

**АДАПТИВНАЯ СПОСОБНОСТЬ И СТАБИЛЬНОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ  
МОРФОТИПОВ ПРОСА В УСЛОВИЯХ ЮГО-ВОСТОКА  
ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЕМНОГО РЕГИОНА**

**А.Ю. Сурков**, кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID ID: 0000-0002-2425-7623

**И.В. Суркова**, аспирант, ORCID ID: 0000-0002-7333-2511

ФГБНУ «ВОРОНЕЖСКИЙ ФАНЦ ИМЕНИ В.В. ДОКУЧАЕВА»

E-mail: niish1c@mail.ru

*В статье приведены результаты четырехлетних исследований, проведенных в условиях юго-востока Центрально-Черноземного региона. Дана комплексная оценка среды выращивания по дифференцирующей способности как фона для отбора. Наибольшая дифференцирующая способность выявлена в средах 2019 и 2020 гг. Среды 2018, 2019, 2020 гг. можно считать анализирующими фонами, способствующими выявлению различных биотипов. Среда 2021 года является нивелирующим фоном, так как отличалась неблагоприятными условиями, низкой типичностью и минимальным полиморфизмом. Проведена оценка образцов проса различных морфотипов по параметрам адаптивной способности и стабильности, рассчитанным по признакам «урожайность», «масса 1000 зерен», «число зерен на 1 кв. метре». В среднем за 2018-2021 гг. желтозерные образцы отличались высокой урожайностью и числом зерен на 1 кв. метре, но самой низкой массой 1000 зерен. Краснозерные образцы со сжатой метелкой отличались самой высокой массой 1000 зерен. Выделен ценный селекционный материал проса, характеризующийся высокой адаптивной способностью и стабильностью в условиях юго-востока Центрально-Черноземного региона. Это краснозерные образцы с развесистой и со сжатой метелкой: Сангвинеум 4, Сангвинеум 7, Сангвинеум 9, Сангвинеум 14, Сангвинеум 17, Сангвинеум 24, Кокцинеум 3, Кокцинеум 6, Кокцинеум 23, Кокцинеум 13, сорт Степное 9 и желтозерный образец с развесистой метелкой Флявум 21.*

**Ключевые слова:** просо, селекция, морфотип, урожайность, масса 1000 зерен, число зерен на 1 квадратном метре, адаптивность, стабильность, селекционная ценность генотипа.

**Для цитирования:** Сурков А.Ю., Суркова И.В. Адаптивная способность и стабильность различных морфотипов проса в условиях юго-востока Центрально-Черноземного региона. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2022; 1(41):72-81. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-1-72-81

**ADAPTIVE CAPACITY AND STABILITY OF VARIOUS MORPHOTYPES  
OF MILLET IN THE CONDITIONS OF THE SOUTH-EAST  
CENTRAL CHERNOZEM REGION**

**A.Ju. Surkov, I.V. Surkova**

FSBSI «V.V. DOKUCHAEV FEDERAL AGRARIAN SCIENTIFIC CENTER, VORONEZH»

**Abstract:** *The article presents the results of four-years of research conducted in the conditions of the south-east of the Central Chernozem region. A comprehensive assessment of the growing environment by differentiating ability as a background for selection is given. The greatest differentiating ability was revealed in the environments of 2019 and 2020. The environments of 2018, 2019, 2020 can be considered as analyzing backgrounds that contribute to the identification*

*of various biotypes. The environment of 2021 is a leveling background, as it was characterized by unfavorable conditions, low typicality and minimal polymorphism. The assessment of samples of millet of various morphotypes was carried out according to the parameters of adaptive ability and stability, calculated according to the characteristics "yield", "weight of 1000 grains", "number of grains per 1 square meter." Average for 2018-2021 yellow-grain samples were distinguished by high yield and the number of grains per 1 sq. meter, but the lowest mass of 1000 grains. The red-grain samples with a compressed panicle were characterized by the highest mass of 1000 grains. A valuable breeding material of millet has been identified, which is characterized by high adaptive capacity and stability in the conditions of the south-east of the Central Chernozem region. These are red-grain specimens with spreading and with a compressed panicle: Sanguineum 4, Sanguineum 7, Sanguineum 9, Sanguineum 14, Sanguineum 17, Sanguineum 24, Koccineum 3, Koccineum 6, Koccineum 23, Koccineum 13, variety Stepnoe 9 and a yellow-grain specimen with a spreading panicle Flavum 21.*

**Keywords:** millet, breeding, morphotype, productivity, weight of 1000 grains, number of grains per 1 square meter, adaptivity, stability, breeding value of the genotype.

### Введение

Адаптивность – важнейшее свойство перспективных сортов, которое должно учитываться в селекционных программах. Оценка пластичности и стабильности сортов сельскохозяйственных культур позволяет установить достоверность наблюдаемых различий и получить необходимую информацию для отбора ценного исходного материала при селекции на адаптивность [1, 2, 3].

Центральному Черноземью, характеризующемуся многообразием природно-климатических факторов, необходимы сорта проса, обладающие высокими адаптивными свойствами к местным условиям. Важную роль в реализации этой задачи играет подобранный к данной зоне генофонд.

**Цель исследований** – дать комплексную оценку среды выращивания по дифференцирующей способности как фона для отбора, охарактеризовать различные морфотипы проса по адаптивной способности и стабильности в условиях юго-востока ЦЧР и выделить наиболее перспективные образцы для использования в дальнейшей селекции этой культуры.

### Условия, материалы и методы исследований

По метеорологическим условиям наиболее благоприятными для реализации урожайности были 2019 и 2020 гг., наименее – 2018 и 2021 гг. Полевые опыты были заложены по яровой пшенице в селекционном севообороте центра. Сорта высевались бесповторностным способом по методике П.П. Литуна [4], площадь делянки 6,8 м<sup>2</sup>. Стандартом служил сорт проса Саратовское 6, который высевался через 4 делянки.

