

УДК 633.171 : 631.527 : 631.559(470.40/.43)

УРОЖАЙНОСТЬ И ПАРАМЕТРЫ АДАПТИВНОСТИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ СОРТОВ ПРОСА ПОСЕВНОГО В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПИ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ

© 2019 О.Н. Антимонова, А.К. Антимонов, Л.А. Косых, Л.Ф. Сыркина

Поволжский научно – исследовательский институт селекции
и семеноводства имени П.Н. Константинова –
филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Самарского федерального исследовательского центра Российской академии наук, г. Кинель

Статья поступила в редакцию 02.12.2019

В статье представлены результаты оценки адаптивной способности и стабильности перспективных сортов проса посевного в питомнике конкурсного испытания за 2014 – 2018 годы. По результатам дисперсионного анализа, существенный вклад в изменчивость признака вносит фактор «год». Создание стабильных, стрессоустойчивых сортов проса посевного снизит их зависимость от погодных факторов, что повлечет за собой повышение урожая и качества продукции. Лучшие условия для роста и развития генотипов складывались с положительным знаком индекса среды (в 2014 г. $I_j = 7,8$; 2015 г. $I_j = 6,7$), худшие – с отрицательным (2016, 2017, 2018 гг. $I_j = -7,5$; $-5,6$ и $-1,6$ соответственно). Сорт проса Л-55 характеризуется высокопластичным сортом интенсивного типа. Сорта Л-3957 и Л-3993 – среднепластичные и полунтенсивные; сорт-стандарт Саратовское 6 экстенсивного типа, слабо пластичен. Сорта Константа и Л-3800 хорошо адаптированы к разным условиям среды, т.е. наиболее пластичны. В изучаемом спектре сортов наиболее стабильными характеризовались Саратовское 6, Константа и Л-3957 с коэффициентом стабильности 0,73 – 0,83. Наиболее оптимальное сочетание гомеостатичности с коэффициентом вариации отмечалось у перспективных сортов проса Константа ($V = 23,4\%$, $Hom = 37,2$) и Л-3957 ($V = 22,9\%$, $Hom = 35,9$). Все сорта проса нашей селекции обладают хозяйственной ценностью ($As = 74,5 - 78,3\%$). Сорт проса Константа, сочетающий в себе высокую продуктивность и экологическую стабильность, передан, а перспективный сорт Л-3993 рекомендуется к передаче в Государственное сортоиспытание в 2020 году.

Ключевые слова: сорт, просо, селекция, урожайность, пластичность, адаптивность, стабильность.

Работа проводится в соответствии с Программой фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013–2020 годы № 0757-2019-0004

ВВЕДЕНИЕ

Одним из основных направлений в экологической селекции является создание сортов проса посевного, способных обеспечить стабильно высокий урожай в любые годы в достаточно разных почвенно-климатических условиях. И чем эти условия хуже, тем должна быть выше роль генетической защищенности признаков потенциальной продуктивности и экологической устойчиво-

Антимонова Ольга Николаевна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства крупяных и сорговых культур. E-mail: antimonovalga@list.ru

Антимонов Александр Константинович, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства крупяных и сорговых культур. E-mail: antimopov.63@mail.ru

Косых Лариса Александровна, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства крупяных и сорговых культур. E-mail: nti.gnu_pniiss@mail.ru

Сыркина Любовь Федоровна, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства крупяных и сорговых культур. E-mail: l.syrkina.05@mail.ru

сти, т. е. адаптивности сортов [1]. Экологическая стабильность сортов, их устойчивость к лимитирующим факторам среды и способность давать высокие и стабильные урожай привлекают все больше внимание селекционеров [2].

По утверждению академика А.А. Жученко [1], к числу главных приоритетов и критериев селекции, сортоиспытания и семеноводства в нынешнем столетии следует отнести сочетание высокой потенциальной продуктивности и качества урожая с устойчивостью к действию абиотических и биотических стрессов на уровне сорта, агроценоза, агроэкосистемы и агроландшафта.

На территории Самарской области преобладает высокая контрастность погодных условий не только по годам, но и в течение вегетационного периода культуры. По результатам дисперсионного анализа, существенный вклад в изменчивость признака вносит фактор «год».

Создание стабильных, стрессоустойчивых сортов проса посевного снизит их зависимость от погодных факторов, что повлечет за собой повышение урожая и качества продукции [3, 4].

