

Результаты оценки адаптивности родительских форм – линий кукурузы

Анна Григорьевна Горбачева¹, Наталья Алексеевна Орлянская²,
Ирина Анатольевна Ветошкина¹, Дмитрий Сергеевич Чеботарев²

¹ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт кукурузы», г. Пятигорск, Россия
e-mail: 976067@mail.ru

²Воронежский филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт кукурузы»,
Воронежская область, Хохольский район, Россия
e-mail: vf-nauka@yandex.ru

Аннотация. Информация по адаптивной способности родительских линий способствует оптимизации семеноводства гибридов кукурузы. Цель исследований – оценка параметров пластичности и стабильности 9 самоопыленных линий, входящих в состав новых гибридов кукурузы. Экологическое изучение проведено в 2019–2021 гг. в 2 пунктах – предгорной зоне Северного Кавказа (Пятигорск) и лесостепной зоне Центрального Черноземья (Воронеж). Отмечены контрастные условия в пунктах испытания: благоприятные в Воронеже в 2019 г. ($I_j = 1,75$) и 2020 г. ($I_j = 0,02$), лимитированные в Воронеже в 2021 г. ($I_j = -1,07$) и Пятигорске в 2019–2021 гг. ($I_j = -0,03 \dots -0,38$). Установлено, что преобладающее влияние на формирование урожая зерна оказывали условия среды (50,13 %), меньше влияли генотип (25,60 %) и взаимодействие факторов (21,16 %). Выявлено значительное варьирование урожайности линий по годам (22,0–47,2 %). Выделены линии КЛ 6, РГС 201, РГ 218 и РГ 266 с высокими значениями коэффициентов адаптивности ($K_a = 1,04-1,40$) в контрастных условиях выращивания. По результатам комплексной оценки с применением системы ранжирования выявлены линии КЛ 6 и РГ 218 с высоким адаптивным потенциалом (сумма рангов 6,4 и 6,7), их рекомендуется включать в программы создания гибридов, обладающих экологической адаптивностью. Определены предпочтительные условия выращивания семян родительских линий кукурузы: линии КЛ 6, РГС 201, РГ 218 и РГ 266 возможно выращивать в широком диапазоне условий, для возделывания линий РС 201, ДА 27-11 и АГ 1712 необходимы благоприятные условия, выращивание линий РВ 197 и РГ 297 возможно в экстенсивных условиях.

Ключевые слова: кукуруза; родительские линии; пластичность; стабильность; адаптивность.

Для цитирования: Горбачева А. Г., Орлянская Н. А., Ветошкина И. А., Чеботарев Д. С. Результаты оценки адаптивности родительских форм – линий кукурузы // Аграрный научный журнал. 2023. № 1. С. 4–10. <http://10.28983/asj.y2023i1pp4-10>.

AGRONOMY

Original article

The results of evaluation of adaptability of corn parental lines

Anna G. Gorbacheva¹, Natalya A. Orlyanskaya², Irina A. Vetoshkina¹, Dmitry S. Chebotarev²

¹FGBNU "All-Russian Research Institute of Corn", Pyatigorsk, Russia
e-mail: 976067@mail.ru

²Voronezh branch of FGBNU "All-Russian Research Institute of Corn", Voronezh Region, Khokholsky district, Russia
e-mail: vf-nauka@yandex.ru

Abstract. Information about the adaptability of corn parental lines helps to optimize hybrid seed production. The purpose of this article is to evaluate the plasticity and stability parameters of nine corn inbreds that were used to produce new hybrids. We conducted the research in 2019–2021 in two areas which include the foothill of the North Caucasus (Pyatigorsk) and the forest-steppe of the Central Black Earth Region (Voronezh). There were diverse environments in the areas: nonlimiting conditions were in Voronezh in 2019 ($I_j = 1,75$) and 2020 ($I_j = 0,02$) and limiting conditions were in Voronezh in 2021 ($I_j = -1,07$) and in Pyatigorsk in 2019 – 2021 ($I_j = -0,03 \dots -0,38$). The most prevailing factor which influenced corn grain yield was the environmental conditions (50,13 %) but genotype (25,60 %) and GEI (21,16 %) were less influential. We found a significant variation in the inbred grain yield across the years (22,0–47,2 %). The research shows that the KL 6, RGS 201, RG 218 and RG 266 lines



