мг/кг почвы (ГОСТ 29205-91). Учетная площадь делянок – 25 м². Повторность

четырёхкратная. Предшественник – чистый пар. Удобрения вносили весной в дозе N₃₀. Массовая доля белка в зерне определена по ГОСТ 10846-91, количество и качество клейковины в зерне – по ГОСТ Р 54478-2011, число падения – по ГОСТ 30498-97, технические условия – по ГОСТ 9353-2016.

Адаптивный потенциал сортов пшеницы мягкой озимой при формировании массовой доли белка и клейковины в зерне, качества клейковины, числа падения, определяли по Rossielle A.A., Hamblin J. (Rossielle and Hamblin, 1981). Фактор фенотипической стабильности признака SF – как отношение наиболее высокого значения признака к наиболее низкому, которое показал признак в варьирующих условиях среды, рассчитывали по Lewis D. (Lewis, 1954). Коэффициент вариации признаков (C_v , %) рассчитывали в Microsoft Office Excel по методике Б.А. Доспехова (Доспехов, 1979).

Условия вегетации и созревания зерна пшеницы мягкой озимой за годы исследований характеризуются существенным варьированием как по годам, так и по периодам вегетации. Гидротермический коэффициент периода «возобновление весенней вегетации – колошение» варьировал от 0,7 в 2019 г. до 2,7 в 2017 г. при среднегодовой норме 0,9. Гидротермический коэффициент периода «колошение – созревание» варьировал от 0,2 в 2019 г. до 0,7 в 2017 г. при среднегодовой норме 0,7. Сумма осадков за период «созревание зерна» (первая и вторая декады июля) варьировала от 0,0 мм в 2020 г. до 56,3 мм в 2018 г. при среднегодовой норме 22 мм. Максимальная температура воздуха изменялась от 29 °C в 2019 г. до 37,2 °C в 2018 г. Средняя минимальная относительная влажность воздуха за период составила 24,2% с варьированием от 19% в 2020 г. до 36,5% в 2017 г.

Результаты и их обсуждение. Адаптивные показатели сортов пшеницы мягкой озимой по признаку «массовая доля белка в зерне» показаны в таблице 1.

Из данных таблицы 1 следует, что по средней за 7 лет изучения величине признака «массовая доля белка в зерне» сорта пшеницы мягкой озимой Малахит, Светоч, Безенчукская 380, Вьюга соответствуют первому классу, сорта Базис и Бирюза – второму классу.

1. Адаптивный потенциал сортов пшеницы мягкой озимой по признаку «массовая доля белка в зерне», % (2014–2020 гг.)
1. Adaptive potential of the winter bread wheat varieties according to the trait 'mass fraction of protein in grain', % (2014–2020)

Сорт	Массовая доля белка в зерне, %					Cv, %	SF
	среднее за 2014–2020 гг.	min	max	min – max	(min + max) / 2		
Малахит	15,7	14,0	16,5	-2,5	15,3	5,9	1,2
Светоч	15,6	14,0	16,4	-2,4	15,2	5,4	1,2
Безенчукская 380	15,3	12,0	17,6	-5,6	14,8	11,6	1,5
Бирюза	14,1	12,4	15,3	-2,9	13,8	6,7	1,2
Базис	14,4	10,4	16,8	-6,4	13,2	14,5	1,6
Вьюга	15,5	13,7	18,0	-4,3	15,8	10,9	1,2
S	0,3	0,9	0,3	0,1	0,3	0,4	0,1

* – S среднеквадратическое отклонение.

В варьирующих условиях внешней среды выявлены сорта пшеницы мягкой озимой с повышенной устойчивостью к стрессу при формировании признака «массовая доля белка в зерне»: Малахит, Светоч, Бирюза (min-max = 2,5%, 2,4%, 2,9% соответственно) и сорт с пониженной устойчивостью к стрессу Базис (min-max = 6,4%).

Наибольшая степень соответствия между генотипом сорта и условиями внешней среды при формировании признака «массовая доля белка в зерне» установлена у сортов пшеницы мягкой озимой Вьюга, Малахит, Светоч,

Безенчукская 380 (средняя массовая доля белка в зерне в контрастных условиях 15,8; 15,3; 15,2; 15,8% соответственно).

