

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ПЛАСТИЧНОСТИ И СТАБИЛЬНОСТИ СЕЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА СОИ В НЕОРОШАЕМЫХ УСЛОВИЯХ САМАРСКОГО ЗАВОЛЖЬЯ

КАЗАРИНА Александра Владимировна, Самарский федеральный исследовательский центр РАН, Поволжский научно-исследовательский институт селекции и семеноводства им. П.Н. Константинова

АТАКОВА Елена Александровна, Самарский федеральный исследовательский центр РАН, Поволжский научно-исследовательский институт селекции и семеноводства им. П.Н. Константинова

14

Изучение сортообразцов сои в селекционном питомнике по параметрам экологической пластичности и стабильности в неорошаемых условиях проводили в 2016–2019 гг. на базе Поволжского НИИСС – филиала СамНЦ РАН. В среднем за годы изучения по семенной продуктивности выделили образцы IHAR-NK 88/2, К-445/2 и к-177, которые превысили стандарт на 11,5–19,0 %. По результатам анализа селекционных образцов сои для дальнейшего изучения выделили генотипы, сочетающие высокую урожайность с пластичностью: кп 2009, IHAR-NK 88/2, Седмиция-09/4. Большой интерес представляют высокопродуктивные образцы, обладающие высокой и средней экологической стабильностью: 073-14, Южанка, к-177, к-145/2, Белоцветковая-4. Селекционные образцы Величава-09/16, М:С 54/145, Танаис, Варяг с потенциалом продуктивности в неорошаемых условиях выше 1,7 т/га и высокой чувствительностью к изменению средовых факторов целесообразно использовать в качестве исходных родительских форм в селекционных программах в условиях Самарского Заволжья.

АГРАРНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

12
2020

Введение. Соя относится к важным сельскохозяйственным культурам: во многих регионах планеты она является основным поставщиком растительного белка [8]. Ее уникальный химический состав позволяет использовать зерно и продукты ее переработки в производстве пищевой, кормовой, технической, медицинской, фармацевтической и косметической продукции [1, 14]. По статистическим данным ФАО посевные площади сои в последние годы превысили 120 млн га, валовой сбор – более 300 млн т [15].

В настоящее время Средневолжье становится заметным регионом по производству соевых бобов. Площади посева сои имеют тенденцию к существенному росту. В Самарской оласти под посевами сои в 2013 г. было занято 22,4 тыс. га, а в 2019 г. уже более 32 тыс. га [4].

С учётом разнообразия агрометеорологических условий Самарского Заволжья и доминирующее влияние их на уровень урожайности зерна сои (более 48,0 % изменчивости) главной задачей селекции этой культуры в регионе является создание сортов с высоким потенциалом продуктивности в сочетании с экологической устойчивостью к изменениям средовых факторов [6].

По мере повышения требований к новым сортам со стороны производства и усложнения селекционных задач возрастают и требования к степени изученности селекционного материала. В связи с этим расширение и углубление исследований, направленных на совершенствование методов поиска генотипов, противостоящих негативным факторам среды и максимально использующих благоприятные условия, представляет важную и актуальную задачу селекции [5, 7].

Целью исследований являлась оценка сортообразцов сои в селекционном питомнике по парамет-

рам экологической пластичности и стабильности в неорошаемых условиях Самарского Заволжья.

Методика исследований. Изучение сортообразцов сои в селекционном питомнике проводили в 2016–2019 гг. на базе Поволжского НИИСС – филиала СамНЦ РАН.

Объектами исследований служили 11 сортообразцов различного эколого-географического происхождения, а также селекционный материал, выделенный в Поволжском НИИСС. За стандарт был принят районированный сорт Южанка.

Почвенный покров района исследований представлен черноземом типичным с содержанием гумуса – 5–6 %. Содержание легкогидролизуемого азота – низкое и среднее, подвижного фосфора – среднее, обеспеченность калием – очень высокая.

Агротехника в опытах соответствовала рекомендованной технологии возделывания сои в условиях региона. Предшественник – яровые зерновые (ячмень, яровая пшеница). Площадь делянок 3 м², повторность трехкратная, размещение делянок реноминированное.

Метеорологические условия в годы проведения исследований значительно различались по температурному режиму и условиям увлажнения, что позволило объективно оценить особенности реакции изучаемых генотипов в различных условиях среды.

