

УДК 631.524.84:633.34(470.43)

ОЦЕНКА УРОЖАЙНОСТИ И ПАРАМЕТРОВ АДАПТИВНОСТИ НОВЫХ СОРТОВ СОИ В НЕОРОШАЕМЫХ УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПИ САМАРСКОГО ЗАВОЛЖЬЯ

Казарина А.В., Казарин В.Ф., Атакова Е.А.

ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт селекции и семеноводства
им. П.Н. Константинова», Усть-Кинельский, e-mail: kazarinvf@mail.ru, kazarinaav@bk.ru

Актуальным направлением в селекции сои становится создание адаптированных сортов, сочетающих скороспелость, высокую урожайность, технологичность и экологическую пластичность с устойчивостью к абиотическим и биотическим стрессорам. Для создания таких сортов необходим принципиально новый исходный материал. Поэтому выявление параметров адаптивности и пластичности исходного материала является основным условием эффективного отбора на устойчивость к стрессовым условиям среды. В 2014–2016 гг. в Поволжском НИИСС проведена оценка перспективных линий и сортов сои питомника конкурсного сортоиспытания по урожайности зерна. Цель исследований – изучение параметров урожайности, стабильности и адаптивности новых сортов сои, созданных для неорошаемых условий Самарского Заволжья. Годы исследований значительно различались по гидротермическим условиям в период вегетации культуры, что позволило оценить сорта по параметрам адаптивности. Объектом изучения были 4 сорта: сорт Южанка и перспективные линии С-411, К-613 (селекции ФГБНУ «Поволжский НИИСС»), за стандарт принят сорт СибНИИК-315. Вариабельность периода всходы – созревание была незначительной ($V = 5,9–8,8\%$), что говорит о слабом влиянии условий среды на общую продолжительность вегетации и характеризует изучаемые сорта как слабо реагирующие на продолжительность светового дня. В наших опытах самую высокую устойчивость к стрессу показали перспективная линия С-411 и СибНИИК-315, эти сорта обеспечили наименьшее снижение урожайности в неблагоприятных условиях 2015 г. (16,2 и 25,3% соответственно). Высокие значения показателей генетической гибкости отмечены у сорта Южанка (1,85) и линии К-613 (1,72). Наибольшую устойчивость к воздействию неблагоприятных факторов среды в неорошаемых условиях Самарского Заволжья проявила линия С-411 ($V = 9,32$, $H_{om} = 59,65$). По селекционной ценности представляет интерес сорт Южанка и линия С-411.

Ключевые слова: соя, исходный материал, параметры адаптивности, продуктивность, селекционная ценность, скороспелость

EVALUATION OF PRODUCTIVITY AND ADAPTABILITY PARAMETERS OF NEW SOYBEAN VARIETIES IN RAINFED CONDITIONS OF THE SAMARA TRANS-VOLGA REGION FOREST-STEPPE

Kazarina A.V., Kazarin V.F., Atakova E.A.

Federal State Scientific Institution «Volga Research Institute of breeding and seed production
named after P.N. Konstantinov», Samara Region, Ust-Kinelsky, e-mail: kazarinaav@bk.ru

The creation of adapted varieties combining precocity, high yield, adaptability and ecological plasticity with resistance to abiotic and biotic stressors becomes an actual direction in soybean breeding. To create such varieties requires a fundamentally new source material. Therefore, the identification of the parameters of adaptability and plasticity of the starting material is the main condition for effective selection for resistance to stress conditions of the environment. In 2014–2016 in Volga Research Institute of breeding and seed production the evaluation of promising lines and varieties of soybean nursery of competitive variety trials for grain yield. The aim of the research is to study the parameters of yield, stability and adaptability of new soybean varieties created for rainfed conditions of the Samara Trans-Volga region. Years of research differed significantly in hydrothermal conditions during the growing season of the crop, which allowed to evaluate the varieties on the parameters of adaptability. The objects of the study were 4 varieties: variety Yuzhanka and promising lines C-411, K-613 (bred by Volga Research Institute of breeding and seed production). The variety SibNIK-315 was an adopted standard. The variability of germination-maturation period was insignificant ($V = 5,9–8,8\%$), which indicates a weak influence of environmental conditions on the total duration of vegetation and characterizes the studied varieties as weakly reacting to the duration of daylight. In our experiments, the highest resistance to stress showed promising line C-411 and SibNIK-315, these varieties have provided the lowest yield reduction in adverse conditions in 2015 (16.2 and 25.3%, respectively). High values of genetic flexibility indices were observed in Yuzhanka variety (1.85) and K-613 line (1.72). The line C-411 ($V = 9,32$, $H_{om} = 59,65$) showed the greatest resistance to adverse environmental factors in rainless conditions of the Samara Trans-Volga region. According to the breeding values grade Yuzhanka and line C-411 are of great interest.