В качестве материала исследований были взяты образцы различных морфотипов: кокцинеум (развесистая метелка, красное зерно), сангвинеум (сжатая метелка, красное зерно), ауреум (сжатая метелка, желтое зерно) и флявум (развесистая метелка, желтое зерно), а также сорт Саратовское 6 (сангвинеум), сорт Колоритное 15 (кокцинеум) и новый сорт проса Степное 9 (сангвинеум).

Для оценки среды как фона для отбора определялись параметры: типичность среды ( $t_k$ ), дифференцирующая способность ( $\sigma_{DCCk}^2$ ), продуктивность среды ( $d_k$ ), предсказующая способность ( $P_k$ ) [5]. Для оценки образцов различных морфотипов проса по адаптивной способности и стабильности урожайности, массы 1000 зерен и числа зерен на 1 кв. метре мы использовали следующие показатели: коэффициент регрессии  $b_i$  (пластичность) [6], общая адаптивная способность (ОАС), специфическая адаптивная способность (САС), относительная стабильность генотипа ( $s_{gi}$ ), селекционная ценность генотипа (СЦГ) [7].

### Результаты и их обсуждение

Наибольшая дифференцирующая способность и соответственно наибольший полиморфизм ( $\sigma_{DCCk}^2 = 0,73$ ) и ( $\sigma_{DCCk}^2 = 0,31$ ) выявлен в средах 2019 и 2020 гг. (табл. 1).

Таблица 1

**Показатели среды как фона для отбора, 2018-2021 гг.**

Год	Параметры										Фон
	$u+d_k$	$d_k$	$\sigma^2_{(G \times E)_{ek}}$	$\sigma^2_{DCCk}$	$\sigma_{DCCk}$	$I_{ek}$	$S_{ek}$	$K_{ek}$	$P_k$	$t_k$	
2018	1,68	-1,06	0,05	0,13	0,36	0,38	21,4	2,32	0,15	0,69	анализирующий
2019	3,52	0,78	0,07	0,73	0,86	0,10	24,4	13,04	0,19	0,78	анализирующий
2020	3,26	0,52	0,12	0,31	0,56	0,39	17,2	5,54	0,13	0,78	анализирующий
2021	2,51	-0,23	0,05	0	0	0	0	0	0	0,41	нивелирующий

Эти года выделились по предсказующей способности ( $P_k$ ), позволяющей ранжировать среды по их пригодности в качестве селекционного фона. Здесь же сильнее проявляется эффект дестабилизации ( $K_{ek} = 13,04$ ) и ( $K_{ek} = 5,54$ ). Наибольшей типичностью (коэффициент корреляции между значениями признака у генотипа в данной среде и средними значениями генотипов при их изучении в ряде сред), обладали среды 2019 (коэффициент типичности  $t_k = 0,78$ ) и 2020 гг. (коэффициент типичности  $t_k = 0,78$ ). Среда 2019 и 2020 гг., согласно Е.Н. Синской [8], можно считать анализирующими фонами, способствующими выявлению различных биотипов. В среде 2018 года дифференцирующая способность сред была невысокой ( $\sigma^2_{DCCk} = 0,13$ ), также среда отличалась неблагоприятными условиями ( $d_k = -1,06$ ), но характеризовалась высокой типичностью (коэффициент типичности  $t_k = 0,69$ ), здесь сильно проявлялся эффект дестабилизации ( $K_{ek} = 2,32$ ). Поэтому, фон 2018 года можно считать анализирующим. Среда 2021 года является нивелирующим фоном, так как отличалась неблагоприятными условиями ( $d_k = -0,23$ ), низкой типичностью (коэффициент типичности  $t_k = 0,41$ ), минимальным полиморфизмом ( $\sigma^2_{DCCk} = 0$ ) и сильным эффектом компенсации ( $K_{ek} = 0$ ).

По урожайности ( $u+v_i$ ) и общей адаптивной способности (ОАС), отражающей суммарную реакцию генотипа во всей совокупности сред, выделились образцы: Флявум 26, Кокцинеум 3, Ауреум 29, Флявум 28, Кокцинеум 6, Ауреум 27 и сорт Степное 9. Они обеспечивают максимальный средний урожай во всей совокупности сред (табл. 2).

Отбор генотипов по общей адаптивной способности (ОАС) к ряду сред проводится по среднему значению фенотипа во всех средах и обеспечивает максимальный прирост признака по сравнению с отбором в благоприятных или неблагоприятных средах и среднюю средовую чувствительность [9]. Наличие высокого уровня продуктивности во всех средах само по себе еще не обеспечивает экологической стабильности.

Варианса взаимодействия ( $\sigma^2_{(G \times E)_{gi}}$ ) характеризует способность генотипа вступать во взаимодействие со средами. Так при небольшом значении  $\sigma^2_{(G \times E)_{gi}}$  сорт адаптирован к широкому спектру экологических условий, а при значительном – узкоадаптирован к определенному виду условий [10].

Самыми низкими значениями  $\sigma^2_{(G \times E)_{gi}}$  характеризовались: образец Флявум 21, Кокцинеум 2, Ауреум 27, Ауреум 22 и Сангвинеум 24, самыми высокими – Кокцинеум 16, Сангвинеум 7, Сангвинеум 14, Кокцинеум 6, Сангвинеум 12, Флявум 26, Кокцинеум 13, Кокцинеум 11, Кокцинеум 3, сорта Степное 9 и Саратовское 6.