Из четырех лет испытания наиболее благоприятными для роста и развития растений сои был 2016 г., гидротермический коэффициент (ГТК) равнялся 0,99 (рис. 1). В 2018 – 2019 гг. метеорологические условия периода вегетации сои были удовлетворительными (ГТК = 0,46–0,56). Самые неблагоприятные погодные условия для сои сложились в 2017 г. Гидротермический коэффициент составил 1,35, что указывает на достаточное увлажнение в период вегетации, однако

условия тепло- и влагообеспеченности были крайне контрастными, варьирование ГТК по месяцам находилось в пределах 0,02–2,69, что отрицательно сказалось на уровне продуктивности сои.

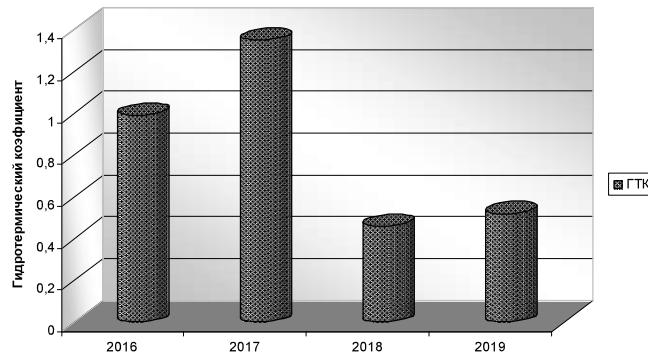


Рис. 1. Гидротермические условия вегетационного периода 2016–2019 гг.

Опыты закладывали с учетом методики полевого опыта Б.А. Доспехова, методики Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур, Международного классификатора СЭВ рода *CLYCINE L.* [2, 9, 10].

Параметры экологической пластичности оценивали по методике, предложенной S.A. Eberhart, W.A. Russel в изложении В.А. Зыкина [3]. Коэффициент регрессии (b_i) показывает отклик генотипа на улучшение условий выращивания, среднеквадратичное отклонение от линии регрессии дисперсии (S_i^2) характеризует стабильность сорта в различных условиях среды.

Дисперсионный анализ урожайности осуществляли по Б.А. Доспехову с использованием программы AGROS 2.13.

Результаты исследований. Для расчета коэффициентов регрессии определили индексы условий среды (I_j) за годы изучения. Благоприятные условия для роста и формирования максимального урожая зерна сои складывались в годы с положительным значением индексов (2016 г. $I_j = 35,41$; 2019 г. $I_j = 61,60$), худшие – с отрицательным (2017 г. $I_j = -71,88$; 2018 г. $I_j = -5,13$).

Степень взаимодействия «генотип–среда» для всех изучаемых сортообразцов сои устанавливали с

помощью двухфакторного дисперсионного анализа. Результаты свидетельствуют, что доминирующее влияние на формирование продуктивности оказывают условия среды (48,7 %). Вклад генотипа в изменчивость урожайности составил 13,1 %, взаимодействие факторов «генотип–среда» было довольно значительным – 35,7 %.

В благоприятные годы с положительным значением индекса среды 50,0–66,7 % селекционных образцов превышали стандартный сорт Южанка по продуктивности. В годы с отрицательным индексом среды урожайность изучаемых сортообразцов колебалась в диапазоне 51,4–211,5 г/м² и только 25,0–33,3 % образцов статистически доказуемо превысили стандарт по данному показателю (см. таблицу).

В среднем за 2016–2019 гг. по семенной продуктивности выделились образцы IHAR-NK 88/2, K-445/2 и к-177, которые превысили стандарт на 11,5–19,0 %.

Достоверность различий между сортообразцами сои в контрастных условиях выращивания позволила дать оценку их параметрам экологической пластичности и стабильности.

Основная особенность селекции на адаптивность – это контроль экологической пластичности и стабильности образцов и сортов на всех этапах селекционного процесса.

Коэффициент линейной регрессии, характеризующий параметр пластичности, в наших исследованиях варьировался от 0,23 до 1,60. Сортообразцы, коэффициент регрессии которых значительно превышает 1, характеризуются большей отзывчивостью на изменения условий среды. Они более требовательны к уровню агротехники и дают максимальную отдачу в благоприятных условиях. Это образцы интенсивного типа. В наших опытах таких образцов было 30,8 %.

К высокопластичным генотипам, у которых коэффициент регрессии был равен или близок к единице, было отнесено 30,7 %. Урожайность этих селекционных номеров соответствовала изменениям условий среды.

