

ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СЕЛЕКЦИОННЫХ ЛИНИЙ СОИ КРАСНОДАРСКОЙ СЕЛЕКЦИИ В УСЛОВИЯХ ЛИПЕЦКОЙ ОБЛАСТИ

С.В. ЗЕЛЕНЦОВ, член-корреспондент РАН, ORCID ID: 0000-0003-0431-6021

Д.И. ПАСПЕКОВ*, кандидат сельскохозяйственных наук

А.А. ТЕВЧЕНКОВ*, младший научный сотрудник, ORCID ID: 0000-0003-3582-5558

Е.В. МОШНЕНКО, кандидат биологических наук, ORCID ID: 0000-0002-5353-0211

ФГБНУ ФНЦ ВНИИ МАСЛИЧНЫХ КУЛЬТУР, Г. КРАСНОДАР

*ЛИПЕЦКИЙ НИИ РАПСА – филиал ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, Г. ЛИПЕЦК

Email: 79066414882@yandex.ru

В статье представлены результаты эколого-географической оценки и селекционной проработки очень ранних линий сои краснодарской селекции поколений F₆-F₇ в условиях лесостепи ЦФО РФ. В условиях Краснодара, в гибридных популяциях F₄ были выделены очень ранние элитные растения сои с вегетационным периодом 90-100 суток, высотой растений не менее 70 см, и повышенной продуктивностью. Их потомства в поколениях F₆ и F₇ проходили селекционную оценку в широтных и климатических условиях лесостепи Центрального Черноземья на базе Липецкого НИИ рапса – филиала ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, г Липецк. В результате проведенных исследований было установлено, что в типичных для Центрального Черноземья погодных условиях 2021 г. и при принятых в Липецкой области сроках посева сои во 2-й декаде мая, самые ранние генотипы созревали в конце августа – начале сентября. Продолжительность их вегетационных периодов составляла 96–103 дня. В аномально холодных и дождливых условиях 2022 г. вегетационный период этих генотипов увеличился до 110-123 дней. Урожайность самых ранних из изучаемых генотипов сои в условиях 2021 г. варьировала в пределах 2,04–2,46 т/га, в условиях 2022 г. – в пределах 2,07-2,91 т/га. Двухлетний анализ продуктивности изучаемых генотипов сои в различных погодных условиях позволил выделить 7 селекционных линий, формирующих урожайность более 2,0 т/га, как в близких к оптимальным, так и в аномально холодных погодных условиях с избыточным выпадением осадков.

Ключевые слова: соя, вегетационный период, адаптивность, урожайность, климат.

Для цитирования: Зеленцов С.В., Паспеков Д.И., Тевченков А.А., Мошненко Е.В. Эколого-географическая оценка селекционных линий сои Краснодарской селекции в условиях Липецкой области. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2023; 3(47):34-41. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-3-34-41

ECOLOGICAL AND GEOGRAPHICAL ASSESSMENT OF SOYBEAN BREEDING LINES OF KRASNODAR BREEDING IN THE CONDITIONS OF THE LIPETSK REGION

S.V. Zelentsov, D.I. Paspekov*, A.A. Tevchenkov*, E.V. Moshnenko

FSBSI FEDERAL RESEARCH CENTER ALL-RUSSIAN RESEARCH INSTITUTE OF OIL CROPS, KRASNODAR

* LIPETSK RESEARCH INSTITUTE OF RAPESEED BRANCH PUSTOVOIT ALL-RUSSIAN RESEARCH INSTITUTE OF OIL CROPS, LIPETSK

Abstract: *The article presents the results of ecological and geographical evaluation and breeding development of very early soybean lines of Krasnodar selection of F₆-F₇ generations in the conditions of the forest-steppe of the Central Federal District of the Russian Federation. In the*

conditions of Krasnodar, very early elite soybean plants with a vegetation period of 90-100 days, plant height of at least 70 cm, and increased productivity were isolated in hybrid populations F4. Their progeny in generations F6 and F7 underwent selection evaluation in latitudinal and climatic conditions of the forest-steppe of the Central Black Earth Region on the basis of the Lipetsk Rapeseed Research Institute, Lipetsk. As a result of the research, it was found that in typical weather conditions of the Central Chernozem region in 2021 and under the terms of sowing soybean in the 2nd decade of May, the earliest genotypes matured in late August - early September. The duration of their vegetation periods was 96-103 days. Under abnormally cold and rainy conditions in 2022, the vegetation period of these genotypes increased to 110-123 days. The yield of the earliest of the studied soybean genotypes under the conditions of 2021 varied within 2.04-2.46 t/ha, under the conditions of 2022 – within 2.07-2.91 t/ha. Two-year analysis of productivity of the studied soybean genotypes in different weather conditions allowed to identify 7 breeding lines forming yields of more than 2.0 t/ha both in near-optimal and abnormally cold weather conditions with excessive precipitation.