Наибольшая вариация САС ( $\sigma^2_{CACi}$ ), отражающая специфическую реакцию в определенной среде, была у сортов Степное 9, Саратовское 6 и Колоритного 15, образцов Кокцинеум 16, Кокцинеум 6, Сангвинеум 1, Сангвинеум 4, Флявум 26, Сангвинеум 24, Сангвинеум 19, Кокцинеум 2, Сангвинеум 17, Ауреум 29, Кокцинеум 3, Кокцинеум 23, Ауреум 22, Ауреум 27, Флявум 21, Флявум 28. У этих образцов, за исключением Ауреум 22, Флявум 21, Ауреум 27, Флявум 28, у которых эффекты компенсации и дестабилизации были близки ( $K_{gi} = 1$ ), коэффициент компенсации генотипа ( $K_{gi}$ ) был больше 1, т.е. преобладал дестабилизирующий эффект взаимодействия генотип x среда. Относительная стабильность генотипа ( $s_{gi}$ ) у этих образцов варьировала от 26,6 до 46,2%. Этот показатель позволяет сравнивать результаты опытов, проведенных с различным набором культур, генотипов, сред

и изучаемых признаков. При низком значении  $s_{gi}$  отбор будет идти более интенсивно на стабильность, при высоком – на продуктивность. Данные образцы наиболее отзывчивы на улучшение условий выращивания ( $b_i > 1$ ), за исключением Ауреум 22, Флявум 21, Ауреум 27 ( $b_i = 1$ ), у которых урожайность изменялась аналогично изменениям условий среды. Флявум 28 реагировал слабее на изменение среды ( $b_i < 1$ ).

Таблица 2

**Показатели адаптивной способности и стабильности морфотипов по урожайности, 2018-2021 гг.**

Сорт	Параметры									
	$u+v_i$	$OAC_i$	$\sigma^2_{(G \times E)_{gi}}$	$\sigma^2_{CAC_i}$	$\sigma_{CAC_i}$	$I_{gi}$	$s_{gi}$	СЦГ	$K_{gi}$	$b_i$
Саратовское 6 st	2,60	-0,14	0,1200	1,35	1,16	0,0900	44,6	0,8	2,05	1,39
Сангвинеум 1	2,59	-0,15	0,0760	1,09	1,04	0,0700	40,2	0,94	1,65	1,25
Сангвинеум 4	2,81	0,07	0,0780	1,04	1,02	0,0750	36,3	1,19	1,59	1,20
Сангвинеум 7	2,63	-0,11	0,3500	0,41	0,64	0,8500	24,3	1,61	0,62	0,55
Сангвинеум 9	2,46	-0,28	0,0600	0,45	0,67	0,1300	27,2	1,39	0,68	0,78
Сангвинеум 12	2,34	-0,40	0,2200	0,29	0,54	0,7600	23,1	1,48	0,44	0,55
Сангвинеум 14	2,72	-0,02	0,2850	0,07	0,26	4,1000	9,6	2,31	0,11	0,35
Сангвинеум 17	2,69	-0,05	0,0600	0,89	0,94	0,0700	34,9	1,2	1,35	1,12
Сангвинеум 19	2,38	-0,36	0,0780	0,96	0,98	0,0800	41,2	0,82	1,45	1,17
Сангвинеум 24	2,70	-0,04	0,0080	1,00	1,00	0,0080	37,0	1,11	1,52	1,23
Степное 9	3,14	0,40	0,1370	1,27	1,13	0,1100	36,0	1,34	1,92	1,33
Кокцинеум 2	2,86	0,12	0,0002	0,9	0,95	0,0002	33,2	1,35	1,36	1,15
Кокцинеум 3	3,18	0,44	0,1130	0,85	0,92	0,1300	28,9	1,72	1,29	1,04
Кокцинеум 6	3,02	0,28	0,2700	1,20	1,10	0,2300	36,4	1,27	1,82	1,18
Кокцинеум 8	2,73	-0,01	0,0100	0,59	0,77	0,0170	28,2	1,51	0,89	0,92
Кокцинеум 11	2,20	-0,54	0,1300	0,42	0,65	0,3100	29,5	1,17	0,64	0,71
Кокцинеум 13	2,44	-0,30	0,1600	0,32	0,57	0,5000	23,4	1,53	0,48	0,61
Кокцинеум 16	2,77	0,03	0,4000	1,64	1,28	0,2400	46,2	0,73	2,48	1,41
Кокцинеум 18	2,23	-0,51	0,0630	0,39	0,62	0,1600	27,8	1,24	0,59	0,74
Кокцинеум 23	2,67	-0,07	0,0440	0,75	0,87	0,0600	32,6	1,29	1,14	1,01
Колоритное 15	2,72	-0,02	0,0900	1,21	1,10	0,0700	40,4	0,97	1,83	1,33
Ауреум 22	2,81	0,07	0,0060	0,67	0,82	0,0090	29,2	1,51	1,02	0,99
Ауреум 27	3,04	0,30	0,0040	0,65	0,81	0,0060	26,6	1,75	0,98	0,97
Ауреум 29	3,13	0,39	0,0200	0,85	0,92	0,0200	29,4	1,67	1,29	1,11
Флявум 21	2,71	-0,03	-0,0030	0,64	0,80	-0,0050	29,5	1,44	0,97	0,97
Флявум 26	3,54	0,80	0,2070	1,01	1,00	0,2100	28,2	1,95	1,53	1,08
Флявум 28	2,97	0,23	0,0850	0,62	0,79	0,1400	26,6	1,71	0,94	0,89

Наименьшая варианса САС ( $\sigma^2_{CAC_i}$ ) была у образцов Сангвинеум 14, Сангвинеум 12, Кокцинеум 13, Кокцинеум 18, Сангвинеум 7, Кокцинеум 11, Сангвинеум 9, Кокцинеум 8. У этих образцов коэффициент компенсации генотипа ( $K_{gi}$ ) был меньше 1, т.е. преобладал компенсирующий эффект взаимодействия генотип x среда. Относительная стабильность генотипа ( $s_{gi}$ ) у этих образцов варьировала от 9,6 до 29,5 %, т.е. эти образцы отличались стабильностью. Судя по величине показателя экологической пластичности ( $b_i < 1$ ), они мало отзывчивы на улучшение условий выращивания и, по нашему мнению, более пригодны для выращивания в менее благоприятных условиях.

