

## Ранний холодо- и засухоустойчивый сорт сои Триада

**С.В. Зеленцов,**

зав. отд., д-р с.-х. наук, чл.-корр. РАН

**Е.В. Мошненко,**

вед. науч. сотр., канд. биол. наук

**М.В. Трунова,**

зам. директора по науке, ст. науч. сотр., канд. биол. наук

**Л.А. Бубнова,**

мл. науч. сотр.

**Е.Н. Будников,**

ст. науч. сотр.

**Г.М. Саенко,**

ст. науч. сотр., канд. биол. наук

**С.А. Рамазанова,**

вед. науч. сотр., канд. биол. наук

ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК

Россия, 350038, г. Краснодар, ул. им. Филатова, д. 17

Тел.: (861) 275-78-45, факс: (861) 254-27-80

E-mail: soya@vniimk.ru

*Для цитирования:* Зеленцов С.В., Мошненко Е.В., Трунова М.В., Бубнова Л.А., Будников Е.Н., Саенко Г.М., Рамазанова С.А. Ранний холодо- и засухоустойчивый сорт сои Триада // Масличные культуры. – 2021. – Вып. 2 (186). – С. 92–97.

**Ключевые слова:** соя, урожайность, холодоустойчивость, засухоустойчивость, молекулярно-генетический паспорт.

Ранний сорт сои Триада получен в результате индивидуального отбора в F<sub>4</sub> из гибридной комбинации Белогорская × Вилана на дифференцирующих фонах по признакам пониженной реакции на длину дня, холодо-, заморозкоустойчивости и засухоустойчивости. Дополнительно степень холодоустойчивости исходного материала для селекции сорта Триада оценивали криоседиментационным методом. По результатам сортоиспытания 2019–2020 гг. сорт Триада по урожайности превысил стандартный сорт Славия на 0,62 т/га. Высота растений на широте Краснодара (45°) – 95–125 см. Новый высокоурожайный сорт сои Триада отличается высокой устойчивостью к пониженным температурам воздуха и почвы, а также слабо реагирует на неоптимальные длины дня. Это позволяет его возделывать в сеопроизводящих хозяйствах Северо-Кавказского, Центрально-Чернозёмного и Нижневолжского регионов Российской Федерации, а также в Рес-

публиках Казахстан, Узбекистан и Кыргызстан на географических широтах от 40 до 50°.

UDC 633.853.52:581.1.045:631.52

## An early cold- and drought-resistant soybean variety Triada.

**S.V. Zelentsov**, head of the department, doctor of agriculture, corr. member of RAS

**E.V. Moshnenko**, leading researcher, PhD in biology

**M.V. Trunova**, deputy director for science, senior researcher, PhD in biology

**L.A. Bubnova**, junior researcher

**E.N. Budnikov**, senior researcher

**G.M. Saenko**, senior researcher, PhD in biology

**S.A. Ramazanova**, leading researcher, PhD in biology

V.S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil Crops

17 Filatova str., Krasnodar, 350038, Russia

Tel.: (861) 275-78-45, факс: (861) 254-27-80

E-mail: soya@vniimk.ru

**Key words:** soybean, productivity, cold resistance, drought resistance, molecular-genetic passport.

The early maturing soybean cultivar Triada was developed as a result of individual selection in F<sub>4</sub> from the hybrid combination Belogorskaya × Vilana on differentiating backgrounds for traits of reduced response to day length, cold and frost resistance, drought tolerance. Additionally, the degree of cold resistance of the initial germplasm for the breeding from a cultivar Iney was evaluated by a cryosedimentation method. According to the results of the variety trials of 2019–2020, the cultivar Triada in terms of yield exceeded the standard cultivar Slavia by 0.62 t/ha. The height of plants at the latitude of Krasnodar (45°) is 95–125 cm. The new high-yielding soybean cultivar Triada is highly resistant to low air and soil temperatures, and reacts weakly to non-optimal day lengths. This allows it to be cultivated as a main crop in the Northern Caucasian, Central Chernozem and Low Volga regions of the Russian Federation, as well as in the Republics of Kazakhstan, Uzbekistan and Kyrgyzstan at geographic latitudes from 40 to 50°.