Keywords: soybean, growing season, adaptability, yield, climate.

В соответствии с Доктриной продовольственной безопасности Российской Федерации, утвержденной указом Президента Российской Федерации В.В. Путиным 21 января 2020 года № 20, посевные площади под соей в РФ, включая ЦЧР и Липецкую область, должны быть заняты сортами сои отечественной селекции не менее чем на 75%. При этом, по состоянию на 2022 г., доля посевных площадей отечественных сортов сои в Липецкой области составляла всего 22,7% или 29 тыс. га. Отчасти это связано с отсутствием собственной селекции сои в этой области, и недостаточным количеством селекционных центров по сое в целом, в Центральном-Чернозёмном регионе РФ.

Одним из наиболее эффективных способов решения проблемы дисбаланса количества посевных площадей иностранных и отечественных сортов сои в регионе, а также увеличения доходов отечественных оригинаторов сортов от реализации семян, является активизация непосредственно в ЦЧР отечественной селекции высокоурожайных, высокоадаптивных и конкурентоспособных сортов сои [1-6].

В связи с этим, целью настоящих исследований было создание исходного материала и выделение перспективных линий для селекции сортов сои, адаптивных к климатическим условиям лесостепи Центрального Черноземья, на основе теоретических и практических разработок ФНЦ ВНИИМК.

Методика исследований

Исследования проводили в 2015-2022 гг. на центральной экспериментальной базе ФНЦ ВНИИМК, г. Краснодар, на широте 45°04' и на базе Липецкого НИИ рапса, на широте 52°39'. Подбор родительских форм сои для последующего получения гибридных потомств с потенциальной адаптивностью к климатическим условиям Центрального Черноземья осуществляли по нескольким критериям. Главным селекционным признаком принимали очень раннее созревание. По этому признаку на широте Краснодара были отобраны 9 селекционных линий из питомников предварительного и конкурсного сортоиспытания, при оптимальных (III декада апреля) сроках посева созревавшие за 90-100 суток, а также 4 очень ранних сорта Свапа, Бара, Aldana и Кордоба отечественной и зарубежной селекции с таким же вегетационным периодом. В качестве источника признаков повышенной холодоустойчивости и пониженной фотопериодической чувствительности был сорт Славия. Источниками признака повышенной отзывчивости на улучшение влагообеспечения служили сорта Чара и ЕС Ментор.

В 2015 г. все отобранные источники хозяйственно ценных для условий ЦЧР признаков были вовлечены в гибридизацию на базе ФНЦ ВНИИМК, г. Краснодар. Семена F₁ были получены по 18 гибридным комбинациям скрещивания. В следующем 2016 г. из этих семян были выращены растения F₁ и с них получены семена F₂. В 2017-2018 гг. в размноженных гибридных популяциях F₂-F₃ проводили позитивный массовый отбор растений по признаку

очень раннего созревания с вегетационным периодом в условиях Краснодара 90-100 суток, с высотой растений не менее 70 см, и визуально – с увеличенным количеством бобов на главном побеге. В 2019 г. в гибридных популяциях F₄ проводили индивидуальный отбор элитных растений по признакам очень раннего созревания, высоты главных побегов не менее 70 см, и по визуально увеличенной продуктивности растений. Всего в F₄ было выделено 236 элитных растений. В 2020 г. потомства F₅ этих элитных растений, индивидуально размножали в селекционном питомнике. Дополнительными признаками отбора в этом поколении, помимо очень раннего созревания и высоты растений, были фенотипическая выравненность делянок, устойчивость к полеганию и к преждевременному вскрытию бобов (растрескиванию).

В 2021 г. семена 112 фенотипически лучших и самых ранних потомств F₆ были направлены в Липецкий НИИ рапса с целью их селекционной оценки на адаптивность в широтных и климатических условиях лесостепи Центрального Черноземья.