Селекция на специфическую адаптивную способность САС обеспечивает создание локальных сортов и может привести к обеднению генетической основы общей приспособленности и уменьшению стабильности генотипа [11].

Отбор на стабильность у растений эффективен, но не способен создать чего-либо нового и имеет значение для сохранения ценных свойств популяций и их устойчивости к средовым флуктуациям [12].

Отбор на ОАС с учетом стабильности основан на учении И.И. Шмальгаузена [13] о неразрывности движущей и стабилизирующей форм отбора. Движущая форма перестраивает систему адаптаций организма, стабилизирующая создает новые механизмы индивидуального развития, новый генный баланс.

А.В. Кильчевский [14] считает, что отбор на сочетание продуктивности и экологической стабильности в одном генотипе, а также оценка параметров фона (типичность, дифференцирующая и предсказуемая способность) на каждом этапе являются одними из принципов, на которых должна быть основана экологическая организация селекционного процесса.

Для одновременного отбора образцов на общую адаптивную способность, т.е. суммарную реакцию генотипа во всей совокупности сред, и стабильность определена селекционная ценность генотипов – (СЦГ).

По селекционной ценности генотипа выделились образцы Флявум 26, Ауреум 27, Кокцинеум 3, Флявум 28, Ауреум 29, Сангвинеум 7, Кокцинеум 13, Кокцинеум 8, Ауреум 22, Сангвинеум 12, Флявум 21, Сангвинеум 9, Кокцинеум 2, сорт Степное 9, Кокцинеум 23, Кокцинеум 6, Кокцинеум 18, Сангвинеум 17, Сангвинеум 4, сочетающие высокую продуктивность со стабильностью урожая. Эти образцы представляют интерес для одновременного отбора образцов на общую адаптивную способность с учетом стабильности.

Сангвинеум 14 выделился по относительной стабильности и самой высокой величине селекционной ценности генотипа. Этот образец характеризуется самой высокой стабильностью, что резко повысило его селекционную ценность.

Согласно коэффициенту нелинейности ( $l_{gi}$ ), у большинства генотипов ответы на среду носят линейный характер (0,0002 – 0,85), за исключением Сангвинеум 14, который реагировал на среду нелинейно ( $l_{gi} = 4,1$ ).

В.А. Ильин (1994) для характеристики сортов использовал три основных показателя: урожайность, массу 1000 зерен и число зерен на 1 кв. метре. Число зерен, выращенных на 1 кв. метре, более полно характеризует сорт, так как включает в себя и число метелок и их озерненность.

Урожайность и число зерен на 1 кв. метре изменялись параллельно и имели значительный коэффициент вариации (урожайность от 12,0% до 46,7%, число зерен на 1 кв. метре от 15,9% до 50,4%, а масса 1000 зерен изменялась очень слабо 0,7 – 5,8%).

Анализируя таблицу 3, можно сделать вывод, что наибольшим показателем ОАС по массе 1000 зерен отличались: Сангвинеум 4, Сангвинеум 7, Сангвинеум 9, Сангвинеум 17, Сангвинеум 19, а также сорта Степное 9 и Саратовское 6. Самые низкие значения массы 1000 зерен и ОАС имели образцы Ауреум 22, Ауреум 27, Флявум 28, Ауреум 29, Флявум 26, Кокцинеум 8, Кокцинеум 11, Кокцинеум 16.

Самыми высокими значениями  $\sigma^2_{(GxE)_{gi}}$  характеризовались: сорт Саратовское 6, образец Сангвинеум 4, Сангвинеум 12, Кокцинеум 2, самыми низкими – Сангвинеум 17 и сорт Степное 9.

Наибольшая дисперсия САС ( $\sigma^2_{CAsi}$ ) была у Сангвинеум 4, Сангвинеум 7, Сангвинеум 12, Флявум 28, Сангвинеум 19, Сангвинеум 14, Кокцинеум 16, Ауреум 27, Кокцинеум 11, Кокцинеум 18, Кокцинеум 8, Ауреум 29, Кокцинеум 13. У этих образцов коэффициент компенсации генотипа ( $K_{gi}$ ) был больше 1, т.е. преобладал дестабилизирующий эффект взаимодействия генотип x среда. Относительная стабильность генотипа ( $s_{gi}$ ) у этих образцов варьировала от 2,9 до 5,5%. Данные образцы сильнее реагировали на изменения условий среды ( $b_i > 1$ ), за исключением Ауреум 29, Кокцинеум 13, Кокцинеум 8, которые мало отзывчивы на улучшение условий среды ( $b_i < 1$ ).