Keywords: soybean, source material, parameters of adaptability, productivity, breeding value, precocity

Последние годы Средневолжье становится заметным регионом по производству соевых бобов. Площади посева сои имеют тенденции к существенному росту [1]. Однако соя как объект селекции в условиях Поволжья представляет собой недостаточ-

но изученную и слабо освоенную в методическом отношении культуру, а созданные в регионе и рекомендованные к возделыванию сорта предназначены в основном для орошаемых условий. В связи с тем, что большая часть посевов сои размещается

в неорошаемых условиях, весьма актуальным направлением в селекции этой культуры становится создание адаптированных сортов, сочетающих скороспелость, высокую урожайность, технологичность и экологическую пластичность с устойчивостью к абиотическим и биотическим стрессорам [1–3].

В этой связи в адаптивных селекционных программах необходимо уделять особое внимание не только росту потенциальной продуктивности культивируемых растений, но и их способности противостоять действию абиотических и биотических стрессоров. При этом повышение экологической толерантности рассматривается в качестве важнейшего условия реализации потенциальной продуктивности в неблагоприятных почвенно-климатических и погодных условиях [4, 5].

Таким образом, выявление параметров адаптивности и пластичности исходного материала является основным условием эффективного отбора на устойчивость к стрессовым условиям среды.

Цель исследования: изучение параметров урожайности, стабильности и адаптивности новых сортов сои, созданных для неорошаемых условий Самарского Заволжья.

Материалы и методы исследования

Исследования проводились на базе ФГБНУ «Поволжский НИИСС» в течение 2014–2016 гг.

Оценивая агроклиматические условия лесостепи Самарского Заволжья, можно отметить, что основным фактором, лимитирующим урожайность сои, является влагообеспеченность в период вегетации. Среднегодовое количество осадков в зоне проведения исследований составляет 410 мм, за вегетационный период 234 мм, что позволяет многим сортам, рекомендованным для данного региона, формировать экономически значимый урожай семян без орошения.

Почва опытного участка представлена черноземом типичным малогумусным среднесильным легкосуглинистым. Агрохимические показатели пахотного слоя почвы были следующими: содержание подвижного фосфора среднее, обменного калия – очень высокое, легкогидролизуемого азота – от среднего до повышенного, pH солевой вытяжки – 5,2–5,3.

Объектом изучения были: сорт Южанка, включен в Государственный реестр селекционных достижений в 2018 г., и пер-

спективные линии С-411, К-613 (селекции ФГБНУ «Поволжский НИИСС»).

Наиболее важным из всего комплекса селекционно ценных признаков сои в неорошаемых условиях, наряду с продуктивностью, является продолжительность вегетационного периода. Среди сортов, рекомендованных для возделывания в Средневолжском регионе, СибНИИК-315 (Сибирский НИИ кормов) является самым скороспелым, в связи с этим данный сорт был принят за стандарт в наших исследованиях.

Агротехника в опытах общепринятая для сои в регионе. Предшественник – озимая пшеница. Посев проводили в середине второй декады мая, селекционной сеялкой СН-10Ц широкорядным способом, с междурядьями 45 см, норма высева семян 500 тыс. шт. на гектар, площадь делянок – 25 м², повторность четырехкратная. Все сорта изучались на естественном фоне без внесения удобрений.

Экспериментальная работа проводилась с учетом методики Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур, Международного классификатора СЭВ рода *CLYSINE L.*, а также методических разработок ФГБНУ «Поволжский НИИСС». Адаптивность сортов оценивали по апробированным методикам [6–8].

Метеорологические условия за годы исследований отличались большим диапазоном варьирования, что позволило всесторонне оценить особенности реакции изучаемых сортов сои в различных условиях среды.

В 2014 г. погодные условия на протяжении всего вегетационного периода сои сложились достаточно жесткими (ГТК = 0,35) (табл. 1).