В период 2021-2022 гг. на базе Липецкого филиала формирование питомников для оценки этих потомств проводили по типу контрольного питомника без повторностей (2021 г.), и по типу питомника предварительного сортоиспытания с 3-мя повторностями (2022 г.). В обоих случаях применяли рядовой посев с междурядьями 15 см. Норма высева из расчёта 500 тыс. всхожих семян/га. Учётная площадь делянок 15 м². Сорт-стандарт – допущенный к выращиванию в Центральном Черноземье ранний сорт сои Баргузин. Учёты и наблюдения за растениями проводили по методике RTG/0080/2 «Методика проведения испытания на однородность и стабильность. Соя (*Glycine max* (L.) Merrill.) Госсортокмиссии РФ по испытанию и охране селекционных достижений [7].

Результаты и обсуждение

Основным критерием оценки адаптивности изучаемых селекционных линий сои к широтным и климатическим условиям Липецка служила продолжительность вегетационного периода при оптимальных сроках посева (II-III декады мая). Этот показатель, помимо прямой трактовки, как времени между появлением всходов и созреванием растений, косвенно, но достаточно информативно отражает реакцию исследуемых генотипов на более продолжительные в Липецке летние фотопериоды. Также этот признак показывает продолжительность прохождения этапов органогенеза на фоне более низких, по сравнению с краснодарскими, температур.

Посев в Липецке в 2021 г. был проведён 17 мая. Массовые всходы зафиксированы 25 мая. Температурные условия произрастания сои в течение всего периода вегетации, равно как распределение осадков и запасы влаги в почве опытного участка, в 2021 г. были близкими к климатической норме с небольшим дефицитом осадков в конце лета.

По состоянию на 20 августа отдельные генотипы сои уже начали созревать. По состоянию на 2 сентября созрело более 20% ранних селекционных линий сои (рис. 1). Генотипы, созревшие позже 15 сентября, были признаны излишне поздними, и были исключены из дальнейшего изучения.

Фенотипы всех ранних селекционных линий сои F₆, в целом, оказались довольно выровнены по времени созревания и высоте растений. Наличие отдельных нетипичных растений в пределах делянок, преимущественно, было обусловлено остаточным расщеплением в этом поколении. Поэтому можно заключить, что выращивание этих селекционных линий в отличающихся от Западного Предкавказья широтных и климатических условиях лесостепи Центрального Черноземья, не повлекло за собой заметное дополнительное фенотипическое разложение популяций по высоте и созреванию в пределах изучаемых генотипов.



Рис. 1. Фенотипы перспективных ранних линий сои в Липецком НИИ ранса по состоянию на 2 сентября 2021 г. (на переднем плане селекционная линия сои Д-933/20)

Общий диапазон варьирования признака высоты растений у созревших до 15 сентября генотипов сои, в погодных условиях 2021 г. составил 70-120 см. Урожайность этих генотипов варьировала в пределах 1,19-2,46 т/га. Характеристика наиболее перспективных ранних и среднеранних генотипов сои представлена в таблице 1.

Таблица 1

Характеристика лучших линий сои поколения F₆, выделившихся по признаку раннего и среднераннего вегетационного периода на фоне типичных региональных погодных условий

Селекционный номер	Происхождение, гибридная комбинация	Вегет. период, сутки	Средняя высота растений, см	Урожайность, т/га	Откл. от стандарта, ± т/га
–	Баргузин (стандарт)	98	90	2,17	–
Д-958/20	Д-12/14 × Л-247	98	70	2,46	+0,29
Д-956/20	Д-12/14 × Л-247	98	70	2,41	+0,24
Д-1584/6	Чара × Д-842/12	96	90	2,37	+0,20
Д-957/20	Д-12/14 × Л-247	98	70	2,37	+0,20
Д-1590/2	Славия × ЕС Ментор	103	80	2,32	+0,15
Д-1590/9	Славия × ЕС Ментор	103	80	2,32	+0,15
Д-1584/5	Чара × Д-842/12	97	90	2,29	+0,12
Д-933/20	Д-12/14 × Л-247	100	90	2,24	+0,07
Д-946/20	Славия × ЕС Ментор	100	80	2,21	+0,04
Д-948/20	Славия × ЕС Ментор	100	70	2,21	+0,04
Д-944/20	Славия × ЕС Ментор	100	70	2,19	+0,02
Д-2524/6	Л-13-842 × Л-16/15	101	80	2,13	-0,04
Д-1584/7	Чара × Д-842/12	96	70	2,13	-0,04
Д-2522/2	Л-13-842 × Л-16/15	101	90	2,04	-0,13