had high coefficients of adaptability ($K_a = 1,04-1,40$) in diverse environments. The KL 6 and RG 218 lines had high adaptable potential according to a ranking system (sum of ranks 6,4 and 6,7) and we recommended them for breeding programs to develop adaptable corn hybrids. It is better to grow the KL 6, RGS 201, RG 218 and RG 266 lines in a wide range of environments. The RS 201, DA 27-11 and AG 1712 lines are suitable for nonlimiting conditions and the RV 197 and RG 297 lines can be grown in unfavorable conditions.

Keywords: corn; parental lines; plasticity; stability; adaptability.

For citation: Gorbacheva A. G., Orlyanskaya N. A., Vetoshkina I. A., Chebotarev D. S. The results of evaluation of adaptability of corn parental lines. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal*. 2023;(1):4–10. (In Russ.). <http://10.28983/asj.y2023i1pp4-10>.

Введение. Климатические условия на планете в целом, в том числе и на территории Российской Федерации в последнее время претерпели существенные изменения, наметились устойчивые тенденции повышения среднесуточной температуры воздуха и снижения количества выпадающих осадков. Стрессовые факторы, вызванные высокой температурой и дефицитом влаги, в мировом масштабе больше других снижают урожайность кукурузы [17]. Смена климата и локальные изменения погодных условий диктуют необходимость создания и внедрения в сельскохозяйственное производство новых гибридов кукурузы, обладающих не только высоким потенциалом продуктивности, но и приспособленностью растений к конкретным почвенно-климатическим и другим условиям среды [13]. Адаптивность рассматривается как одна из генетико-физиологических систем, позволяющих добиться значительного повышения урожайности. Высокая потенциальная урожайность растений реализуется только в случае ее «защиты» устойчивостью к действию стресса [10, 15]. Только адаптивность гибрида может обеспечить стабильность урожая в различных условиях выращивания и обеспечить его востребованность сельхозтоваропроизводителями [11].

Эффективному внедрению в производство новых гибридов кукурузы и получению качественных семян способствует наличие адаптивной способности родительских форм. Поэтому изучение особенностей адаптивной реакции, стабильности и селекционной ценности линий является условием успешной работы в этом направлении.

В полной мере оценить адаптивные способности родительских линий возможно только при выращивании их в контрастных условиях [12]. Это можно выполнить в системе экологического испытания, являющейся важнейшим методом для выявления адаптивных форм [5, 9]. При этом проводится оценка образцов по показателям экологической пластичности – биологической возможности приспособления к условиям среды обитания, улучшение которых приводит к повышению урожайности культуры и стабильности – способности к незначительному снижению продуктивности при ухудшении условий возделывания. Оценку следует проводить в тех же условиях, в которых планируется выращивать семена гибридов [6]. При этом применение нескольких методик способствует эффективности оценки адаптивных свойств [14].

Цель исследований – оценка самоопыленных линий кукурузы по параметрам адаптивности, выделение генотипов с высоким адаптивным потенциалом, а также определение предпочтительных условий для выращивания семян родительских форм новых гибридов.

Методика исследований. Объектом исследований являлись 9 самоопыленных линий кукурузы (*Zea mays* L.), созданных во Всероссийском НИИ кукурузы и Воронежском филиале ВНИИК. Линии входят в состав новых гибридов кукурузы, как уже включенных в Государственный реестр селекционных достижений, так и перспективных, планируемых к передаче в Госсортоиспытание.

Исследования проводили в 2019–2021 гг. в 2 экологических зонах – на опытных полях ФГБНУ «Всероссийский НИИ кукурузы» (предгорная зона Северного Кавказа, пункт Пятигорск) и Воронежского филиала ФГБНУ ВНИИК (лесостепная зона Центрального Черноземья, пункт – Воронеж). Так как метеорологические условия в пунктах испытания по годам складывались по-разному, каждый год рассматривался нами как отдельный пункт.