В мае месяце наблюдалась очень теплая, с дефицитом осадков погода. Запасы осенне-зимней продуктивной влаги в почве быстро терялись и к моменту посева сои были весьма недостаточными, ГТК в мае составил 0,36. Отсутствие осадков в первой декаде июля на фоне повышенных среднесуточных температур, отрицательно влияли на рост и развитие сои, осадки второй и третьей декады, близкие к среднегодовым значениям несколько выправили положение. Июль характеризовался дефицитом осадков и повышенными среднесуточными температурами (ГТК = 0,09). Август так же был сухим и жарким (ГТК = 0,36), только во второй декаде месяца выпало незначительное количество осадков, которые оказались неэффективными для растений сои. Сентябрь был сухим и теплым (ГТК = 0,07).

В мае месяце 2015 г. количество осадков и среднесуточные температуры воздуха были близки к среднесуточным значениям (ГТК = 0,75). Таким образом, создались благоприятные условия для получения дружных всходов сои. В июне месяце на фоне повышенных температур воздуха (до 36,5 °С) наблюдался резкий дефицит осадков до 54,1 мм (ГТК = 0,01). При таких экстремально сложившихся условиях даже весенняя влагозарядка не спасла растения сои от частичной гибели. В июле среднесуточные значения температуры воздуха были ниже среднесуточных на 1,6 °С, а количество осадков превышало норму в 1,6 раз (ГТК = 1,30). В августе продолжался недостаток положительных температур и осадков (ГТК = 0,36). Сентябрь был жарким и сухим, осадков выпало на 35,8 мм меньше нормы (ГТК = 0,20).

Погодные условия в 2016 г. на протяжении всего вегетационного периода сои складывались достаточно благоприятно (ГТК = 0,99). В мае количество осадков выпало в пределах нормы, превышение среднесуточных температур над среднесуточными составляла 1,4 °С (ГТК = 0,56). Таким образом, создались благоприятные условия для полевой всхожести семян сои. В июне месяце дефицит осадков составил 42,2 мм на фоне высоких среднесуточных температур (ГТК = 0,21). Сложившиеся экстремальные условия для всех сельскохозяйственных культур, однако значительных

признаков угнетения растений сои не наблюдалось. Июль месяц характеризовался среднесуточными температурами, близкими к норме, и достаточным режимом увлажнения (ГТК = 0,78), что положительно сказалось на формировании генеративных органов растений сои. В августе наблюдалось нарастание положительных активных температур, с максимумом до 35,0–37,5 °С в сочетании с недобором осадков в 40,3 мм (ГТК = 0,04). Сентябрь характеризовался как очень влажный и холодный (ГТК = 3,38).

Результаты исследования и их обсуждение

Продолжительность вегетационного периода и его составляющих (вегетативной и генеративной фаз) – важнейшая особенность сорта, которую необходимо учитывать при решении о перспективах выращивания в конкретной зоне. Для лесостепи Самарского Заволжья одним из главных критериев при селекции новых сортов сои является скороспелость. Она заключается в быстром формировании вегетативных и генеративных органов, дружным созреванием, достижением биологической спелости до наступления ненастной погоды [9, 10].

В соответствии с классификацией сортов сои по продолжительности периода всходы – цветение к группе очень ранозцветающих (30–35 суток) отнесены сорта СибНИИК-315 и Южанка, к ранозцветающим линии С-411 и К-613 (табл. 2).

Таблица 1

Гидротермический коэффициент (ГТК) (по данным Усть-Кинельской метеорологической станции)

Год	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	ГТК (средняя за вегетацию)
2014	0,36	0,78	0,09	0,36	0,07	0,35
2015	0,75	0,01	1,30	0,36	0,20	0,52
2016	0,56	0,21	0,78	0,04	3,38	0,99

Таблица 2

Характеристика вегетационного периода сортов сои, 2014–2016 гг.

Сорт, линия	Всходы – цветение		Цветение – созревание		Всходы – созревание	
	$X \pm t_{05} * Sx_{cp}$	V, %	$X \pm t_{05} * Sx_{cp}$	V, %	$X \pm t_{05} * Sx_{cp}$	V, %
СибНИИК-315	27,6 ± 8,0	23,3	55,4 ± 13,0	18,9	83,0 ± 9,0	8,8
Южанка	31,4 ± 9,6	24,5	62,2 ± 16,3	21,2	93,6 ± 7,3	6,3
С-411	36,2 ± 10,3	22,9	64,0 ± 15,0	18,8	100,2 ± 7,3	5,9
К-613	36,0 ± 10,3	23,0	64,4 ± 15,5	19,4	100,4 ± 8,5	6,9

Примечание: x – среднее значение признака; Sx_{cp} – ошибка выборочной средней; t_{05} – критерий Стьюдента на 5% уровне значимости; V – коэффициент вариации признака.