Увеличение объёмов производства сои в Российской Федерации должно осуществляться как за счёт увеличения урожайности вновь создаваемых сортов, так и за счёт увеличения посевных площадей, в том числе в недостаточно пригодных для соеводства регионах [1].

С целью увеличения урожайности сортов сои в ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК (г. Краснодар) разработана ККГ-технология селекции, основанная на концепции «закрепленного гетерозиса» В.А. Струнни-

кова с использованием источников комплексов компенсационных генов (ККГ), модифицированной нами для селекции сои. Эта же технология позволила выделять формы сои с пониженной реакцией на неоптимальные длины дня и создавать на их основе фотопериодически слабо-чувствительные сорта сои [1; 2; 3].

Расширение посевных площадей в недостаточно благоприятных для ведения промышленного соеводства регионах России требует выведения сортов сои с повышенной адаптивностью к региональным стрессовым условиям [4].

Для южных засушливых регионов требуются сорта сои с повышенной засухоустойчивостью. С этой целью во ВНИИМК разработаны методы выведения сортов, засухоустойчивость которых определяется более глубокой корневой системой и повышенной сосущей силой корней, обеспечивающих возможность использования труднодоступных запасов влаги из почвы [5].

Альтернативным способом обеспечения расширения посевных площадей под соей в засушливых климатических условиях является сдвиг сроков посева сои на более ранние агросроки, позволяющие растениям более эффективно использовать осенне-зимние запасы влаги в почве и обеспечивающие завершение налива семян и их созревание до наступления позднелетних засух [1; 6]. С этой целью во ВНИИМК разработана технология выделения генных комплексов, способных обеспечить активный метаболизм в условиях ранневесенних пониженных положительных температур, а также выживание растений в случае наступления ранневесенних заморозков. Для повышения эффективности селекционной программы в этом направлении нами был разработан цитоколлоидный (криоседиментационный) метод выделения источников повышенной заморозкоустойчивости [1; 7; 8].

Объединение в одном геноме сои таких количественных признаков, как

высокая урожайность, засухоустойчивость, холодоустойчивость и пониженная реакция на неоптимальные длины дня, является крайне сложной задачей. Тем не менее ступенчатая гибридизация с участием источников отдельных вышеперечисленных хозяйственно ценных признаков в итоге позволила впервые получить гибридную популяцию сои с комплексом искомых свойств.

В 2014 г. в гибридной популяции F<sub>4</sub> Белогорская × Вилана было выделено элитное растение, потомство которого в период 2015–2017 гг. проходило комплексную оценку на дифференцирующих фонах по признакам пониженной реакции на длину дня, засухоустойчивости и заморозкоустойчивости, в том числе, с использованием криоседиментационного метода. С 2018 г. этот сортообразец под рабочим названием Д-793/18 проходил комплексную оценку в питомниках предварительного и конкурсного сортоиспытания, в том числе при очень ранних (3-я декада марта) сроках посева, где было установлено, что по основным хозяйственно ценным признакам он превышает высокоурожайный холодоустойчивый сорт-стандарт Славия. Урожайность ранней линии сои Д-793/18, в геноме которой содержится уникальная триада признаков – слабая реакция на неоптимальные длины дня, холодо- и засухоустойчивость, в среднем за два года (2019–2020 гг.) в конкурсном сортоиспытании превысила этот показатель у сорта-стандарта Славия на 0,62 т/га (табл. 1). В 2020 г. под коммерческим названием «Триада», отражающем уникальное сочетание хозяйственно ценных признаков, эта линия была передана на Государственное сортоиспытание.

Вегетационный период нового сорта на широте Краснодара (45°) в зависимости от метеоусловий года варьировал от 114 до 118 суток и в среднем за 2019–2020 гг. составил 116 суток.

Таблица 1

**Характеристика холодо- и засухоустойчивого, с пониженной реакцией на изменение длины дня раннего сорта Триада (линия Д-793/18)**

ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, г. Краснодар, 2019–2020 гг.