Таблица 3

**Показатели адаптивной способности и стабильности морфотипов по массе 1000 зерен, 2018-2021 гг.**

Сорт	Параметры									
	$u+v_i$	$OAC_i$	$\sigma^2_{(G \times E)_{gi}}$	$\sigma^2_{CAC_i}$	$\sigma_{CAC_i}$	$l_{gi}$	$s_{gi}$	СЦГ	$K_{gi}$	$b_i$
Саратовское 6 st	8,2	0,3	0,141	0,040	0,20	3,53	2,4	4,90	1,00	-0,57
Сангвинеум 1	7,8	-0,1	0,019	0,009	0,096	2,11	1,2	6,22	0,23	0,39
Сангвинеум 4	8,6	0,7	0,131	0,220	0,47	0,60	5,5	0,84	5,50	1,46
Сангвинеум 7	8,2	0,3	0,041	0,180	0,42	0,23	5,1	1,27	4,50	2,00
Сангвинеум 9	8,2	0,3	0,036	0,004	0,06	9,00	0,7	7,21	0,10	0,13
Сангвинеум 12	7,9	0,0	0,123	0,180	0,42	5,56	5,3	0,97	4,50	1,31
Сангвинеум 14	7,9	0,0	0,018	0,120	0,35	0,15	4,4	2,12	3,00	1,54
Сангвинеум 17	8,3	0,4	0,001	0,040	0,20	0,03	2,4	5,00	1,00	0,96
Сангвинеум 19	8,2	0,3	0,030	0,130	0,36	0,23	4,4	2,26	3,25	1,57
Сангвинеум 24	7,9	0,0	0,031	0,030	0,17	1,03	2,2	5,09	0,75	0,47
Степное 9	8,4	0,5	0,003	0,030	0,17	0,10	2,1	5,59	0,75	0,76
Кокцинеум 2	7,8	-0,1	0,105	0,040	0,20	2,63	2,6	4,50	1,00	-0,16
Кокцинеум 3	7,9	0,0	0,011	0,006	0,08	1,83	1,0	6,58	0,15	0,45
Кокцинеум 6	7,9	0,0	0,013	0,029	0,17	0,45	2,2	5,09	0,07	0,67
Кокцинеум 8	7,7	-0,2	0,023	0,060	0,24	0,38	3,1	3,74	1,50	0,93
Кокцинеум 11	7,7	-0,2	0,018	0,090	0,30	0,20	3,9	2,75	2,25	1,33
Кокцинеум 13	8,0	0,1	0,035	0,053	0,23	0,66	2,9	4,20	1,33	0,86
Кокцинеум 16	7,7	-0,2	0,029	0,110	0,33	0,26	4,3	2,25	2,75	1,32
Кокцинеум 18	7,9	0,0	0,018	0,090	0,30	0,20	3,8	2,95	2,25	1,25
Кокцинеум 23	7,9	0,0	0,011	0,030	0,17	0,37	2,2	5,09	0,75	0,75
Колоритное 15	8,0	0,1	0,033	0,040	0,20	0,83	2,5	4,70	1,00	0,53
Ауреум 22	7,5	-0,4	0,021	0,010	0,10	2,10	1,3	5,85	0,25	0,30
Ауреум 27	7,6	-0,3	0,023	0,110	0,33	0,21	4,4	2,15	2,75	1,47
Ауреум 29	7,7	-0,2	0,069	0,060	0,24	1,15	3,2	3,74	1,50	0,43
Флявум 21	8,0	0,1	0,023	0,010	0,10	2,30	1,3	6,35	0,25	0,28
Флявум 26	7,6	-0,3	0,036	0,030	0,17	1,20	2,2	4,79	0,75	0,40
Флявум 28	7,6	-0,3	0,059	0,160	0,40	0,37	5,3	1,00	4,00	1,59

Наименьшая вариация САС ( $\sigma^2_{CAC_i}$ ) была у образцов Сангвинеум 9, Кокцинеум 3, Сангвинеум 1, Флявум 21, Ауреум 22, Кокцинеум 6, Кокцинеум 23, Сангвинеум 24, Флявум 26, Кокцинеум 2, Сангвинеум 17, сортов Колоритное 15, Степное 9, Саратовское 6. У образцов Сангвинеум 1, Кокцинеум 3, Кокцинеум 6, Сангвинеум 9, Флявум 21, Ауреум 22, Кокцинеум 23, Сангвинеум 24, Флявум 26, Степное 9 коэффициент компенсации генотипа ( $K_{gi}$ ) был меньше 1, т.е. преобладал компенсирующий эффект взаимодействия генотип x среда. У образцов Кокцинеум 2, Сангвинеум 17, сортов Колоритное 15, Саратовское 6 эффекты компенсации и дестабилизации были близки. Относительная стабильность генотипа ( $s_{gi}$ ) у этих образцов варьировала от 0,7 до 2,6%, т.е. эти образцы отличались стабильностью. Судя по величине показателя экологической пластичности ( $b_i < 1$ ), они слабо реагировали на изменение условий среды по массе 1000 зерен. Сангвинеум 17 реагировал аналогично изменениям условий среды ( $b_i = 1$ ).

По селекционной ценности генотипа выделились образцы Сангвинеум 9, Кокцинеум 3, Флявум 21, Сангвинеум 1, Ауреум 22, Кокцинеум 6, Кокцинеум 23, Сангвинеум 24, Сангвинеум 17, Флявум 26, Кокцинеум 13, сорта Степное 9, Саратовское 6, Колоритное 15.

Образцы Сангвинеум 9, Сангвинеум 17, сорта Степное 9, Саратовское 6 сочетали высокую массу 1000 зерен и средовую устойчивость по данному показателю.

Образцы Сангвинеум 4, Сангвинеум 7, Сангвинеум 19 имели высокую массу 1000 зерен, но были нестабильными по данному показателю, что снизило их селекционную ценность.

Согласно коэффициенту нелинейности ( $I_{gi}$ ), у 16 генотипов ответы на среду носят линейный характер ( $I_{gi} < 1$ ), 11 образцов взаимодействовали со средами нелинейно ( $I_{gi} > 1$ ).

Результаты определения адаптивности по числу зерен на 1 кв. метре представлены в таблице 4.