Просо посевное относится к культуре позднего срока сева, когда лимитирующая зимне

– весенняя влагозарядка в почве зачастую заканчивается. Гидротермический коэффициент в последние годы в критическую фазу растений проса «всходы – кущение» как правило низкий и равен 0,3 – 0,4. Местные формы проса обладают высокой экологической приспособленностью и вовлеченные в селекционный процесс в качестве родительских форм они обеспечивают общую и специфическую адаптивность гибридному материалу. Поэтому главная задача селекционера – определить влияние метеоусловий на формирование урожайности растений проса, выявить их адаптивные свойства в селекционном процессе.

Цель исследований – дать оценку районированным и перспективным сортам проса посевного по параметрам экологической пластичности и стабильности, используя статистический анализ урожайных данных в питомнике конкурсного испытания (КСИ).

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Изучение сортов проводилось на базе Поволжского научно – исследовательского института селекции и семеноводства имени П.Н. Константинова – филиала Федерального государственного бюджетного учреждения науки Самарского федерального исследовательского центра Российской академии наук в питомнике конкурсного сортоиспытания в 2014 – 2018 гг.

Посев проводился в оптимальные сроки – начало третьей декады мая согласно зональной технологии. Опыт закладывался по Методике Государственного сортоиспытания [5], общая площадь делянок – 25 м², учетная – 23 м², повторность – четырехкратная, предшественник – яровой ячмень. Норма высева 3,5 млн. шт./га. Стандарт – районированный по Самарской области сорт проса Саратовское 6. В качестве объекта исследований нами было взято 5 перспективных сортов собственной селекции: Константа, Л–55, Л–3800, Л–3957, Л–3993.

Оценка адаптивного потенциала сортов была рассчитана по вкладу фактора «год», по признаку «урожайность зерна».

Для оценки сортов по пластичности и стабильности урожайности использовали метод S.A. Eberharta и W.A.Rassella [6] основанный на расчёте коэффициента линейной регрессии (bi), (показатель реакции генотипа на изменение реакции среды), характеризующего экологическую пластичность сорта, и среднего квадратичного отклонения от линии регрессии (S^2_d), определяющего стабильность сорта в различных условиях среды (годы). Показатель гомеостатичности (Hom) вычисляли по В.В. Хангильдину [7]. Для статистической обработки использовали пакет программ Statistika 10.0 и Microsoft Excel 2010. Математическая обработка урожайности проса в КСИ проведена методом дисперсионного анализа, достоверность различий оценивали по наименьшей существенной разности на уровне значимости 5 % ($HCP_{0,05}$) [8].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Агрометеорологические условия в годы исследований носили разнообразный характер, что позволило дать более объективную оценку изучаемым сортам, исходя из сложившихся внешних условий среды, обусловленных гидротермическим режимом. Графическое изображение гидротермического коэффициента (ГТК) показывает контрастные изменения значений по месяцам во все годы исследований (рис. 1).

Погодные условия в 2014 г. на протяжении всего вегетационного периода проса сложились достаточно жесткими. В большинстве дней в мае месяце наблюдалась очень теплая, с дефицитом осадков погода. Запасы осеннее – зимней продуктивной влаги в почве быстро терялись и к моменту посева культур позднего срока сева были весьма недостаточными (в мае ГТК = 0,4).

В первой декаде июня отсутствие осадков на фоне высоких температур, достигающих до 32°С, отрицательно влияли на развитие корне-

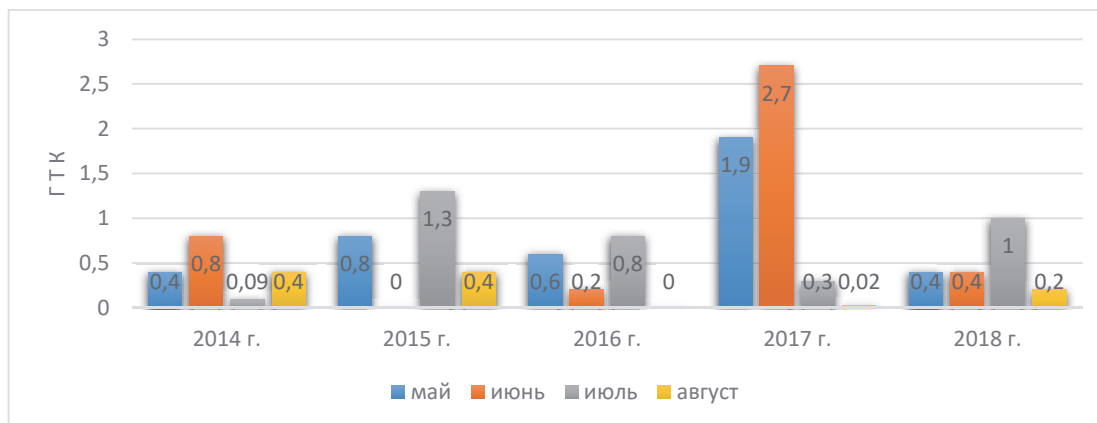


Рис. 1. Изменения ГТК по месяцам в 2014–2018 гг.