Сорт	Веgetационный период, сут	Урожайность, т/га		Среднее
		2019 г.	2020 г.	
Триада (Д-793/18)	115	2,52	3,29	2,91
Славия (стандарт)	117	1,65	2,92	2,29
Отклонение от стандарта	-2	+0,87	+0,37	+0,62
НСР <sub>05</sub>	–	0,28	0,21	–

Высота растений сорта Триада на широте Краснодара – от 90 до 125 см. Во влажные годы и на более высоких географических широтах (48–50°) высота растений может увеличиться до 115–135 см. Нижние бобы при оптимальной густоте стояния растений (350–450 тыс. раст./га) располагаются на высоте 14–16 см от поверхности почвы (рис. 1).



Рисунок 1 – Растение сорта Триада

Тип развития куста сорта Триада по международному классификатору UPOV и классификатору ВНИИМК от полудетерминантного до индетерминантного, с удлинённым периодом цветения, завершающимся в период начала налива семян в бобах нижних узлов (код типа роста – SD4) [9].

94

На географических широтах  $45 \pm 2^\circ$  фенотип растений сорта Триада, по внутривидовой классификации сои ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, соответствует среднестебельному сорто типу – сс. *medicaulis* Zel. et Koch. северокавказской эколого-географической группы маньчжурского подвида сои ssp. *manshurica* (Enken) Zel. et Koch. На более высоких широтах (48–50°) из-за удлинённого фотопериода фенотип сорта Триада может приобретать признаки мощного сорто типа – сс. *athlanta* Zel. et Koch. На более южных широтах (38–42°) фенотип растений сорта Триада будет приближаться к раннему сорто типу – сс. *praecox* (Enk.) Zel. et Koch. [10].

Окраска опушения растений серая. Окраска венчика цветка фиолетовая. Окраска бобов от бежевой до светло-коричневой. Семена среднего размера, округло-удлинённые. Семенная оболочка жёлтая, без пигментации или с очень слабой фрагментарной светло-коричневой пигментацией. Рубчик семени серый, в зависимости от положения на растении от почти бесцветного (в нижнем ярусе) до интенсивно окрашенного (в верхнем ярусе) (рис. 2).



Рисунок 2 – Размеры, форма и окраска семян сорта Триада

В оптимальных по влагообеспечению богарных условиях и на орошении масса 1000 семян этого сорта составляет 155–175 г. При выращивании сорта Триада в засушливых и острозасушливых условиях масса 1000 семян может снизиться до 110–140 г. Глубина проникновения центрального корня в почву достигает 2,2–

2,6 м, что обеспечивает растениям сорта Триада повышенную засухоустойчивость при пересыхании верхних горизонтов почвы. В условиях Краснодарского края сорт устойчив к пепельной гнили, аскохитозу и фузариозу.

Содержание белка в семенах сорта Триада при выращивании в условиях центральной природно-климатической зоны Краснодарского края и с наличием на почве специализированных азотфиксирующих бактерий составляет 38,6–40,6 %. Содержание масла в семенах 21,9–22,7 % (табл. 2).

Таблица 2

**Биохимическая характеристика семян сорта Триада**

ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, г. Краснодар, 2019–2020 гг.

Сорт	Содержание, %					
	белка			масла		
	2019 г.	2020 г.	среднее	2019 г.	2020 г.	среднее
Триада	38,6	40,6	39,6	22,7	21,9	22,3
Славия (стандарт)	38,7	40,4	39,6	21,4	22,0	21,7
Отклонение от стандарта, ±	-0,1	+0,2	0	+1,3	-0,1	+0,6

Для сорта сои Триада была проведена ДНК-паспортизация на основе анализа полиморфизма 12 микросателлитных локусов ДНК (SSR simple sequence repeats). ДНК выделяли из 5-дневных проростков сои методом ЦТАБ [11]. Для двух образцов ДНК выделена из каждого проростка индивидуально, а третий образец – представлял собой смесь из фрагментов десяти растений. Генотипирование проводили на основе ПЦР с разделением продуктов амплификации в 8%-ном растворе ПААГ. Для ПЦР применяли наиболее информативные SSR-локусы ДНК, изученные ранее [12].