Таблица 4

**Показатели адаптивной способности и стабильности морфотипов по числу зерен на 1 кв. метре (в тысячах штук), 2018-2021 гг.**

Сорт	Параметры									
	$u+v_i$	$OAC_i$	$\sigma^2_{(G \times E)gi}$	$\sigma^2_{CACi}$	$\sigma_{CACi}$	$I_{gi}$	$S_{gi}$	СЦГ	$K_{gi}$	$b_i$
Саратовское 6 st	31,8	-3	7,97	201,2	14,2	0,04	44,7	10,2	1,76	1,31
Сангвинеум 1	33,3	-1,5	13,49	190,2	13,8	0,071	41,4	12,3	1,66	1,24
Сангвинеум 4	33,3	-1,5	20,32	173,4	13,2	0,120	39,5	13,2	1,51	1,14
Сангвинеум 7	32,1	-2,7	50,78	67,0	8,2	0,760	25,5	19,6	0,58	0,57
Сангвинеум 9	30,3	-4,5	13,57	69,5	8,3	0,200	27,4	17,7	0,61	0,74
Сангвинеум 12	29,9	-4,9	57,83	60,7	7,8	0,950	26,1	18,0	0,53	0,51
Сангвинеум 14	34,5	-0,3	46,11	25,2	5,0	1,830	14,5	26,9	0,22	0,41
Сангвинеум 17	32,6	-2,2	4,99	133,6	11,6	0,037	35,6	15,0	1,17	1,04
Сангвинеум 19	29,4	-5,4	8,50	160,1	12,7	0,053	43,2	10,1	1,40	1,14
Сангвинеум 24	34,5	-0,3	0,27	166,6	12,9	0,002	37,4	14,9	1,45	1,19
Степное 9	37,8	3,0	14,87	197,6	14,1	0,075	37,3	16,4	1,73	1,27
Кокцинеум 2	36,7	1,9	8,62	168,9	13,0	0,051	35,4	16,9	1,47	1,17
Кокцинеум 3	40,2	5,4	17,38	131,3	11,5	0,130	28,5	22,7	1,15	0,98
Кокцинеум 6	38,3	3,5	35,80	200,3	14,2	0,180	37,0	16,7	1,75	1,20
Кокцинеум 8	35,7	0,9	-0,36	111,1	10,5	-0,003	29,4	19,7	1,00	0,97
Кокцинеум 11	28,8	-6,0	26,70	87,8	9,4	0,300	32,6	14,5	0,77	0,76
Кокцинеум 13	30,5	-4,3	37,00	55,9	7,5	0,660	24,6	19,1	0,49	0,58
Кокцинеум 16	36,6	1,8	91,2	334,6	18,3	2,640	50,0	8,8	2,92	1,52
Кокцинеум 18	28,3	-6,5	8,38	63,1	7,9	0,130	27,9	16,3	0,55	0,73
Кокцинеум 23	34,0	-0,8	4,59	118,9	10,9	0,039	32,1	17,4	1,04	0,98
Колоритное 15	34,1	-0,7	11,60	208,1	14,4	0,056	42,2	12,2	1,82	1,33
Ауреум 22	37,3	2,5	1,42	117,0	10,8	0,012	29,0	20,9	1,02	0,99
Ауреум 27	40,5	5,7	0,13	137,5	11,7	0,001	28,9	22,7	1,20	1,08
Ауреум 29	40,6	5,8	1,98	153,7	12,4	0,013	30,5	21,8	1,34	1,14
Флявум 21	33,8	-1,0	1,29	105,6	10,3	0,012	30,5	18,1	0,92	0,94
Флявум 26	46,6	11,8	28,80	174,8	13,2	0,160	28,3	25,6	1,53	1,11
Флявум 28	39,4	4,5	17,10	118,2	10,9	0,140	27,7	22,8	1,03	0,92

По данному показателю и ОАС выделились образцы: Флявум 26, Ауреум 29, Ауреум 27, Кокцинеум 3, Флявум 28, Кокцинеум 6, сорт Степное 9, Ауреум 22, Кокцинеум 2. Самые низкие значения числа зерен на 1 кв. метре имели образцы Кокцинеум 18, Кокцинеум 11, Сангвинеум 19, Сангвинеум 12, Сангвинеум 9, Кокцинеум 13, сорт Саратовское 6, Сангвинеум 7, Сангвинеум 17.

Самыми высокими значениями  $\sigma^2_{(G \times E)_{gi}}$  характеризовались: Кокцинеум 16, Сангвинеум 12, Сангвинеум 7, Сангвинеум 14, Кокцинеум 6, самыми низкими – Кокцинеум 8, Ауреум 27, Сангвинеум 24.

Наибольшая вариация САС ( $\sigma^2_{CACi}$ ) была у сортов Степное 9, Саратовское 6 и Колоритного 15, образцов Кокцинеум 16, Кокцинеум 6, Сангвинеум 1, Флявум 26, Сангвинеум 4, Кокцинеум 2, Сангвинеум 24, Сангвинеум 19, Ауреум 29, Ауреум 27, Сангвинеум 17, Кокцинеум 3, Кокцинеум 23, Флявум 28, Ауреум 22, Кокцинеум 8. У этих образцов, за исключением Кокцинеум 8, Ауреум 22, Кокцинеум 23, Флявум 28, у которых эффекты компенсации и дестабилизации были близки ( $K_{gi} = 1$ ), коэффициент компенсации генотипа ( $K_{gi}$ ) был больше 1, т.е. преобладал дестабилизирующий эффект взаимодействия генотип x среда. Относительная стабильность генотипа ( $s_{gi}$ ) у этих образцов варьировала от 28,3 до 50,0%. Данные сорта наиболее отзывчивы на улучшение условий выращивания ( $b_i > 1$ ), за исключением Кокцинеум 3, Ауреум 22, Кокцинеум 23, Ауреум 27, у которых число зерен на 1 кв. метре изменялось аналогично изменениям условий среды ( $b_i = 1$ ). Образец Флявум 28 мало отзывчивы на улучшение условий выращивания ( $b_i < 1$ ).