К нейтральному типу (с низкими показателями экологической пластичности) отнесено 38,5 % изучаемых сортообразцов.

Урожайность, параметры экологической пластичности и стабильности сортообразцов сои

Сортообразец	Урожайность, г/м ²				Среднее	Пластичность, b_i	Стабильность, S_i^2
	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.			
Южанка St	217,3	143,2	202,7	247,4	202,7	0,62	2,41
073-14	170,0	185,2	164,5	146,9	166,7	0,23	0,21
M:S 54/145	304,9	99,1	135,2	202,9	185,5	0,98	57,21
Кп 2009	262,1	106,4	147,6	307,1	205,8	1,39	2,70
Седмиция-09/4	250,4	67,2	116,0	297,3	182,7	1,60	3,93
Величава-09/16	407,1	132,7	121,6	79,2	185,2	0,90	215,03
Танаис	143,5	84,2	211,5	311,3	187,6	1,12	57,24
K-177	280,2	189,7	207,7	287,4	241,3	0,71	16,37
K-445/2	197,0	177,6	204,3	333,0	228,0	0,85	26,77
UM-7	87,3	52,8	124,2	233,3	124,4	0,92	33,70
Белоцветковая-4	150,0	172,8	165,3	321,9	202,5	0,79	54,52
Варяг	194,3	51,4	167,7	291,6	176,3	1,41	10,59
IHAR-NK 88/2	291,9	99,5	190,7	322,4	226,1	1,49	3,60
HCP ₀₅	4,99	6,59	5,58	8,26			
Среднее	227,4	120,1	166,9	253,6			
I _j	35,41	-71,88	-25,13	61,60			



Отклонение фактических урожаев от теоретических, рассчитанных на основе средней урожайности и индекса среды, показывает мера стабильности образца – S_i^2 [11]. О большей стабильности образца говорит уменьшение вариансы стабильности признака, что является не признаком его интенсивности, а фактором лучшей приспособленности генотипа к ухудшению условий выращивания. Следует отметить, что рост пластичности образца может способствовать снижению его стабильности [12, 13].

Высокой стабильностью урожаев в наших опытах отличались образцы IHAR-NK 88/2, кп 2009, Южанка и 073-14 (0,21–3,93).

Самым высоким значением S_i^2 (215,03) характеризовался селекционный образец Величава-09/16, что показывает слабую отзывчивость сорта на изменения условий среды.

Проведенный сравнительный анализ экологической пластичности и стабильности позволил распределить изучаемые генотипы на 4 группы по реакции на изменение факторов внешней среды. В первую группу вошли 3 образца интенсивного типа с высокой стабильностью урожаев по годам: кп 2009, Седмиция-09/4, IHAR-NK 88/2, коэффициент регрессии которых значительно превышал единицу, а варианса стабильности была наименьшей.

Во вторую группу вошли высокопластичные сортобразцы, обладающие низкой стабильностью показателей продуктивности по годам – Величава-09/16, M:S 54/145, Танаис, UM-7, Варяг. Они отзывчивы на улучшение условий выращивания, однако под воздействием стрессовых факторов значительно снижают урожайность.

Третья группа характеризуется низкой экологической пластичностью и высокой стабильностью – Южанка, 073-14. Такие сорта оптимально высевать на экстенсивном фоне, где они дадут максимум отдачи при минимуме затрат.

Четвертая группа состоит из экстенсивных среднестабильных образцов – к-177, к-445/2 и Белоцветковая 4. В экстремальных климатических условиях данные образцы имеют большую устойчивость к неблагоприятным факторам, что позволяет им формировать довольно высокую продуктивность.

Наглядную демонстрацию реакции изучаемых генотипов на неорошаемые условия Самарского Заволжья дают линии регрессии урожайности на варьирование климатических условий среды (рис. 2).