Закладку и проведение опытов осуществляли по единой методике [7]. Учетная площадь делянки – 7,84 м², повторность 3-кратная, размещение делянок в опыте рендомизированное. Посев проводили в оптимальные для каждого года сроки, урожай убирали вручную, урожайность приводили к стандартной 14%-й влажности.





Статистическую обработку данных по урожайности зерна выполняли методом дисперсионного анализа [2]. Определение адаптивности линий проводили по таким показателям, как коэффициент линейной регрессии (b_j); среднее квадратичное отклонение от линии регрессии (Si^2) и индекс условий среды (I_j), рассчитывали по методике S.A. Eberhart, W.A. Russell [16] в изложении В.А. Зыкина с соавт. [13]; показатели стрессоустойчивости ($Y_{\min} - Y_{\max}$) и генетической гибкости ($(Y_{\min} - Y_{\max}) / 2$) – по уравнению А.А. Rossielle, J. Hamblin, описанному А.А. Гончаренко [1]; индекс стабильности (ИС) и показатель уровня стабильности сорта (ПУСС) – по Э.Д. Неттевичу и др. [8]; коэффициент адаптивности (K_a) – по Л.А. Животкову с соавт. [3]; коэффициент вариации (V) определяли по Б.А. Доспехову [2].

Результаты исследований. Уровень урожайности кукурузы обусловлен не только генотипическими особенностями, но и почвенно-климатическими и агротехническими условиями произрастания. Двухфакторный дисперсионный анализ по урожайности зерна линий показал, что наибольшее влияние на ее формирование в нашем опыте оказывали условия вегетации (фактор А) – 50,13 %, что свидетельствует о разнообразии почвенно-климатических условий в пунктах проведения исследований. Вклад генотипа (фактор В) и взаимодействия факторов (А × В) оказали несколько меньший эффект, но также существенно влияли на изучаемый признак, доля влияния этих факторов составляла 25,60 и 21,16 % соответственно (табл. 1).

Разнообразные условия способствовали более объективной оценке изучаемого материала. Рассчитанные индексы среды показали значительное различие не только по экологическим пунктам, но и по годам. Условия складывались благоприятно в Воронеже в 2019 и 2020 гг., что подтверждается положительными индексами условий среды ($I_j = 1,75$ и $I_j = 0,02$ соответственно). Лимитированные условия были отмечены в Воронеже в 2021 г. ($I_j = -1,07$) и Пятигорске во все годы изучения с отрицательными индексами ($I_j = -0,03 \dots -0,38$), табл. 2.

Установлено, что по пунктам показатели урожайности зерна линий кукурузы значительно различались, средний показатель составил 2,52–4,52 т/га (см. табл. 2). Высокую урожайность в среднем отмечали у линий КЛ 6 (4,52 т/га) и РГС 201 (4,12 т/га). Низкой средней урожайностью характеризовались линии РС 201 (2,52 т/га), РВ 197 (2,86 т/га) и РГ 297 (2,90 т/га). Выявлена значительная изменчивость урожайности изучаемых линий по годам и пунктам испытаний, коэффициент вариации находился в диапазоне 22,0–47,2 %. Высокой вариабельностью отличались линии РС 201 (47,2 %), ДА 27-11 (34,5 %), АГ 1712 (34,2 %), РГС 201 (31,9 %) и РГ 297 (30,6 %). Относительно меньшей изменчивостью урожайности характеризовались РВ 197 (22,0 %), КЛ 6 (22,6 %), РГ 266 (27,4 %) и РГ 218 (28,2 %), что соответствовало средней степени вариабельности.

Степень реализации потенциала продуктивности линий в сравнении со среднесортовой продуктивностью в благоприятных и неблагоприятных условиях определяли по величине коэффициента адаптивности. Рассчитанный средний коэффициент дает возможность судить о потенциальных продуктивных возможностях и адаптивности изучаемых линий, в опыте он находился в пределах от 0,69 до 1,32 (см. рисунок). По результатам анализа выделена группа из 4 линий (КЛ 6, РГС 201, РГ 218, РГ 266), показавших стабильное преимущество над другими образцами по реализации урожайного потенциала как в благоприятных, так и лимитированных условиях, коэффициент адаптивности даже в неблагоприятных условиях был выше единицы – $K_a = 1,04-1,40$. Линии ДА 27-11

Таблица 1

Результаты двухфакторного дисперсионного анализа по урожайности зерна линий кукурузы, 2019–2021 гг.