Как следует из данных таблицы 1, вегетационные периоды наиболее рано созревших в условиях Липецкой области генотипов сои составляли 96-103 дня, при вегетационном периоде сорта-стандарта Баргузин – 98 суток. Это позволило их отнести к ранней и

среднеранней группе спелости. Высота растений у этих генотипов варьировала в пределах 70–90 см, как и на широте Краснодара. Варьирование урожайности находилось в пределах 2,04–2,46 т/га, при урожайности сорта-стандарта Баргузин 2,17 т/га.

Самый ранний в опыте генотип Д-1584/6 (Чара × Д-842/12) созрел 29 августа, его вегетационный период, при высоте растений 90 см, составил 96 суток. При этом его урожайность достигла 2,37 т/га, что на 0,2 т/га было выше, чем у сорта-стандарта (2,17 т/га). Близкие показатели были у его сестринской линии Д-1584/5 – вегетационный период 97 суток, высота 90 см, урожайность 2,29 т/га. Максимальная урожайность при вегетационном периоде 98 суток и высоте растений 70 см, выявлена у сестринских линий Д-958/20 и Д-956/20 (Д-12/14 × Л-247) – 2,46 и 2,41 т/га соответственно.

В целом, в широтных и климатических условиях Липецка, и при сложившихся погодных условиях 2021 г., лучшими гибридными комбинациями, родительские геномы которых обеспечили выделение гибридных линий с признаками раннего созревания и повышенной урожайности, оказались комбинации: Д-12/14 × Л-247; Чара × Д-842/12 и Славия × ЕС Ментор.

Семенные потомства F₇ всех линий сои, выделенных в 2021 году по признакам раннего созревания и повышенной урожайности, были высеяны в условиях Липецка в 2022 году. Достаточные объёмы семян позволили заложить делянки той же площади (15 м²) в 3-кратной повторности. Посев в 2022 г. был проведён 18 мая. Массовые всходы зафиксированы 30 мая.

Погодные условия 2022 года в Липецке заметно отличались, как от предыдущего 2021 года, так и от среднемноголетних значений. Так, средняя температура за период май-сентябрь в 2022 г. составила 15,3°C, что оказалось на 1,1 °C ниже, чем в 2021 г, и на 1,5°C ниже среднемноголетней нормы. Среднемесячная температура мая в 2022 году была на уровне 11,9°C, что было ниже значений в 2021 г. и климатической нормы на 1,8 и 2,5°C, соответственно. Среднемесячная температура в сентябре 2022 года составила 11,2°C, что также было ниже предыдущего года (12,4°C) и среднемноголетних значений (12,9°C). При этом сумма осадков в Липецке за период май-сентябрь увеличилась до 386 мм, что было выше, чем в предыдущем 2021 году, на 113 мм, и выше на 99 мм, по сравнению со среднемноголетней нормой осадков.

Такие аномально холодные и избыточно влажные условия в период май-сентябрь, не только непосредственно в Липецке, но и по всей территории Центрального Черноземья, повлекли за собой замедление роста и развития сои, что отразилось в значительном увеличении продолжительности вегетационного периода этой культуры. Так, по оперативным данным областных управлений АПК в пределах ЦЧР, из-за очень позднего созревания сои и обильных осенних осадков, на начало ноября 2022 г., в регионе было убрано не более половины посевных площадей сои.

Аномальные погодные условия 2022 г. также оказали замедляющий эффект на рост и развитие изучаемых в Липецком НИИ рапса ранних селекционных линий сои, с вегетационным периодом, составлявшем в предыдущем году 98-103 дня. В результате, продолжительность их вегетационных периодов увеличилась до 110-123 суток, что соответствовало уже группам спелости от среднеранней (101-110 сут.) до среднепоздней (>121 сут.) (рис. 2). Тем не менее, все изучаемые линии сои успешно созрели и к концу сентября были убраны.