вой системы и всего растения проса в целом. Но дождевые осадки в июне, близкие к среднеголетним значениям (ГТК = 0,8), выправили положение и способствовали формированию сильных здоровых растений проса. Самым жарким и сухим характеризовался июль месяц, знойными были почти все дни, особенно в его первой и второй декаде (ГТК = 0,09). Август отмечался так же жарким и сухим (ГТК = 0,4) (рис.1).

В целом за вегетацию проса выпала половинная норма осадков на фоне повышенных температур воздуха. Сорты проса сформировали высокую урожайность зерна и год можно характеризовать благоприятным.

В большинстве дней в мае месяце 2015 года наблюдалась очень теплая, с достаточным количеством осадков погода. Осадки выпали в пределах нормы, причем большая их часть пришлось на первые две декады мая (ГТК = 0,8). В июне месяце на фоне высоких температур воздуха наблюдался резкий дефицит осадков (ГТК = 0), но растениям проса хватило влагозарядки с мая месяца. Июль месяц характеризовался полной противоположностью июня по воднотемпературному режиму, прохладный и дождливый (ГТК = 1,3). В августе продолжался недобор положительных температур, а также осадков (ГТК = 0,4) (рис.1). Июльские осадки и умеренная температура позволили сформировать растениям проса хороший урожай. Учитывая физиологические особенности культуры, для проса 2015 год следует считать благоприятным.

В большинстве дней в мае месяце 2016 года наблюдалась очень теплая, с достаточным количеством осадков погода (ГТК = 0,6), но в июне месяце на фоне высоких температур воздуха наблюдался резкий дефицит влаги (ГТК = 0,2), растения проса долгое время не могли сформировать вторичную корневую систему из-за чего многие погибли. Июль был так же жарким, но дождливым (ГТК = 0,7). В августе продолжалось нарастание положительных активных температур в сочетании с недобором осадков (ГТК = 0) (рис. 1). Метеорологические условия вегетационного периода 2016 года оказались неблагоприятными для проса.

Май и июнь месяцы 2017 года отличались избытком осадков и пониженным температур-

ным режимом. Возможность произвести посев появилась лишь 9 – 10 июня, после чего снова пошли обильные дожди. Пониженный температурный режим сохранился и в июле месяце, но с меньшим количеством осадков. Август характеризовался почти полным отсутствием дождей на фоне повышенных температур воздуха (ГТК= 0,02) (рис.1). Метеорологические условия вегетационного периода 2017 года сложились крайне неблагоприятно для проса.

Весна 2018 года выдалась холодная и продолжительная, с обилием осадков в 2,2 нормы от среднеголетней. Май отличался дефицитом осадков и повышенным температурным фоном (ГТК = 0,4). В начале июня было холодно и сухо, с затяжными суховейными ветрами, что крайне неблагоприятно для проса (ГТК = 0,3). Повышенный температурный режим в сочетании с обильными осадками отмечался в июле месяце (ГТК = 1,0). В августе просо созревало на фоне повышенных температур воздуха с острым дефицитом дождей (ГТК = 0,2) (рис.1). Такие крайне жесткие и шаткие погодные условия сформировали 2018 год не благоприятным для проса.

Таким образом, за 5 лет испытаний два года (2014 и 2015) охарактеризовались благоприятными для роста и развития проса с положительным знаком индекса условий среды (в 2014 г. $I_j = 7,8$, 2015 г. $I_j = 6,7$) и три года (2016 – 2018) – не благоприятными. Индексы условий среды (I_j) принимали отрицательные значения ($I_j = -7,5$; $-5,6$; $-1,6$ соответственно).

Наличие или отсутствие взаимодействия «генотип – среда» для всей совокупности изучаемых сортов устанавливали методом 2-х факторного дисперсионного анализа данных конкурсного сортоиспытания проса посевного. По критерию Фишера нами выявлены значимые эффекты среды, генотипов и их взаимодействия по показателю урожайности зерна (табл. 1).