Наименьшая вариация САС ( $\sigma^2_{CACi}$ ) была у образцов Сангвинеум 14, Кокцинеум 13, Сангвинеум 13, Кокцинеум 18, Сангвинеум 7, Сангвинеум 9, Кокцинеум 11, Флявум 21. У этих образцов коэффициент компенсации генотипа ( $K_{gi}$ ) был меньше 1, т.е. преобладал компенсирующий эффект взаимодействия генотип x среда. Относительная стабильность генотипа ( $s_{gi}$ ) у этих образцов варьировала от 14,5 до 23,6%, т.е. эти образцы отличались стабильностью. Судя по величине показателя экологической пластичности ( $b_i < 1$ ), они мало отзывчивы на улучшение условий выращивания.

По селекционной ценности генотипа выделились образцы Сангвинеум 14, Флявум 26, Флявум 28, Кокцинеум 3, Ауреум 27, Ауреум 29, Ауреум 22, Кокцинеум 8, Сангвинеум 7, Кокцинеум 13, Флявум 21, Сангвинеум 12, Сангвинеум 9, Кокцинеум 23, Кокцинеум 2, Кокцинеум 6, Сангвинеум 17, Сангвинеум 24, Сангвинеум 4 и сорт Степное 9. Образцы Флявум 26, Ауреум 29, Ауреум 27, Кокцинеум 3, Флявум 28, Кокцинеум 6, Кокцинеум 2, сорт Степное 9 сочетали высокое число зерен на 1 кв. метре и средовую устойчивость по данному показателю.

### Заключение

Проведена оценка дифференцирующей способности как фона для отбора. Наибольшая дифференцирующая способность выявлена в средах 2019 и 2020 гг. В среде 2018 года дифференцирующая способность сред была невысокой, но характеризовалась высокой типичностью. Среды 2018, 2019, 2020 гг. можно считать анализирующими фонами, способствующими выявлению различных биотипов. Среда 2021 года является нивелирующим фоном, так как отличалась неблагоприятными условиями, низкой типичностью и минимальным полиморфизмом.

Образцы Сангвинеум 9, Флявум 21, Кокцинеум 6, Кокцинеум 23, Сангвинеум 17, Кокцинеум 13, Кокцинеум 3 и сорт Степное 9 были выделены по селекционной ценности генотипа по показателям: урожайность, масса 1000 зерен, число зерен на 1 кв. метре.

Сангвинеум 14, хотя и не выделился по селекционной ценности по массе 1000 зерен из-за высокой нестабильности данного показателя, но имел самые высокие показатели селекционной ценности генотипа по урожайности и числу зерен на 1 кв. метре, что выделяет данный образец.

Образцы Сангвинеум 4 и Сангвинеум 7, выделившиеся по селекционной ценности генотипа по показателям урожайность и число зерен на 1 кв. метре, не выделились по селекционной ценности генотипа по массе 1000 зерен, так как были нестабильными по данному показателю и сильно реагировали на изменение условий среды, но эти образцы имели высокую массу 1000 зерен (8,2-9,2 г и 8-8,8 г соответственно), что по нашему мнению, не снижает их селекционную ценность.

Желтозерные образцы Ауреум 27, Флявум 28, Ауреум 29, выделившиеся по селекционной ценности генотипа по показателям урожайность и число зерен на 1 кв. метре,



не выделились по селекционной ценности генотипа по массе 1000 зерен, так как имели низкую и нестабильную массу 1000 зерен. Образцы Аурум 22 и Флявум 26 выделились по селекционной ценности генотипа по показателям урожайность, масса 1000 зерен и число зерен на 1 кв. метре, но имели самую низкую массу 1000 зерен, что снижает их селекционную ценность.

В среднем за 2018-2021 гг. желтозерные образцы отличались высокой урожайностью и числом зерен на 1 кв. метре, но самой низкой массой 1000 зерен. Краснозерные образцы со сжатой метелкой отличались самой высокой массой 1000 зерен.

По результатам адаптивной оценки сортообразцов различных морфотипов выделен ценный селекционный материал проса, характеризующийся высокой адаптивной способностью в условиях юго-востока Центрально-Черноземного региона. Это краснозерные образцы с развесистой и со сжатой метелкой: Сангвинеум 4, Сангвинеум 7, Сангвинеум 9, Сангвинеум 14, Сангвинеум 17, Сангвинеум 24, Кокцинеум 3, Кокцинеум 6, Кокцинеум 23, Кокцинеум 13, сорт Степное 9 и желтозерный образец с развесистой метелкой Флявум 21.

### Литература

1. Рыбась И.А. Повышение адаптивности в селекции зерновых культур (обзор) //Сельскохозяйственная биология. – 2016. – Т.51. – № 5. – С. 617-626. DOI: 10.15389/agrobiology.2016.5.617rus
2. Тихонов Н.П., Тихонова Т.В., Милкин А.А. Адаптивность и урожайность сортов проса селекции ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока» // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2018. – № 4 (28). – С. 78-82. DOI: 10.24411/2309-348X-2018-11053.
3. Никифорова И.Ю. Оценка адаптивности образцов проса посевного различных групп спелости по статистическим параметрам, рассчитанным по признаку «урожайность зерна» // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2015. – № 1 (13). – С. 79-83.
4. Литун П.П. Критерий оценки номеров в селекционном питомнике // Селекция и семеноводство: Республиканский межведомственный тематический научный сборник. – Киев: «Урожай», 1973. – Вып. 25. – С. 52-58.
5. Кильчевский А.В., Хотылева Л.В. Метод оценки адаптивной способности и стабильности генотипов, дифференцирующей способности среды. Сообщение I. Обоснование метода // Генетика. – 1985. – Т. XXI, № 9. – С. 1481-1490.
6. Eberhart S.A., Russell W.A. Stability parameters for comparing varieties // Crop Sci. – 1966. – Vol. 6. – № 1. – P. 36-40.
7. Кильчевский А.В., Хотылева Л.В. Метод оценки адаптивной способности и стабильности генотипов, дифференцирующей способности среды. Сообщение II. Числовой пример и обсуждение // Генетика. – 1985. – Т. XXI, № 9. – С. 1491-1497.
8. Синская Е.Н. Проблема популяций у высших растений. – Л.: Сельхозиздат, – 1963. – 124 с.
9. Jinks J.L., Pooni H.S. Determination of the environmental sensitivity selection lines of *Nicotina rustica* by the selection environment. – Heredity. – 1982. – № 3. – P. 291.
10. Comstock E.R., Moll R.H. Genotype-environment interaction // Statistical genetics in plant breeding. – Washington: D.S.: 1963. – P. 164-194.
11. Жученко А.А. Экологическая генетика культурных растений. – Кишинев: Штиинца, – 1980. – 587 с.
12. Алтухов Ю.П. Генетические процессы в популяциях. – М.: Наука, 1983. – 279 с.
13. Шмальгаузен И.И. Факторы эволюции (теория стабилизирующего отбора). – М.: Наука, – 1968. – 451 с.
14. Кильчевский А.В. Экологическая организация селекционного процесса // Генетические основы селекции: Материалы Всероссийской школы молодых селекционеров им. С.А. Кунакбаева, 11-15 марта 2008 г. – Уфа, – 2008. – С. 70-86.