Фаза цветения у изучаемых сортов наступала на 28–36 суток. У линий С-411 и К-613 период всходы – цветение (вегетативная фаза) был длиннее на 4–5 суток (в зависимости от складывающихся гидро-термических условий). Все изучаемые сорта имели значительную изменчивость по этому признаку ($V = 22,5–24,5\%$).

Продолжительность периода цветения – созревание (генеративная фаза) варьировалась в пределах 55–64 суток. Длительность данного периода у сорта Южанка, С-411 и К-613 была на 7–9 суток больше стандарта. Значительное влияние на продолжительность периода цветения – созревание оказывал режим увлажнения.

Избыток осадков в 2015 г. существенно увеличивал генеративную фазу развития у всех изучаемых сортов, а сухая, жаркая погода в 2014 г. способствовала сокращению этого периода. Вариабельность периода цветения – созревание была средней у сортов СибНИИК-315, С-411, К-613 ($V = 18,8–19,4\%$) и значительной у сорта Южанка ($V = 21,2\%$).

Общая продолжительность вегетационного периода (всходы – созревание) в среднем от 83 до 100 суток. В группу очень скороспелых (80–90 суток) входил сорт СибНИИК-315, остальные изучаемые образцы оказались среднеспелыми (91–110 суток).

Вариабельность периода всходы – созревание была незначительной ($V = 5,9–8,8\%$), что говорит о слабом влиянии условий среды на общую продолжительность вегетации и характеризует изучаемые со-

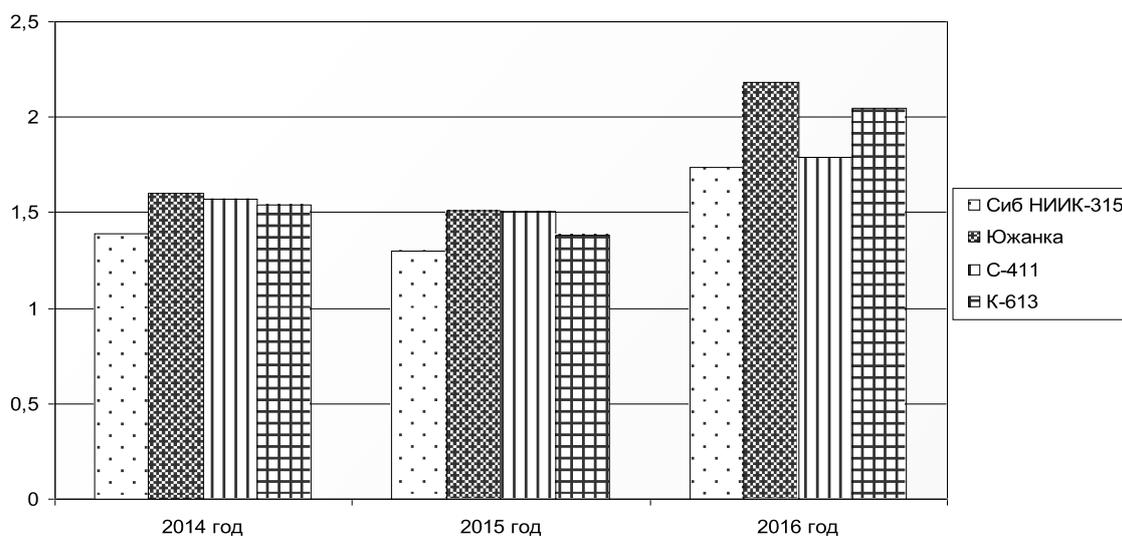
рта как слабо реагирующие на продолжительность светового дня. Что, несомненно, следует считать положительным фактом, особенно для сортов, предназначенных для неорошаемых условий лесостепи Самарского Заволжья.

Урожайность стандарта СибНИИК-315 в конкурсном сортоиспытании в среднем за 2014–2016 гг. составила 1,48 т/га (рисунок). Для анализа показателей адаптивности были взяты сорта, достоверно превысившие стандарт по продуктивности. Их превышение над стандартом составило от 0,14 до 0,28 т/га. Наибольшую урожайность обеспечил сорт Южанка.