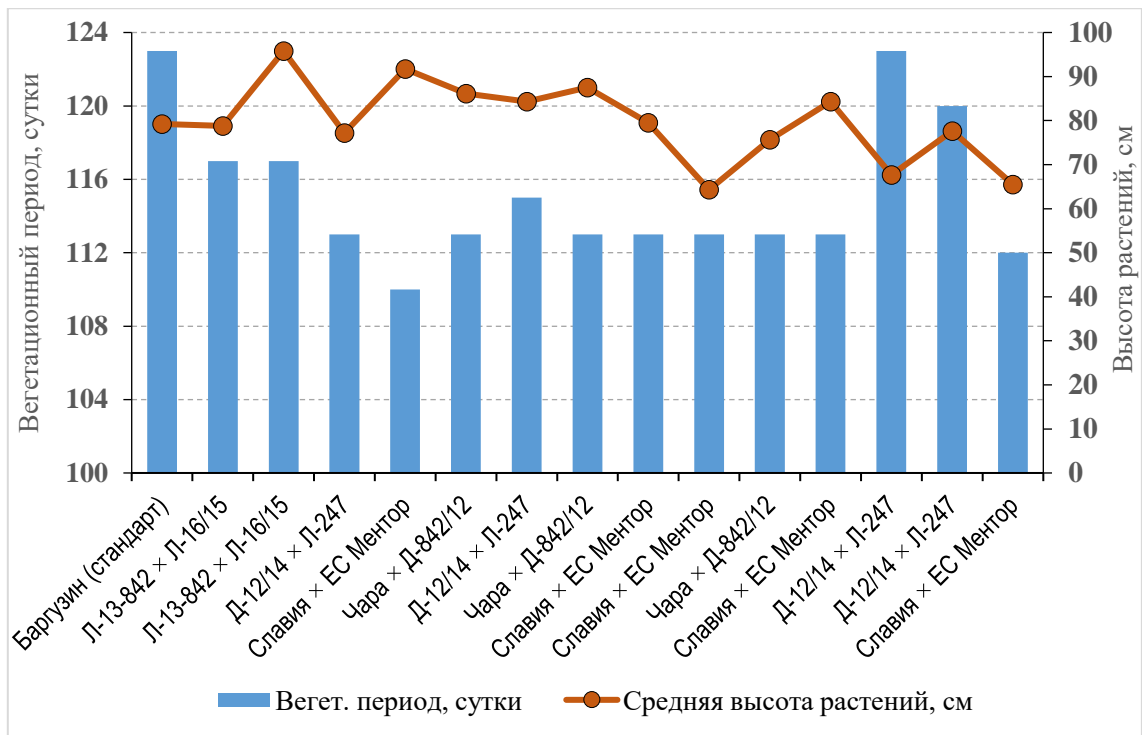


Рис. 2. Вегетационный период и высота растений линий сои поколения F₇ на фоне аномальных погодных условий 2022 года

При этом сложившиеся в 2022 г. погодные условия практически не повлияли на высоту растений изучаемых линий сои. Диапазон варьирования этого признака составил 64,3-95,8 см. Урожайность в разной степени снизилась только у некоторых генотипов сои. Так, при вегетационном периоде 123 дня у сорта-стандарта Баргузин его урожайность составила 2,43 т/га, что оказалось выше, чем в 2021 г. У линий сои Д-2522/4 и Д-2524/6 в таких условиях урожайность сформировалась ещё выше и достигла 2,91 и 2,71 т/га, соответственно.