Значительное влияние на урожайность проса оказали условия года (фактор В, среда) – 92,4 %, в меньшей степени повлиял фактор А (сорты) – на 2,5 %. Взаимодействие факторов А x Б (сорт x год) внесло вклад в общую изменчивость урожайности 1,5 %.

Таблица 1. Результаты дисперсионного анализа и влияние генотипа и среды (условия года) на урожайность зерна сортов проса

Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	F		Доля, %
				Ф	05	
Генотип (сорт) (А)	4690,5	4	1172,6	1307,2	2,5	2,5
Среда (В) (год)	126,8	5	25,4	28,3	2,4	92,4
Взаимодействие (А x В)	178,2	20	8,9	9,9	5,9	1,5

Оценку пластичности и стабильности урожайности сортов проса проводили по двум показателям – коэффициенту регрессии b_i , который показывает их реакцию на изменение условий выращивания (пластичность) и стабильности S^2_{di} – среднему квадратичному отклонению от линии регрессии (табл. 2). Наглядное представление о характере связи между условиями выращивания и урожайностью показывает график (рис. 2).

Если $b_i > 1$, сорт обладает большей отзывчивостью на улучшение условий выращивания и считается высокопластичным. Такие сорта требовательны к высокому уровню агротехники, так как только в этом случае они дадут макси-

мальный урожай. При ухудшении условий среды продуктивность их резко снижается (сорта интенсивного типа). В нашем примере это перспективный сорт проса Л-55 ($b_i = 1,16$). К сортам средней интенсивности и пластичности ($b_i < 1$), способных давать высокую, но более стабильную и выше средней по опыту урожайность мы отнесли перспективные линии Л-3957 ($b_i = 0,85$) и Л-3993 ($b_i = 0,96$).

Если $b_i = 1$, сорт хорошо адаптирован к разным условиям среды, т.е. наиболее пластичен. К таким сортам мы отнесли сорта Константа и Л-3800. Сорт-стандарт Саратовское 6 экстенсивного типа, слабо пластичен, так как характе-

Таблица 2. Урожайность ц/га, пластичность, стабильность, коэффициент вариации %, гомеостатичность, коэффициент агрономической стабильности %, 2014 – 2018 гг.

Сорт	Y_i	b_i	S^2_{di}	V,	Ном	As
Саратовское 6	19,8	0,84	0,73	25,5	34,3	74,5
Константа	21,5	1,00	0,73	23,4	37,2	76,6
Л-55	21,5	1,16	2,73	23,4	13,9	76,6
Л-3800	20,8	1,04	1,54	24,2	22,5	75,8
Л-3957	22,0	0,85	0,83	22,9	35,9	77,1
Л-3993	23,2	0,96	1,23	21,7	30,8	78,3
Средняя по опыту	21,5	-	-			

Примечание: Y_i – средняя урожайность по годам, b_i – коэффициент регрессии (пластичность), S^2_{di} – среднее квадратическое отклонение стабильность), V – коэффициент вариации, Ном – гомеостатичность, As – коэффициент агрономической стабильности