Источник варьирования	Сумма квадратов (SS)	Степени свободы (df)	Средний квадрат (mS)	F-критерий		Доля влияния фактора, %
				расчетный	0,05	
Общее	237,22	161,00				
Повторности	0,17	2,00				0,07
Фактор А (условия)	118,93	5,00	23,79	339,86	2,30	50,13
Фактор В (генотип)	60,72	8,00	7,59	108,43	2,03	25,60
Взаимодействие (А × В)	50,19	40,00	1,25	17,86	1,51	21,16
Остаток (ошибка)	7,21	106,00	0,07			3,04

Урожайность зерна линий кукурузы, 2019–2021 гг.

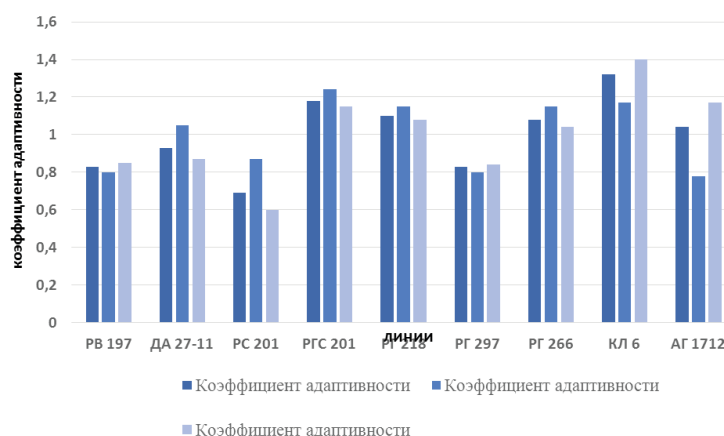
Линия	Урожайность зерна, т/га						Среднее ($\Sigma x_i/n$), т/га	Коэффициент вариации (V), %
	Пятигорск			Воронеж				
	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.		
РВ 197	2,53	2,45	3,05	4,09	2,85	2,19	2,86	22,0
ДА 27-11	3,49	2,61	2,35	5,30	3,83	2,17	3,29	34,5
РС 201	2,37	2,02	2,06	4,64	3,02	1,01	2,52	47,2
РГС 201	3,61	3,17	3,39	6,87	4,09	3,59	4,12	31,9
РГ 218	3,95	3,57	3,31	5,81	4,15	2,34	3,86	28,2
РГ 297	2,86	2,40	3,38	4,40	2,68	1,69	2,90	30,6
РГ 266	3,08	4,11	2,56	4,66	4,95	2,77	3,69	27,4
КЛ 6	5,06	3,47	4,02	6,42	3,89	4,23	4,52	22,6
АГ 1712	4,16	4,16	4,44	4,93	2,17	1,80	3,61	34,2
Среднее ($\Sigma x_i/v$)	3,46	3,11	3,17	5,24	3,51	2,42	3,49	–
Индекс условий среды (I_j)	-0,03	-0,38	-0,32	1,75	0,02	-1,07	–	–
НСР ₀₅ : - частных средних - по фактору А (условия) - по фактору В (генотип)				0,42 0,14 0,17			–	–

и РС 201 в лимитированных условиях показали значение коэффициентов ниже, чем в оптимальных условиях, что указывает на их низкую адаптивную способность. Коэффициент адаптивности линий РВ 197 и РГ 297 практически не изменялся в различных условиях и находился на довольно низком уровне ($K_a = 0,84–0,85$). Линия АГ 1712 показала нестабильный характер реализации потенциала продуктивности.

Получить наиболее полную характеристику по адаптивности изучаемых генотипов позволяет расчет нескольких статистических показателей. Об экологической пластичности судили по коэффициенту линейной регрессии (b_i), по показателям стрессоустойчивости ($Y_{\min} - Y_{\max}$) и компенсаторной способности ($(Y_{\min} + Y_{\max})/2$). Экологическую стабильность оценивали по среднеквадратичному отклонению от линии регрессии (S_i^2), индексу стабильности (ИС) и показателю уровня стабильности сорта (ПУСС).