Расчет индекса среды позволил разделить годы исследований на благоприятные и неблагоприятные для выращивания сои. Лучшие условия для роста и развития сложились в 2016 г., индекс среды составил +0,31, менее благоприятным был 2014 г. (индекс среды –0,10), самый неблагоприятным – 2015 г. (индекс среды –0,21).

Результаты двухфакторного дисперсионного анализа подтвердили существенное влияние условий года и взаимодействия «генотип – среда» на продуктивность изучаемых сортов. Вклад генотипа в проявление значения признака составил 15,4%, среды – 73,9% и их взаимодействия – 7,6%.

Анализ полученных данных свидетельствует о том, что в неорошаемых условиях лесостепи Самарского Заволжья показатели экологической адаптивности сортов имеют особенно большое значение.



Урожайность изучаемых сортов и перспективных линий сои, т/га

Таблица 3

Оценка сортов и перспективных линий сои по параметрам адаптивности, 2014–2016 гг.

Сорт, линия	Стрессо-устойчивость, $x_{lim} - x_{opt}$	Генетическая гибкость, $(x_{opt} + x_{lim})/2$	Коэффициент вариации, V, %	Гомеостатичность, H_{om}	Селекционная ценность, S_c
СибНИИК 315	-0,44	1,52	15,78	21,18	1,10
Южанка	-0,67	1,85	20,65	12,74	1,22
С-411	-0,29	1,65	9,32	59,65	1,36
К-613	-0,67	1,72	22,62	10,72	1,10

Одним из параметров, характеризующих адаптивный потенциал сортов в контрастных погодных условиях Средневолжского региона, является стрессоустойчивость, которая определяется разностью между минимальной и максимальной урожайностью. Чем меньше величина этого показателя, тем выше приспособительная способность сорта к неблагоприятным факторам среды.

В наших опытах самую высокую устойчивость к стрессу показали перспективная линия С-411 и СибНИИК-315, эти сорта обеспечили наименьшее снижение урожайности в неблагоприятных условиях 2015 г. (16,2 и 25,3% соответственно). Более слабая стрессоустойчивость отмечена у сорта Южанка и К-613 (-0,67) (табл. 3).

Показатель генетическая гибкость отражает степень соответствия между генотипом и различными факторами среды. Анализируя полученные данные, установлено, что все изучаемые сорта имели достаточно высокие показатели этого параметра и превышали стандарт.

Наибольшую среднюю урожайность в благоприятных и неблагоприятных условиях обеспечили Южанка (1,85 т/га) и линия К-613 (1,72 т/га), что указывает на высокую компенсаторную способность этих сортов.

Одним из важных показателей, характеризующим устойчивость сортов к воздействию неблагоприятных факторов среды, является гомеостатичность. Гомеостаз – это способность генотипа сводить к минимуму последствия влияния неблагоприятных условий среды. Критерием гомеостатичности сортов можно считать их способность поддерживать низкую вариабельность признаков продуктивности [8].

Связь гомеостатичности (H_{om}) с коэффициентом вариации (V) характеризует устойчивость признака в изменяющихся условиях среды.

За период исследований наибольшую стабильность в неорошаемых условиях Са-

марского Заволжья проявила линия С-411 ($V = 9,32$, $H_{om} = 59,65$).

Наибольшая вариабельность и низкая гомеостатичность отмечена у линии К-613 ($V = 22,62$, $H_{om} = 10,72$), что характеризует эту линию как менее стабильную в условиях региона.

По показателю селекционной ценности выделились сорт Южанка и линия С-411.

Заключение

Таким образом, выделенные в Поволжском НИИСС генотипы сои следует считать источниками скороспелости и слабой фотопериодической чувствительности.

Изучаемые сорта и линии представляют интерес по потенциалу продуктивности (К-613) и комплексу параметров, характеризующих адаптивность и урожайность (Южанка, С-411), и перспективны для включения в селекционные программы по созданию сортов сои, адаптированных к неорошаемым условиям лесостепи Самарского Заволжья.