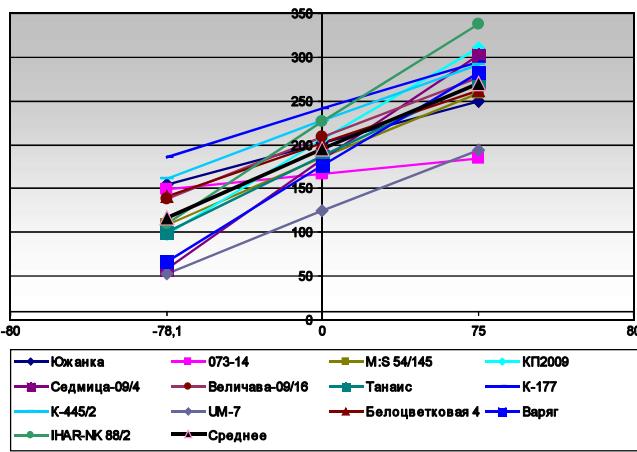


Рис. 2. Линии регрессии урожайности селекционных сортобразцов сои

Линии регрессии сортобразцов UM-7, M:S 54/145, Танаис, Седмиция-09/4, Варяг, 073-14 располагаются ниже средней по опыту, так как их средняя урожайность за годы изучения была ниже средней по опыту.

Линии регрессии урожайности образцов к-177, к-445/2, IHAR-NK 88/2, Величава-09/16, кп 2009, Белоцветковая 4 и Южанка пересекают ординату выше точки средней по опыту, так как уровень продуктивности данных образцов за годы испытания был выше средней.

Величина наклона линии регрессии говорит о поведении селекционных образцов относительно друг друга и в сравнении со средней реакцией сортов на изменения условий выращивания [3].

Линии регрессии образцов Величава-09/16, к-177, к-445/2 идут параллельно средней по опыту (x), это указывает на то, что данные генотипы изменяют семенную продуктивность с изменением условий среды так же как и в среднем вся совокупность изучаемых сортобразцов.

Самой низкой отзывчивостью на варьирование условий выращивания обладает образец 073-14.

Наименьшей продуктивностью характеризовался образец UM-7.

В благоприятных условиях среды линии регрессии сортобразцов Белоцветковая 4, Танаис, Величава-09/16, Варяг, к-445/2, к-177, Седмиция-09/4, кп 2009, IHAR-NK 88/2 располагаются значительно выше средней по опыту. В условиях жестких климатических условий при проявлении различных стрессовых факторов линии регрессии только 6 образцов не снижают продуктивность по сравнению со средней: Величава-09/16, Белоцветковая-4, 073-14, Южанка, к-445/2, к-177.

Из изучаемой совокупности селекционных образцов можно выделить лучшие. Образец интенсивного типа (крутая линия регрессии) IHAR-NK 88/2 в оптимальных условиях формирует высокую урожайность зерна, в неблагоприятных условиях его продуктивность снижается до уровня средней по опыту. В стрессовых условиях ($I_j = -78,1$) линия регрессии урожайности образца к-177 располагается выше других в наборе сортобразцов, он же отличался наибольшей средней урожайностью.

Заключение. По результатам дисперсионного анализа установлено, что существенный вклад в формирование урожайности сои в неорошаемых условиях региона вносит фактор «среда» (48,7 %) и взаимодействие факторов «генотип–среда» (35,7 %).

По результатам изучения селекционных образцов сои в неорошаемых условиях Самарского Заволжья для дальнейшего изучения выделены генотипы, сочетающие высокую урожайность с пластичностью: кп 2009, IHAR-NK 88/2, Седмиция-09/4. Большой интерес представляют высокопродуктивные образцы, обладающие высокой и средней экологической стабильностью: 073-14, Южанка, к-177, к-445/2, Белоцветковая-4.

Селекционные образцы Величава-09/16, M:S 54/145, Танаис, Варяг с потенциальной продуктивностью в неорошаемых условиях свыше 1,7 т/га и высокой чувствительностью к изменениям средовых