Расчет коэффициента регрессии позволил оценить реакцию линий на изменение условий выращивания. Выделены линии с $b_i > 1$: РГС 201 ($b_i = 1,35$), РС 201 ($b_i = 1,28$), РГ 218 ($b_i = 1,20$) и ДА 27-11 ($b_i = 1,19$), обладающие высокой отзывчивостью на изменение условий агрофона. Они более требовательны к высокому уровню агротехники, требуют интенсивных условий возделывания. Все остальные линии в нашем опыте отнесены к экстенсивному типу с $b_i < 1$, они слабее реагируют на изменения условий среды, но представляют ценность в плане экономии затрат на выращивание. Однако среди них следует выделить линию КЛ 6 с коэффициентом регрессии близким к 1 ($b_i = 0,94$), поскольку генотипы с такой характеристикой хорошо адаптированы к различным условиям выращивания (табл. 3).

Степень устойчивости к стрессу изучаемых линий определяли по разнице между минимальной и максимальной урожайностью ($Y_{\min} - Y_{\max}$). Наиболее ценными по этому показателю



Коэффициент адаптивности линий в различных условиях, 2019–2021 гг.



Параметры адаптивности линий кукурузы

Линия	Показатели пластичности*			Показатели стабильности**		
	b_i	$(Y_{\min} - Y_{\max})$	$(Y_{\min} + Y_{\max}) / 2$	S_i^2	ИС	ПУСС
РВ 197	0,67	-1,9	3,1	0,07	4,56	37,13
ДА 27-11	1,19	-3,1	3,7	0,18	2,90	31,41
РС 201	1,28	-3,6	2,8	0,07	2,12	13,44
РГС 201	1,35	-3,7	5,0	0,37	3,13	53,16
РГ 218	1,20	-3,5	4,1	0,05	3,55	52,77
РГ 297	0,89	-2,7	3,0	0,18	3,27	27,55
РГ 266	0,66	-2,4	3,8	0,82	3,64	49,58
КЛ 6	0,94	-3,0	4,9	0,46	4,43	90,20
АГ 1712	0,84	-3,1	3,4	1,32	2,93	38,15

* Показатели пластичности: b_i – коэффициент линейной регрессии, $(Y_{\min} - Y_{\max})$ – стрессоустойчивость, $((Y_{\min} + Y_{\max})/2)$ – компенсаторная способность. ** Показатели стабильности: S_i^2 – среднее квадратичное отклонение, ИС – индекс стабильности, ПУСС – показатель уровня стабильности сорта (здесь и далее).

являются образцы с наименьшей разницей, чем меньше этот показатель, тем выше устойчивость генотипа к неблагоприятным условиям среды. Установлено, что большинство линий показали близкие значения, низкой стрессоустойчивостью характеризовались линии РГС 201 ($Y_{\min} - Y_{\max} = -3,7$), РС 201 ($Y_{\min} - Y_{\max} = -3,6$) и РГ 218 ($Y_{\min} - Y_{\max} = -3,5$), а наиболее высокую стрессоустойчивость проявили РВ 197 ($Y_{\min} - Y_{\max} = -1,9$), РГ 266 ($Y_{\min} - Y_{\max} = -2,4$), РГ 297 ($Y_{\min} - Y_{\max} = -2,7$).

Расчет средней урожайности в благоприятных и неблагоприятных условиях $((Y_{\min} + Y_{\max}) / 2)$ позволяет судить о способности генотипа формировать устойчивый урожай в контрастных условиях, или компенсаторной способности. Чем выше значение этого показателя, тем больше степень соответствия между потенциальными возможностями образца и факторами среды. Результаты показали, что линии РГС 201 $((Y_{\min} + Y_{\max}) / 2 = 5,0)$, КЛ 6 $((Y_{\min} + Y_{\max}) / 2 = 4,9)$ и РГ 218 $((Y_{\min} + Y_{\max}) / 2 = 4,1)$ обеспечили наибольшую урожайность в контрастных условиях.