Высокая фенотипическая стабильность признака «массовая доля белка в зерне» отражаемая параметром Cv, у сортов Малахит (Cv = 5,9%) и Светоч (Cv = 5,4%), параметром SF у сортов Малахит, Светоч, Бирюза, Вьюга (SF = 1,2).

По средней за 7 лет испытания величине признака «массовая доля сырой клейковины в зерне» первому классу соответствуют сорта: Вьюга, Малахит, Светоч, Безенчукская 380, второму классу – Бирюза, Базис (табл. 2).

2. Адаптивный потенциал сортов озимой мягкой пшеницы по признаку «массовая доля сырой клейковины в зерне», % (2014–2020 гг.)
2. Adaptive potential of the winter bread wheat varieties according to the trait 'mass fraction of gluten in grain', % (2014–2020)

Сорт	Массовая доля сырой клейковины в зерне, %					Cv, %	SF
	среднее за 2014–2020 гг.	min	max	min-max	(min + max) / 2		
Малахит	33,6	30,7	37,5	-6,8	34,1	7,8	1,2
Светоч	33,2	31,1	38,6	-8,5	34,4	8,6	1,3
Безенчукская 380	32,8	22,4	40,0	-17,6	31,2	17,4	1,8
Бирюза	30,5	25,7	38,4	-12,7	32,3	15,2	1,4
Базис	30,6	20,0	36,1	-16,1	28,1	17,1	1,8
Вьюга	34,2	28,2	42,9	-14,7	35,6	15,0	1,5
S	0,7	1,3	1,0	0,5	0,8	0,5	0,1

S – среднеквадратическое отклонение.

Из данных таблицы 2 следует, что сорта пшеницы мягкой озимой Малахит и Светоч по признаку «массовая доля сырой клейковины в зерне» показали высокую экологическую устойчивость (Cv = 7,8 и 8,6% соответственно); сорта Безенчукская 380, Бирюза, Базис, Вьюга – среднюю экологическую устойчивость (Cv = 17,4, 15,2, 17,1, 15,0% соответственно).

За годы изучения высокую фенотипическую стабильность признака «массовая доля сырой клейковины в зерне» показали сорта Малахит (SF = 1,2), Светоч (SF = 1,3), Бирюза (SF = 1,4), Вьюга (SF = 1,5); среднюю фенотипическую стабильность признака – сорта Безенчукская 380 (SF = 1,8), Базис (SF = 1,8) (табл. 2).

3. Адаптивный потенциал сортов пшеницы мягкой озимой по признаку «качество клейковины» в единицах прибора ИДК (2014–2020 гг.)
3. Adaptive potential of the winter bread wheat varieties according to the trait 'gluten quality' in units of the IDK device (2014–2020)

Сорт	Качество клейковины в единицах ИДК					Cv, %	SF
	среднее за 2014–2020 гг.	min	max	min – max	(min + max) / 2		
Малахит	100	88	107	-17	98	7,3	1,2
Светоч	99	93	110	-17	97	8,7	1,3
Безенчукская 380	99	90	104	-14	97	5,0	1,2

Сорт	Качество клейковины в единицах ИДК					Cv, %	SF
	среднее за 2014–2020 гг.	min	max	min – max	(min + max) / 2		
Бирюза	98	92	105	-13	98	4,4	1,1
Базис	94	82	100	-18	94	6,9	1,2
Вьюга	98	91	105	-14	98	4,9	1,2
S	1	3	1	0,5	3	0,3	0,1

S – среднеквадратическое отклонение.

Из данных таблицы 3 следует, что по средней величине признака «качество клейковины» в единицах прибора ИДК изученные сорта пшеницы мягкой озимой соответствовали третьему классу.

Высокую экологическую устойчивость по признаку «качество клейковины» за годы изучения показали сорта пшеницы мягкой озимой: Бирюза (Cv = 4,4%); Вьюга (Cv = 4,9%), Безенчукская 380 (Cv = 5,0%); среднюю экологическую устойчивость сорта пшеницы мягкой

озимой Светоч (Cv = 8,7%), Малахит (Cv = 7,3%), Базис (Cv = 6,9%) (табл. 3).

По фенотипической стабильности признака «качество клейковины» выделяется сорт пшеницы мягкой озимой Бирюза (SF = 1,1). Сорта Вьюга, Базис, Безенчукская 380, Малахит входят в группу сортов с повышенной фенотипической стабильностью признака «качество клейковины» (SF = 1,2). Сорт Светоч показывает относительно высокую зависимость от условий среды по признаку «качество клейковины» (SF = 1,3) (табл. 3).