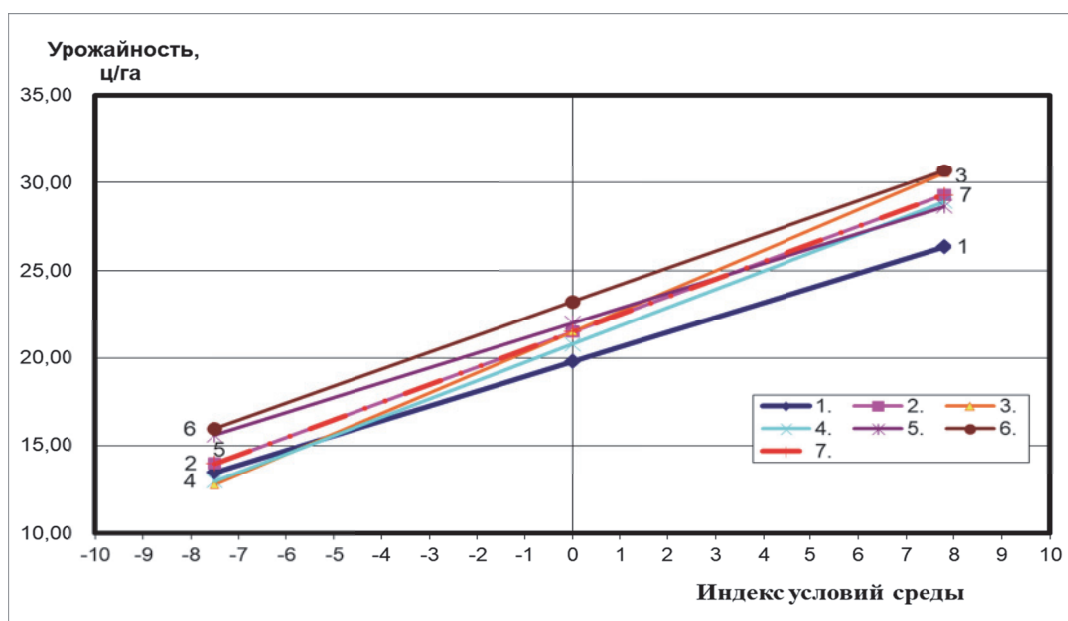


Рис. 2. Линии регрессии урожайности перспективных сортов проса на изменение условий выращивания (2014 – 2018) гг.:

1 – Саратовское 6; 2 – Константа; 3 – Л-55, 4 – Л-3800, 5 – Л-3957; 6 – Л-3993; 7 – средняя

ризуется слабой отзывчивостью на изменения условий выращивания и формирует урожайность ниже средней по опыту.

Чем меньше среднеквадратическое отклонение фактической урожайности от теоретически ожидаемой, тем стабильнее сорт. В изучаемом спектре сортов наиболее стабильными характеризовались Саратовское 6, Константа и Л-3957 с коэффициентом стабильности 0,73 – 0,83.

По результатам оценки урожайности сортов проса в среднем по годам она составила 21,5 ц/га и находилась в интервале 19,8 – 23,2 ц/га. Характер ее изменчивости принято выражать через коэффициент вариации (V), который по нашим расчетам колеблется в пределах 21,7 – 25,5%, что говорит об неоднородности совокупности данных.

Одним из важных показателей, характеризующих устойчивость растений к воздействию неблагоприятных факторов среды, является гомеостаз, являющийся универсальным свойством в системе взаимоотношения генотипа и внешней среды. Гомеостаз – не что иное, как способность генотипа сводить к минимуму последствия воздействия неблагоприятных внешних условий. Критерием гомеостатичности сортов можно считать их способность поддерживать низкую вариабельность признаков продуктивности. Таким образом, связь гомеостатичности (Ном) с коэффициентом вариации (V) характеризует устойчивость признака в изменяющихся условиях среды [7]. В связи с этим, наиболее оптимальное сочетание этих двух признаков отмечалось у перспективных сортов проса Константа (V = 23,4%, Ном = 37,2) и Л-3957 (V = 22,9%, Ном = 35,9). Следует отметить, что показатели высокой урожайности и гомеостатичности не всегда совпадают. Так, в нашем эксперименте самый высокоурожайный сорт проса Л-3993 (23,2 ц/га) по гомеостатичности (Ном = 30,8) оказался слабее низкоурожайного (19,8 ц/га) сорта-стандарта Саратовское 6 (Ном = 34,1).

Коэффициент агрономической стабильности (As) характеризует хозяйственную ценность сорта. Наиболее ценными для производства являются сорта, у которых коэффициент стабильности более 70%. В наших исследованиях все сорта обладают хозяйственной ценностью (As = 74,5 – 78,3%).

ВЫВОДЫ

Таким образом, на основании наших исследований следует сделать вывод, что оценка перспективным сортам проса посевного по параметрам экологической пластичности и стабильности проведена в полной мере. Сорт проса

Л-55 характеризуется высокопластичным сортом интенсивного типа. Сорта Л-3957 и Л-3993 – среднепластичные и полуинтенсивные; сорт-стандарт Саратовское 6 экстенсивного типа, слабо пластичен. Сорта Константа и Л-3800 хорошо адаптированы к разным условиям среды, т.е. наиболее пластичны.

По результатам дисперсионного анализа, существенный вклад в изменчивость признака вносит фактор «год». Создание стабильных, стрессоустойчивых сортов проса посевного снизит их зависимость от погодных факторов, что повлечет за собой повышение урожая и качества продукции.

Наиболее оптимальное сочетание гомеостатичности с коэффициентом вариации отмечалось у перспективных сортов проса Константа и Л-3957. Все сорта нашей селекции обладают высокой хозяйственной ценностью.