По результатам расчета коэффициента стабильности, вычисляемого по дисперсии отклонений фактической урожайности от теоретически ожидаемой, выделены линии с минимальными значениями S_i^2 . Они обладают большей стабильностью реакции признака в разных условиях среды: РГ 218 ($S_i^2 = 0,05$), РС 201 ($S_i^2 = 0,07$) и РВ 197 ($S_i^2 = 0,07$). Напротив, линии АГ 1712 и РГ 266 показали низкую стабильность реакции, с индексами $S_i^2 = 1,32$ и $S_i^2 = 0,82$ соответственно.

Определение индекса стабильности позволило выявить линии, показавшие повышенную стабильность: РВ 197 (ИС = 4,56), КЛ 6 (ИС = 4,43). По показателю уровня стабильности сорта, позволяющему учитывать одновременно уровень и стабильность урожайности генотипа, выделены линии с высокими значениями этого параметра: КЛ 6 (ПУСС = 90,20), РГС 201 (ПУСС = 53,16), РГ 218 (ПУСС = 52,77).

Применение различных методик расчета адаптивного потенциала в итоге показало несовпадение оценок по разным системам определения. Для систематизации результатов и сравнения образцов был применен метод ранжирования показателей по всем параметрам, при этом окончательную оценку проводили по сумме средних рангов [11]. В наших исследованиях к наиболее ценным отнесены генотипы, набравшие в результате наименьший средний ранг. Это линии РГС 201, КЛ 6 и РГ 218 – по показателям пластичности (средний ранг 3,3; 3,7 и 4,0 соответственно) и РГ 218, КЛ 6, РВ 197 – по показателям стабильности (средний ранг 2,7–3,0), табл. 4. Итоговая сумма средних рангов по параметрам пластичности и стабильности показала лучшие результаты у линий КЛ 6 и РГ 218 (6,4 и 6,7 соответственно). Использование этих линий в качестве исходного материала может способствовать получению новых гибридов с высокой экологической адаптивностью.

Заключение. Определение пластичности и стабильности позволило обнаружить высокие показатели у большинства изученных линий по тому или иному параметру адаптивности. По результатам комплексной оценки выделены линии КЛ 6 и РГ 218, показавшие высокую урожайность в контрастных условиях и обладающих высокими показателями параметров адаптивности: КЛ 6 – с хорошей адаптивной и компенсаторной способностью, высокими показателями уровня и индекса стабильности; РГ 218 – с высокой отзывчивостью на условия среды, компенсаторной



Ранжирование линий кукурузы по показателям пластичности и стабильности

Линия	Ранг по показателям пластичности*				Ранг по показателям стабильности**				Сумма средних рангов
	b_i	$(Y_{\min} - Y_{\max})$	$(Y_{\min} + Y_{\max}) / 2$	Среднее	S_i^2	ИС	ПУСС	Среднее	
РВ 197	8	1	7	5,3	2	1	6	3,0	8,3
ДА 27-11	4	5	5	4,7	3	8	7	6,0	10,7
РС 201	2	7	9	6,0	2	9	9	6,7	12,7
РГС 201	1	8	1	3,3	4	6	2	4,0	7,3
РГ 218	3	6	3	4,0	1	4	3	2,7	6,7
РГ 297	6	3	8	5,7	3	5	8	5,3	11,0
РГ 266	9	2	4	5,0	6	3	4	4,3	9,3
КЛ 6	5	4	2	3,7	5	2	1	2,7	6,4
АГ 1712	7	5	6	6,0	7	7	5	6,3	12,3

способностью, высокими показателями стабильности реакции. Эти линии рекомендуются для дальнейшего включения в программы селекции адаптивных гибридов кукурузы.