Список литературы / References

1. Казарин В.Ф., Казарина А.В. Оценка скороспелых сортов сои в лесостепи Среднего Поволжья // Успехи современной науки и образования. 2016. Т. 9. № 12. С. 119–123.
Kazarin V.F., Kazarina A.V. Evaluation of early-ripening soybean varieties in the forest-steppe of the Middle Volga region // Successes of modern science and education. 2016. V. 9. № 12. P. 119–123 (in Russian).
2. Сеферова И.В., Вишнякова М.А. Генофонд сои из коллекции ВИР для продвижения агрономического ареала культуры к северу // Зернобобовые и крупяные культуры. 2018. № 3 (27). С. 41–47. DOI: 10/24411/2309-348X-2018-1030.
Seferova I.V., Vishnyakova M.A. The gene pool of soybeans from the collection of VIR for the promotion of agronomy of the area culture to the North // Legumes and cereals. 2018. № 3 (27). P.41–47 (in Russian).
3. Катюк А.И., Булатова К.В. Корреляционная зависимость признаков семенной продуктивности у коллекционных образцов сои в условиях лесостепи Среднего Поволжья // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2018. Т. 20. № 2 (3). С. 609–613.
Katyuk A.I., Bulatova K.V. Correlation dependence of the characteristics of seed productivity in soybean collection samples in the forest-steppe of the Middle Volga region // Proceedings of the Samara scientific center of the Russian Academy of Sciences. 2018. T. 20. № 2 (3). P. 609–613 (in Russian).

4. Жученко А.А. Мобилизация генетических ресурсов цветковых растений на основе их идентификации и систематизации. М.: ФГУП «Типография» Россельхозакадемии, 2012. 583 с.

Zhuchenko A.A. Mobilization of genetic resources of flowering plants on the basis of their identification and systematization. M.: FGUP «Tipografiya» Rossel'hozakademii, 2012. 583 p. (in Russian).

5. Вишнякова М.А., Сеферова И.В., Самсонова М.Г. Требования к исходному материалу для селекции сои в контексте современных биотехнологий // Сельскохозяйственная биология. 2017. Т. 52. № 5. С. 905–916. DOI: 10.15389/agrobiol.2017.5.905 rus.

Vishnyakova M.A., Seferova I.V., Samsonova M.G. Requirements for raw material for soybean breeding in the context of modern biotechnology // Agricultural biology. 2017. T. 52. № 5. P. 905–916 (in Russian).

6. Кильчевский А.В., Хотылева Л.В. Метод оценки адаптивной способности и стабильности генотипов, дифференцирующей способности среды // Генетика. 1985. Т. 21. № 9. С. 1481–1497.

Kilchevskiy A.V., Hotyleva L.V. Method of assessment of adaptive capacity and stability of genotypes, differentiating ability of environment // Genetics. 1985. T. 21. № 9. P. 1481–1497 (in Russian).

7. Пакудин В.З. Параметры оценки экологической пластичности сортов и гибридов. Теория отбора в популяциях растений. Новосибирск: Наука, 1976. 189 с.

Pakudin V.Z. Parameters of evaluation of ecological plasticity of varieties and hybrids. Selection theory in plant populations. Novosibirsk: Nauka, 1976. 189 p. (in Russian).

8. Хангильдин В.В., Бирюков С.В. Проблема гомеостаза в генетико-селекционных исследованиях // Генетико-цитологические аспекты в селекции сельскохозяйственных растений. 1984. № 1. С. 67–76.

Hangildin V.V., Biryukov S.B. The problem of homeostasis in genetic and breeding research // Genetic and cytological aspects in the selection of agricultural plants. 1984. № 1. P. 67–76 (in Russian).

9. Казарин В.Ф., Казарина А.В., Атакова Е.А. Оценка селекционных образцов сои как исходного материала для селекции в неорошаемых условиях лесостепи Среднего Поволжья // Современные проблемы инновационного развития сельского хозяйства и научные пути технологической модернизации АПК: материалы Международной научно-практической конференции. Махачкала, 2016. С. 140–144.

Kazarin V.F., Kazarina A.V., Atakova E.A. Evaluation of soybean breeding samples as a source material for breeding in rain-fed conditions of the forest-steppe of the Middle Volga region // Modern problems of innovative development of agriculture and scientific ways of technological modernization of agriculture: materials of the international scientific-practical conference. Makhachkala, 2016. P. 140–144 (in Russian).

10. Катюк А.И., Зуев Е.В., Зубков В.В. Оценка адаптивности перспективных линий сои в условиях Самарской области // Зерновое хозяйство России. 2017. № 1 (49). С. 59–62.

Katyuk A.I., Zuev E.V., Zubkov V.V. Assessment of the adaptability of perspective soybean lines in the conditions of the Samara region // Grain economy of Russia. 2017. № 1 (49). P. 59–62 (in Russian).