4. Адаптивный потенциал сортов пшеницы мягкой озимой по признаку «число падения» (2014–2020 гг.) 4. Adaptive potential of the winter bread wheat varieties according to the trait 'falling number' (2014–2020)

Сорт	Число падения, с					Cv, %	SF
	среднее за 2014–2020 гг.	min	max	min – max	(min + max) / 2		
Малахит	232	114	336	-222	250	34,7	2,9
Светоч	240	100	394	-294	247	42,6	3,0
Безенчукская 380	358	322	413	-91	367	11,2	1,3
Бирюза	349	224	470	-246	347	21,6	2,1
Базис	223	105	394	-289	200	43,3	3,8
Вьюга	347	213	423	-205	320	24,8	1,9
S	26,0	45	12	30	25	3,0	0,1

S – среднеквадратическое отклонение.

Из данных таблицы 4 следует, что по средней величине признака «число падения» в контрастных условиях выделяются сорта Безенчукская 380 – 367 с, Бирюза – 347 с, Вьюга – 320 с. Эти сорта обладают высокой генетической гибкостью и компенсаторной способностью и показывают высокий уровень соответствия между генотипами сортов и различными факторами внешней среды при формировании признака «число падения».

Признак качества зерна «число падения» у сорта Безенчукская 380 слабо варьирующий (Cv = 11,24%), у сортов Бирюза, Вьюга средне варьирующий (Cv = 21,5% и 24,79% соответственно), у сортов Светоч и Базис сильно варьирующий (Cv = 42,64% и 43,26% соответственно). По величине фенотипической стабильности признака «число падения» выделился сорт Безенчукская 380 (SF = 1,3). По минимальной величине признака «число падения» за годы изучения сорта Безенчукская 380, Бирюза, Вьюга соответствуют первому классу.

Выводы. В результате проведенных исследований выявлены сорта пшеницы мягкой озимой с максимальной выраженностью массовой доли белка в зерне – Вьюга 18,0%, Безенчукская 380 – 17,6%; массовая доля сырой клейковины в зерне – Вьюга – 42,9%, Безенчукская 380 – 40,0%, Бирюза – 38,4%, Светоч – 38,6%; числа падения – Вьюга – 423 с, Бирюза – 470 с, Безенчукская – 413 с. Установлена высокая фенотипическая стабильность массовой доли белка в зерне у сортов Малахит, Светоч, Бирюза Вьюга (SF = 1,2); массовой доли сырой клейковины – у сортов Малахит, Светоч (SF = 1,2); числа падения – у сорта Безенчукская 380 (SF = 1,3). Отмечена высокая зависимость признака «число падения» от условий внешней среды у сортов Малахит, Светоч, Базис (SF = 2,9, 3,0, 3,8). По максимальной выраженности и фенотипической стабильности признаков качества зерна массовая доля белка и клейковины в зерне, число падения выделяются сорта пшеницы мягкой озимой Вьюга, Безенчукская 380, Бирюза.

Библиографические ссылки

1. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т. 1. Сорта растений (официальное издание). М.: Росинформагротекс, 2020. 508 с.
2. Гулянов Ю.А., Чибилев А.А., Чибилев (мл) А.А. Резервы повышения урожайности и качества зерна озимой пшеницы и их зависимость от гетерогенности посевов в условиях степной зоны Орен-

бургского Предуралья // Юг России: Экология, Развитие. М., 2020. С. 79-88. DOI: 10.48470 / 1992-1998-2020-1-79-88.

3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: «Колос», 1979. 415 с.

4. Кравченко Н.С., Ионова Е.В., Газе В.Л. Влияние условий выращивания на урожайность и качество зерна образцов озимой мягкой пшеницы // Зерновое хозяйство России. 2019. № 4(64). С. 31-35. DOI: 10.31367 / 2079. 2019-64-4-31-35.

5. Рыбась И.А. Повышение адаптивности в селекции зерновых культур // Сельскохозяйственная биология. 2016. Т. 51. № 5. С. 617-626. DOI: 10.15389 agrobiology. 2016. 5. 617. rus.