Оценивая результаты расчета параметров адаптивности и учитывая уровень средней урожайности, определены предпочтительные условия выращивания семян родительских линий кукурузы. Получение высокого урожая семян линий КЛ 6, РГС 201, РГ 218 и РГ 266, показавших высокие значения коэффициентов адаптивности как в благоприятных, так и лимитированных условиях, возможно в широком диапазоне условий среды. Для гарантированного получения семян линий РС 201, ДА 27-11 и АГ 1712 необходимы благоприятные условия с высоким агрофоном. Выращивание семян линий РВ 197 и РГ 297, слабо реагирующих на улучшение условий и показавших невысокую среднюю урожайность, возможно в экстенсивных условиях с экономией затрат на улучшение уровня агротехники.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гончаренко А. А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур // Вестник РАСХН. 2005. № 6. С. 49–53.
2. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Альянс, 2011. 352 с.
3. Животков Л. А., Морозова З. А., Секатуева Л. И. Методика выявления потенциальной продуктивности и адаптивности сортов и селекционных форм озимой пшеницы по показателю «урожайность» // Селекция и семеноводство. 1994. № 2. С. 3–6.
4. Зыкин В. А., Мешков В. В., Сапега В. А. Параметры экологической пластичности сельскохозяйственных растений, их расчет и анализ: методические рекомендации. Новосибирск, 1984. 24 с.
5. Кривошеев Г. Я., Игнатъев А. С., Горбачева А. Г., Ветошкина И. А. Реакция интродуцированного исходного материала на засушливые условия // Зерновое хозяйство России. 2016. № 6 (48). С. 35–38.
6. Кривошеев Г. Я., Игнатъев А. С. Экологическое испытание новых гибридов кукурузы в условиях различной влагообеспеченности // Зерновое хозяйство России. 2018. № 4 (58). С. 47–51. DOI: 10.31367/2079-8725-2018-58-4-47-51.
7. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Зерновые, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры. М., 1989. Вып. 2. 200 с.
8. Неттевич Э. Д., Моргунов А. И., Максименко М. И. Повышение эффективности отбора яровой пшеницы на стабильность урожайности и качество зерна // Вестник сельскохозяйственной науки. 1985. № 1. С. 66–73.
9. Орлянский Н. А., Орлянская Н. А., Горбачева А. Г., Ветошкина И. А. Изучение адаптивности материнских форм гибридов кукурузы // Сахарная свекла. 2021. № 5. С. 35–40. DOI: 10.25802/SB.2021.64.38.006.
10. Рустамов Х. Н., Акпаров З. И., Аббасов М. А. Адаптивный потенциал сортов твердой пшеницы (*Triticum durum* Desf.) Азербайджана // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2020. № 4 (181). С. 22–28. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-4-22-28.
11. Рыбась И. А. Повышение адаптивности в селекции зерновых культур // Сельскохозяйственная биология. 2016. № 5 (51). С. 617–626. DOI: 10.15389/agrobilogy.2016.5.617.
12. Оптимизация семеноводства гибридной кукурузы с использованием селекционных индексов / В. С. Сотченко [и др.] // Кукуруза и сорго. 2017. № 3. С. 3–9.





13. Тойгильдин А. Л., Тюрин А. В., Тойгильдина И. А. Сравнительная урожайность зерна гибридов кукурузы различных групп спелости на черноземах выщелоченных лесостепной зоны Поволжья // Международный сельскохозяйственный журнал. 2020. № 5 (63). С. 35–38. DOI: 10.24411/2587-6740-2020-15088.
14. Юсова О. А., Николаев П. Н. Эффективность применения различных методик для расчета пластичности и стабильности сортов на примере ярового ячменя // Вестник Ульяновской ГСХА. 2021. № 1 (53). С. 98–104. DOI: 10.18286/1816-4501-2021-1-98-104.
15. Якушев В. П., Михайленко И. М., Драгавцев В. А. Агротехнологические и селекционные резервы повышения урожаев зерновых культур в России // Сельскохозяйственная биология. 2015. № 5 (50). С. 550–560. DOI: 10.15389/agrobiology.2015.5.550rus.
16. Eberhart S. A., Russell W. A. Stability Parameters for Comparing Varieties // Crop Science. 1966. No. 1(6). P. 36–40. DOI: 10.2135/cropsci1966.0011183X000600010011x.
17. Troyer A. F. Temperate corn – Background, Behavior, and breeding // Specialty corns. 2000. P. 393–466. DOI: 10.1201/9781420038569.