Сорт проса Константа, сочетающий в себе высокую продуктивность и экологическую стабильность, передан, а перспективный сорт Л-3993 рекомендуется к передаче в Государственное сортоиспытание в 2020 году.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жученко А.А. Фундаментальные и прикладные научные приоритеты адаптивной интенсификации растениеводства в XXI веке. Саратов. 2000. 275 с.
2. Драгавцева И.А., Драгавцев В.А. Взаимодействие «генотип-среда» как важнейший рычаг повышения продуктивности и урожая растений в процессе селекции // Научные труды ГНУ СКЗНИИСиВ. 2013. Т.1. С. 58-65.
3. Кадычегова В.И., Бородыня А.Н., Кадычegov А.Н. Сортовой потенциал проса в степной зоне Республики Хакасия // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2014. № 4(114). С. 18-22.
4. Никифорова И.Ю. Оценка адаптивного потенциала образцов проса посевного различных групп спелости по статистическим параметрам, рассчитанным по признаку «урожайность зерна» // Зерновые и крупяные культуры. 2015. № 1(13). С. 79-83.
5. Федин М.А. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М.: Министерство сельского хозяйства СССР, 1985. 263 с.
6. Eberchart S.A., Russel W.A. Stability parameters for comparing varieties // Crop Sci. 1966. Vol. 6. № 1. P. 36-40.
7. Хангильдин В.В., Бирюков С.В. Проблема гомеостаза в генетико-селекционных исследованиях // Генетико-цитологические аспекты в селекции сельскохозяйственных растений. 1984. № 1. С. 67-76.
8. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований. М.: Колос, 1979. 416 с.

**YIELD AND PARAMETERS ADAPTABILITY OF PROMISING VARIETIES OF MILLET
IN THE CONDITIONS OF FOREST-STEPPE OF THE SAMARA REGION**

© 2019 O.N. Antimonova, A.K. Antimonov, L.A. Kosykh, L.F. Syrkina

Volga Research Institute of Breeding and Seed Production named after P.N. Konstantinov
of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Kinel

The article presents the results of assessing the adaptive capacity and stability of promising varieties of millet in the nursery competitive test for 2014-2018 years. According to the results of the analysis of variance, a significant contribution to the variability of the feature makes the factor "year". The creation of stable, stress-resistant varieties of millet will reduce their dependence on weather factors, which will lead to an increase in yield and product quality. The best conditions for the growth and development of genotypes were formed with a positive sign of the environment index (in 2014 $I_j = 7.8$; 2015 $I_j = 6.7$), the worst – with a negative (2016, 2017, 2018 $I_j = -7.5$; -5.6 and -1.6 , respectively). Millet variety L-55 is characterized by a high-plastic variety of intensive type. Grades L-3957 and L-3993-medium-plastic and semi-intensive; grade-standard Saratovskoe 6 extensive type, weakly plastic. Varieties Constanta and L-3800 are well adapted to different environmental conditions, i.e. the most plastic. In the studied spectrum of varieties the most stable were characterized by Saratovskoe 6, Constanta and L-3957 with a stability coefficient of 0.73-0.83. The most optimal combination of homeostaticity with coefficient of variation was observed in promising varieties of millet Constanta ($V = 23.4\%$, $Hom = 37.2$) and L-3957 ($V = 22.9\%$, $Hom = 35.9$). All millet varieties of our selection have economic value (as = 74.5-78.3%). All millet varieties of our selection have managemental value (as = 74.5-78.3%). The variety of millet Constanta, which combines high productivity and environmental stability, has been transferred, and the promising variety L-3993 is recommended for transfer to the State variety testing in 2020.

Keywords: variety, millet, selection, yield, plasticity, adaptability, stability.

*Olga Antimonova, Candidate of Agricultural Sciences,
Senior Researcher at the Laboratory of Selection and
Seed Production of Cereals and Sorghum Crops.*

E-mail: antimonovaolga@list.ru

*Alexander Antimonov, Candidate of Agricultural
Sciences, Head of the Laboratory of Selection and Seed
Production of Cereals and Sorghum Crops. E-mail:
antimonov.63@mail.ru*

*Larisa Kosykh, Candidate of Agricultural Sciences,
Leading Researcher of the Laboratory of Selection and
Seed Production of Cereals and Sorghum Crops.*

E-mail: nti.gnu_pniiss@mail.ru

*Lyubov Syrkina, Candidate of Agricultural Sciences,
Leading Researcher of the Laboratory of Selection and
Seed Production of Cereals and Sorghum Crops.*

E-mail: nti.gnu_pniiss@mail.ru