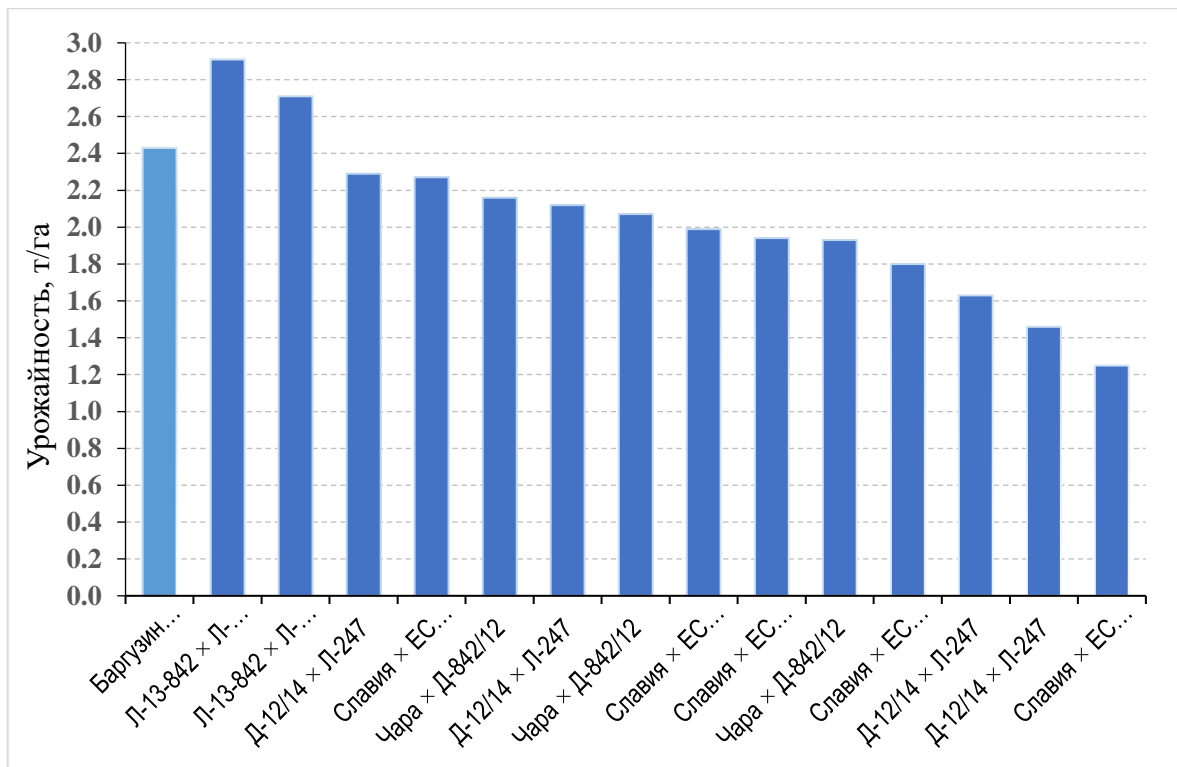


Рис. 3. Урожайность линий сои поколения F₇ на фоне аномальных погодных условий 2022 года, НСР₀₅ = 0,53 т/га

В целом, неблагоприятные для сои погодные условия 2022 года в Липецке послужили хорошим селекционным фоном отбора генотипов сои на адаптивность к пониженным температурам и избытку осадков. Двухлетний анализ продуктивности изучаемых линий сои на базе Липецкого НИИ рапса позволил выделить 7 селекционных линий: Д-2522/4; Д-2524/6; Д-933/20; Д-1590/9; Д-1584/5; Д-958/20 и Д-1584/7, формирующих урожайность выше 2,0 т/га, как в близких к оптимальным, так и в аномально холодных условиях с избыточным выпадением осадков. Изучение этих линий будет продолжено в питомнике конкурсного сортоиспытания с целью выведения на их основе высокоадаптивных сортов сои для широтных и климатических условий лесостепи Центрального Черноземья.

Заключение

В результате целенаправленного подбора очень ранних, в условиях Западного Предкавказья родительских форм сои, и вовлечения их в гибридизацию, из полученных гибридных популяций F₄ в условиях Краснодара были выделены очень ранние элитные растения с вегетационным периодом 90-100 суток и высотой растений 70-80 см. Их потомства в поколениях F₆ и F₇ проходили комплексную селекционную оценку в широтных и климатических условиях лесостепи Центрального Черноземья на базе Липецкого НИИ рапса. Установлено, что в типичных для Липецкого региона погодных условиях 2021 г. вегетационный период самых ранних линий составлял 96-103 дня. В аномально холодных и дождливых условиях 2022 г. их вегетационный период увеличился до 110-123 дня. Урожайность самых ранних из изучаемых селекционных линий сои в условиях 2021 г. варьировала в пределах 2,04-2,46 т/га, в условиях 2022 г. – в пределах 2,07-2,91 т/га.

В целом, двухлетняя эколого-географическая оценка раннего селекционного материала сои краснодарской селекции на базе Липецкого НИИ рапса позволила выделить 7 высокоадаптивных селекционных линий сои, формирующих урожайность выше 2,0 т/га, как в близких к оптимальным, так и в аномально холодных условиях с избыточным выпадением осадков. Выделенные линии сои наиболее пригодны для выведения на их основе высокоадаптивных сортов сои для широтных и климатических условий лесостепи Центрального Черноземья.