6. Kumar R.R., Rai R.D. Can wheat beat the heat: understanding the mechanism of termotole rance in wheat (*Triticum aestivum* L.) // Cereal Research communications. Delhi, 2014. Т. 42. № 1. С. 1-18. DOI: 10.1556 / CRC. 42. 2014. 1. 1.

7. Lewis D. Gene – environment interaction: A relations hip between dominance, heterosis, phenotypic stably and variability // Heredity. 1954. 8. P. 333-356.

8. Rossielle A.A. Hamblin J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non – stress environments // Crop Sci. 1981. 21. № 6. P. 943-946.

9. Tomic J., Torbica A., Popovic L., Nikolovski B., Hristov N. Wheat breadmaking properties in dependence on wheat Enzymes status and climate conditions // FOOG Chemistry, 2016. С. 565-572. DOI: 10.1016/ j. foodchem. 2015. 12. 031.

10. Varzakas T., Kozub N., Xynias I.N. Quality determination of wheat: Genetic determination, biochemical markers, seed storage proteins – bread and durum wheat Germplaast // Journal of the Scince of food and agriculture. 2014. С. 2819-2829. DOI: 10.1002/ jsfa. 6601.

References

1. Gosudarstvennyj reestr selekcionnyh dostizhenij, dopushchennyh k ispol'zovaniyu. Т. 1. Sorta rastenij (oficial'noe izdanie) [State register of breeding achievements approved for use]. М.: Rosinformagroteks, 2020. 508 s.

2. Gulyanov YU.A., CHibilev A.A., CHibilev (ml) A.A. Rezervy povysheniya urozhajnosti i kachestva zerna ozimoy pshenicy i ih zavisimost' ot geterogennosti posevov v usloviyah stepnoj zony Orenburgskogo Predural'ya [Reserves for improving winter wheat productivity and grain quality and their dependence on crops heterogeneity in the steppe zone of the Orenburg pre-Urals] // YUg Rossii: Ekologiya, Razvitiya. М., 2020. С. 79-88. DOI: 10.48470/1992-1998-2020-1-79-88.

3. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Methodology of a field trial (with the basics of statistical processing of the study results)]. М.: «Kolos», 1979. 415 s.

4. Kravchenko N.S., Ionova E.V., Gaze V.L. Vliyanie uslovij vyrashchivaniya na urozhajnost' i kachestvo zerna obrazcov ozimoy myagkoj pshenicy [The effect of growing conditions on productivity and grain quality of winter bread wheat samples] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2019. № 4(64). С. 31-35. DOI: 10.31367 / 2079. 2019-64-4-31-35.

5. Rybas' I.A. Povyshenie adaptivnosti v selekcii zernovyh kul'tur [Adaptability improvement in grain crop breeding] // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 2016. Т. 51. № 5. С. 617-626. DOI: 10.15389 agrobiology. 2016. 5. 617. rus.

6. Kumar R.R., Rai R.D. Can wheat beat the heat: understanding the mechanism of termotole rance in wheat (*Triticum aestivum* L.) // Cereal Research communications. Delhi, 2014. Т. 42. № 1. С. 1-18. DOI: 10.1556 / CRC. 42. 2014. 1. 1.

7. Lewis D. Gene – environment interaction: A relations hip between dominance, heterosis, phenotypic stably and variability // Heredity. 1954. 8. P. 333-356.

8. Rossielle A.A. Hamblin J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non – stress environments // Crop Sci. 1981. 21. № 6. P. 943-946.

9. Tomic J., Torbica A., Popovic L., Nikolovski B., Hristov N. Wheat breadmaking properties in dependence on wheat Enzymes status and climate conditions // FOOG Chemistry, 2016. С. 565-572. DOI: 10.1016/ j. foodchem. 2015. 12. 031.

10. Varzakas T., Kozub N., Xynias I.N. Quality determination of wheat: Genetic determination, biochemical markers, seed storage proteins – bread and durum wheat Germplaast // Journal of the Scince of food and agriculture. 2014. С. 2819-2829. DOI: 10.1002/ jsfa. 6601.

Поступила: 12.05.21; принята к публикации: 14.10.21.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Сухоруков А.Ф. – концептуализация исследования; Сухоруков А.А. – выполнение полевых исследований, подготовка рукописи; Бугакова Н.Э. – сбор и обработка экспериментальных данных, литературных источников.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.