факторов целесообразно использовать в качестве исходных родительских форм в селекционных программах в условиях Самарского Заволжья.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ашиев А.Р., Хабибуллин К.Н., Скулова М.В., Чегунова А.В. Оценка урожайности перспективных линий сои селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской» // Зерновое хозяйство России. – 2017. – № 6 (54). – С. 27–29.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Колос, 1985. – 351 с.
3. Зыкин В.А., Белан И.А., Юсов В.С., Корнева С.П. Методика расчета параметров экологической пластичности сельскохозяйственных растений по дисциплине «Экологическая генетика». – Омск, 2008. – 36 с.
4. Казарина А.В., Казарин В.Ф., Атакова Е.А. Оценка урожайности и параметров адаптивности новых сортов сои в неорошаемых условиях лесостепи Самарского Заволжья // Успехи современного естествознания. – 2018. – №12. – С. 57–62.
5. Казарина А.В., Атакова Е.А., Абраменко И.С. Изучение исходного материала для селекции сои в условиях лесостепи Самарского Заволжья // Известия Самарского научного центра Российской Академии наук. – 2019. – Т. 21. – № 6. – С. 43–47.
6. Катюк А.И., Зубков В.В. Оценка адаптивности сортов сои разных агроэкотипов // Известия Самарского научного центра Российской Академии наук. – 2014. – Т. 16. – № 5 (3). – С. 1140–1142.
7. Курьянов А.И. Создание и оценка исходного материала сои для селекции в условиях лесостепи ЦЧР // Вклад молодых ученых в развитие аграрной науки в начале XXI века. Ч.2. – Воронеж: ВГАУ, 2003. – С. 53–54.
8. Лобачев Ю.В., Красильников В.Т. Изменчивость и взаимосвязь хозяйственно-полезных показателей сои под влиянием гербицидов // Аграрный научный журнал. – 2020. – № 5. – С. 19–23.
9. Международный классификатор СЭВ рода *Clyci-*не L. / Л.Г. Щелко [и др.]. – Л.: ВИР, 1990. – 49 с.
10. Методика государственного сортоспытования сельскохозяйственных культур. – М., 1989. – 194 с.
11. Пакудин В.З., Лопатина Л.М. Оценка экологической пластичности и стабильности сортов сельскохозяйственных культур // Сельскохозяйственная биология. – 1984. – №4. – С. 109–113.
12. Пономарева С.В. Оценка урожайности, экологической пластичности и стабильности сортообразцов гороха в условиях Нижегородской области // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2018. – № 12. – С. 293–297.
13. Пономарева С.В. Экологическая пластичность и стабильность по урожайности семян и зеленой массы гороха полевого в условиях Волго-Вятского региона // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2019. – № 30. – С. 43–48.
14. Соя в России / В.А. Федотов [и др.]. – М.: Агролига России, 2013. – 432 с.
15. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Statistics division, 2020. – URL: faostat3.fao.org/download/q/qc (дата обращения: 09.09.2020).

Казарина Александра Владимировна, канд. с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, Самарский федеральный исследовательский центр РАН, Поволжский научно-исследовательский институт селекции и семеноводства им. П.Н. Константина. Россия.

Атакова Елена Александровна, младший научный сотрудник Самарский федеральный исследовательский центр РАН, Поволжский научно-исследовательский институт селекции и семеноводства им. П.Н. Константина. Россия.

446442, Россия, Самарская обл., п. Усть-Кинельский, ул. Шоссейная, 76.

Тел.: (84663) 46243; e-mail: Kazarinaav@bk.ru.

Ключевые слова: соя; селекционный материал; урожайность; стабильность; экологическая пластичность.

ASSESSMENT OF ECOLOGICAL PLASTICITY AND STABILITY OF SOYBEAN BREEDING MATERIAL UNDER IRRIGATED CONDITIONS OF SAMARA ZAVOLZHYE

Kazarina Alexandra Vladimirovna, Candidate of Agricultural sciences, Leading Researcher, Samara Federal Research Scientific Center RAS, Volga Scientific Research Institute of Selection and Seed-Growing named after P.N. Konstantinov. Russia.

Atakova Elena Alexandrovna, Junior Researcher, Samara Federal Research Center of the Samara Federal Research Scientific Center RAS, Volga Scientific Research Institute of Selection and Seed-Growing named after P.N. Konstantinov. Russia.

Keywords: soybeans; breeding material; productivity; stability; ecological plasticity.

The study of soybean varieties in the breeding nursery for the parameters of ecological plasticity and stability in non-irrigated conditions was carried out in 2016 - 2019 on the basis of the Volga NIISS - a branch of the SamSC RAS. On average, over the years of study by seed productivity, samples IHAR-NK 88/2, K-445/2 and k-177 were allocated, exceeding the standard by 11,5-19,0%. Based on the results of the study of breeding samples of soybeans, for further study, genotypes were identified that combine high yield with plasticity: kp 2009, IHAR-NK 88/2, Sedmitsiya-09/4. Of great interest are highly productive specimens with high and medium ecological stability: 073-14, Yuzhanka, k-177, k-145/2, Belotsvetkovaya-4. Breeding accessions Velichava-09/16, M:S 54/145, Tanaïs, Varyag with productivity potential in non-irrigated conditions above 1,7 t / ha and high sensitivity to changes in environmental factors, conditions of the Samara Trans-Volga region.