Литература

1. Дорохов А.С., Бельшклина М.Е., Большева К.К. Производство сои в Российской Федерации: Основные тенденции и перспективы развития. // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии, – 2019. – № 3 (47). – С. 25-33.
2. Лукомец В.М., Зеленцов С.В. Развитие методов селекции сои и льна на современном этапе. / В сб.: Научное обеспечение реализации приоритетов научно-технологического развития Российской Федерации. / Под ред. акад. В.Г. Бондура и чл.-кор. А.А. Макоско – М.: Российская академия наук, – 2019. – Т. 2, – С. 237-245.
3. Лукомец В.М., Зеленцов С.В., Бочкарёв Н.И., Мошненко Е.В. Адаптивная селекция масличных культур. // Теория и практика адаптивной селекции растений. (Жученковские чтения VI): Сб. научн. тр. по мат-лам Междунар. науч.-практ. конф. – Краснодар: КубГАУ, – 2021. – С. 22-25.
4. Давыденко О.Г., Голоенко Д.В., Розенцвейг В.Е. Соя для умеренного климата. – Минск: Тэхналогія, – 2004. – С. 73-75.
5. Синеговская В.Т. Фоменко Н.Д. Устойчивость сои к неблагоприятным факторам среды в условиях Приамурья. / В сб.: «Генетические ресурсы растениеводства Дальнего Востока». – Владивосток: Дальнаука, – 2004. – С. 76-77.
6. Фоменко Н.Д., Синеговская В.Т., Слободяник Н.С., Клеткина О.О., Беляева Г.Н., Мельникова Е.Н., Ала А.Я. Каталог сортов сои селекции Всероссийского НИИ сои. Коллективная научная монография – Благовещенск: ИПК «Одеон», – 2015. – 96 с.
7. RTG/0080/2 «Методика проведения испытания на однородность и стабильность. Соя (*Glycine max* (L.) Merrill.) // Государственная комиссия Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений (ФГБУ «Госсорткомиссия»), 2006. URL: <https://gossortrf.ru/metodic/R0080.zip> (дата обращения 18.04.2023).

References

1. Dorokhov A.S., Belyshkina M.E., Bol'sheva K.K. Proizvodstvo soi v Rossiiskoi Federatsii: Osnovnye tendentsii i perspektivy razvitiya. // Vestnik Ul'yanovskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii, 2019.- № 3(47). - Pp. 25-33.
2. Lukomets V.M., Zelentsov S.V. Development of soybean and flax breeding methods at the present stage. / In: Scientific support for the implementation of the priorities of scientific and technological development of the Russian Federation. / Ed. acad. V.G. Bondur and member-corr. A.A. Makosko - Moscow, Rossiiskaya akademiya nauk, 2019. V. 2, - Pp. 237-245.

3. Lukomets V.M., Zelentsov S.V., Bochkarev N.I., Moshnenko E.V. Adaptive breeding of oilseed crops. // Theory and practice of adaptive plant breeding. (Zhuchenko Readings VI): Sb. nauchn. tr. po mat-lam Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. - Krasnodar: KubGAU, 2021.- Pp. 22-25.
4. Davydenko O.G., Goloenko D.V., Rozentsveig V.E. Soybeans for temperate climates. - Minsk: *Tekhnologiya*, 2004. - Pp. 73-75.
5. Sinegovskaya V.T. Fomenko N.D. Soybean resistance to unfavorable environmental factors in the conditions of Priamurye. / In: "Genetic resources of crop production of the Far East". - Vladivostok: Dal'nauka, 2004. - Pp. 76-77.
6. Fomenko N.D., Sinegovskaya V.T., Slobodyanik N.S., Kletkina O.O., Belyaeva G.N., Mel'nikova E.N., Ala A.Ya. Catalog of soybean varieties of the All-Russian Soybean Research Institute. Collective scientific monograph - Blagoveshchensk: IPK «Odeon», 2015.- 96 p.
7. RTG/0080/2 «Methodology of homogeneity and stability test. Soybeans (*Glycine max* (L.) Merrill.) // State Commission of the Russian Federation for Testing and Protection of Breeding Achievements (FGBU «Gossortkomissiya»), 2006. URL: <https://gossortrf.ru/metodic/R0080.zip> (Accessed 18.04.2023).