### References

1. Rybas' I.A. Povyshenie adaptivnosti v selektsii zernovykh kul'tur (obzor) [Improving adaptability in the selection of grain crops (review)]. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya – Agricultural biology*, 2016, Vol. 51, no. 5, pp. 617-626. DOI: 10.15389/agrobiology.2016.5.617rus. (In Russian)
2. Tikhonov N.P., Tikhonova T.V., Milkin A.A. Adaptivnost' i urozhainost' sortov prosa selektsii FGBNU «NIISKH Yugo-VostokA» [Adaptability and yield of millet varieties of selection of the FSBSI «Scientific Research Institute of Agriculture of the South-East»]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury – Legumes and Groat Crops*, 2018, no. 4 (28), pp. 78-82. DOI: 10.24411/2309-348X-2018-11053. (In Russian)
3. Nikiforova I.YU. Otsenka adaptivnosti obraztsov prosa posevnogo razlichnykh grupp spelosti po statisticheskim parametram, rasschitannym po priznaku «urozhainost' zernA» [Assessment of adaptability of seed millet samples of various ripeness groups according to statistical parameters calculated on the basis of "grain yield"]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury – Legumes and Groat Crops*, 2015. no. 1 (13), pp.79-83. (In Russian)
4. Litun P.P. Kriterii otsenki nomerov v selektsionnom pitomnike [Criteria for estimating numbers in the breeding nursery]. *Selektsiya i semenovodstvo: Respublikanskii mezhvedomstvennyi tematicheskii nauchnyi sbornik* [Selection

- and seed production: Republican interdepartmental thematic scientific collection*]. Kiev: «Urozha» Publ., 1973, Issue 25, pp. 52-58. *(In Russian)*
5. Kil'chevskii A.V., Khotyleva L.V. Metod otsenki adaptivnoi sposobnosti i stabil'nosti genotipov, differentsiruyushchei sposobnosti sredy. Soobshchenie I. Obosnovanie metoda [Method for assessing the adaptive ability and stability of genotypes, the differentiating ability of the environment. Message I. Rational of the method]. *Genetika – Genetics*, 1985, Vol. XXI, no. 9, pp. 1481- 1490. *(In Russian)*
  6. Eberhart S.A., Russell W.A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci*, 1966, Vol. 6, no. 1, pp. 36-40.
  7. Kil'chevskii A.V., Khotyleva L.V. Metod otsenki adaptivnoi sposobnosti i stabil'nosti genotipov, differentsiruyushchei sposobnosti sredy. Soobshchenie II. Chislvoi primer i obsuzhdenie [Method for assessing the adaptive ability and stability of genotypes, the differentiating ability of the environment. Message II. Numerical example and discussion]. *Genetika – Genetics*, 1985, Vol. XXI, no. 9, pp. 1491- 1497. *(In Russian)*
  8. Sinskaya E.N. Problema populyatsii u vysshikh rastenii [The problem of populations in higher plants]. Leningrad: Sel'khozizdat Publ., 1963, 124 p. *(In Russian)*
  9. Jinks J.L., Pooni H.S. Determination of the environmental sensitivity selection lines of *Nicotiana glauca* by the selection environment. *Heredity*, 1982, no. 3, p. 291.
  10. Comstock E.R., Moll R.H. Genotype-environment interaction. *Statistical genetics in plant breeding*. Washington: D.S., 1963, pp.164-194.
  11. Zhuchenko A.A. *Ehkologicheskaya genetika kul'turnykh rastenii* [Ecological genetics of cultivated plants]. Kishinev: Shtiintsa Publ., 1980, 587 p. *(In Russian)*
  12. Altukhov YU.P. *Geneticheskie protsessy v populyatsiyakh* [Genetic processes in populations]. Moscow: Nauka Publ., 1983, 279 p. *(In Russian)*
  13. Shmal'gauzen I.I. *Faktory ehvolyutsii (teoriya stabiliziruyushchego otbora)* [Factors of evolution (theory of stabilizing selection)]. Moscow: Nauka Publ., 1968, 451 p. *(In Russian)*
  14. Kil'chevskii A.V. *Ehkologicheskaya organizatsiya selektsionnogo protsesssa* [Ecological organization of the breeding process]. *Geneticheskie osnovy selektsii: Materialy Vserossiiskoi shkoly molodykh selektsionerov im. S.A. Kunakbaeva, 11-15 marta 2008 g* [Genetic foundations of selection: Materials of the All-Russian School of Young Breeders named after S.A. Kunakbaev, March 11-15, 2008]. Ufa, 2008, pp. 70-86. *(In Russian)*