REFERENCES

1. Goncharenko A. A. On the adaptability and environmental sustainability of grain crop varieties. *Vestnik of the Russian agricultural science*. 2005;6:49–53. (In Russ.).
2. Dospikhov B. A. Methods of field experience. Moscow: Alliance, 2011. 352 p. (In Russ.).
3. Zhivotkov L. A., Morozova Z. A., Sekatueva L. I. Method for identifying the potential productivity and adaptability of varieties and breeding forms of winter wheat in terms of “yield”. *Breeding and seed production*. 1994;2:3–6. (In Russ.).
4. Zykin V.A., Meshkov V.V., Sapega V.A. Parameters of ecological plasticity of agricultural plants, their calculation and analysis: guidelines. Novosibirsk, 1984. 24 p. (In Russ.).
5. Krivosheev G.Y., Ignatiev A.S., Gorbacheva A.G., Vetoshkina I.A. Reaction of the introduced source material to arid conditions. *Grain Economy of Russia*. 2016; 6(48): 35–38. (In Russ.).
6. Krivosheev G. Y., Ignatiev A. S. Ecological testing of new corn hybrids under different moisture conditions. *Grain Economy of Russia*. 2018;4(58):47–51. DOI: 10.31367/2079-8725-2018-58-4-47-51. (In Russ.).
7. Methodology of state variety testing of agricultural crops. Cereals, legumes, corn and fodder crops. Moscow, 1989. Is. 2. 200 p. (In Russ.).
8. Nettevich E. D., Morgunov A. I., Maksimenko M. I. Improving the efficiency of spring wheat selection for yield stability and grain quality. *Bulletin of Agricultural Science*. 1985;1:66–73. (In Russ.).
9. Orlyansky N. A., Orlyanskaya N. A., Gorbacheva A. G., Vetoshkina I. A. Studying the adaptability of maternal forms of maize hybrids. *Sugar beet*. 2021;5: 35–40. DOI: 10.25802/SB.2021.64.38.006. (In Russ.).
10. Rustamov K. N., Akparov Z. I., Abbasov M. A. Adaptive potential of durum wheat varieties (*Triticum durum* Desf.) of Azerbaijan. *Proceedings on applied botany, genetics and breeding*. 2020;4(181):22–28. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-4-22-28. (In Russ.).
11. Rybas I. A. Increasing adaptability in the selection of grain crops. *Agricultural biology*. 2016;5(51):617–626. DOI: 10.15389/agrobiology.2016.5.617rus. (In Russ.).
12. Seed growing optimization of hebrid corn with the use of selection indexes / V. S. Sotchenko et al. *Corn and sorghum*. 2017;3:3–9. (In Russ.).
13. Toygildin A. L., Tyurin A. V., Toygildina I. A. Comparative grain yield of corn hybrids of different maturity groups on leached chernozems of the Volga forest-steppe zone. *International Agricultural Journal*. 2020;5(63):35–38. DOI: 10.24411/2587-6740-2020-15088. (In Russ.).
14. Yusova O. A., Nikolaev P. N. Efficiency of application of various methods for calculating the plasticity and stability of varieties on the example of spring barley. *Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2021;1(53):98–104. (In Russ.).
15. Yakushev V. P., Mikhailenko I. M., Dragavtsev V. A. Agrotechnological and breeding reserves for increasing the yield of grain crops in Russia. *Agricultural biology*. 2015;5(50):550–560. DOI: 10.15389/agrobiology.2015.5.550rus. (In Russ.).
16. Eberhart S. A., Russell W. A. Stability Parameters for Comparing Varieties. *Crop Science*. 1966;1(6):36–40. DOI: 10.2135/cropsci1966.0011183X000600010011x.
17. Troyer A. F. Temperate corn – Background, Behavior, and breeding. *Specialty corns*. 2000;393–466. DOI: 10.1201/9781420038569.

Статья поступила в редакцию 18.04.2022; одобрена после рецензирования 23.04.2022; принята к публикации 29.04.2022.

The article was submitted 18.04.2022; approved after 23.04.2022; accepted for publication 29.04.2022.