По результатам ПЦР-анализа для сорта сои Триада составлен молекулярно-генетический паспорт (табл. 3). Нумерацию микросателлитных аллелей по каждому локусу проводили следующим образом: фрагмент ДНК с максимальным значением молекулярного веса обозначали цифрой 1 и далее, по мере его умень-

шения, цифрами 2 и 3. Полученный ДНК-профиль был проверен на предмет совпадений с другими сортами, изученными ранее. Совпадений не выявлено, сорт является уникальным.

Таблица 3

**Молекулярный паспорт сорта сои Триада**

ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, г. Краснодар, 2020 г.

Локус	Аллель	Молекулярный вес (п.н.)
Satt 1	2	144
Satt 2	3	155
Satt 5	3	332
Satt9	1	149
Soypr 1	2	188
Soysc514	2	193
Sat 36	3	135
Soyhsp 176	3	118
Satt681	2	241
Satt141	1	190
Sat263	1	134
Satt181	2	180

В целом проведённые исследования на всех этапах селекционного процесса показывают, что ранний сорт сои Триада помимо повышенной, для своей группы созревания, урожайности, за счёт высокорослости и глубокой корневой системы, отличается увеличенной засухоустойчивостью, за счёт завышенной доли криоколлоидов в цитоплазме тканей характеризуется повышенной холодо- и заморозкоустойчивостью; а также слабо реагирует на изменение длины дня. Такие физиолого-генетические особенности позволяют осуществлять посев этого сорта на 3–4 недели ранее оптимальных сроков, что определяет его потенциальную привлекательность для сельхозтоваропроизводителей в засушливых регионах юга России. За счёт пониженной фотопериодической чувствительности сорт Триада пригоден для повторных летних посевов после уборки озимых колосовых культур без существенного снижения высоты растений. В связи с этим в 2020 г. сорт Триада был передан на Государственное сортоиспытание по Северо-Кавказскому, Центрально-Чернозёмному и Нижневолжскому регионам Российской Федерации (рис. 3).



Рисунок 3 – Зоны государственного сортоиспытания слабочувствительного к изменениям фотопериода, холодо- и засухоустойчивого сорта Триада в Российской Федерации

Помимо трёх регионов Российской Федерации, где будет проводиться государственное сортоиспытание сорта Триада, для его интродукции и выращивания также пригоден ряд областей с развитыми системами орошения в центральных и южных частях Республики Казахстан, а также всей территории Республик Узбекистан и Кыргызстан на 40–50° северной широты.

#### Список литературы

1. Лукомец В.М., Бочкарёв Н.И., Зеленцов С.В., Мошненко Е.В. Создание сортов сои с расширенной адаптацией к изменяющемуся климату Западного Предкавказья // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2012. – Т. 1. – № 35. – С. 248–254.
2. Струнников В.А. Новая гипотеза генетозиса: её научное и практическое значение // Вестник сельскохозяйственной науки. – 1983. – № 1 (316). – С. 34–40.
3. Зеленцов С.В., Кочегура А.В., Мошненко Е.В. Генетическое улучшение сои с использованием комплекса компенсирующих генов // Итоги исследований по сое за годы реформирования и направления НИР на 2005–2010 гг. – Краснодар, 2004. – С. 67–73.
4. Зеленцов С.В., Мошненко Е.В., Саенко Г.М., Бубнова Л.А., Зеленцов В.С. Современные небиотехнологические методы

селекционно-генетического улучшения сои // В сб. тезисов докладов VII съезда Вавиловского общества генетиков и селекционеров (ВОГиС), 18–22 июня, Санкт-Петербург, СПбГУ. – 2019. – С. 163.

5. Зеленцов С.В., Кочегура А.В., Мошненко Е.В., Трунова М.В., Будников Е.Н., Ткачёва А.А., Вайлова А.В. Ранний засухоустойчивый сорт сои Селена // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – 2015. – Вып. 4 (164). – С. 138–140.

6. Зеленцов С.В., Мошненко Е.В. Перспективы использования сверххранних посевов сои в условиях Краснодарского края // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – 2010. – Вып. 1 (142–143). – С. 87–94.

7. Зеленцов С.В., Мошненко Е.В., Бубнова Л.А., Зеленцов В.С. Некоторые аспекты устойчивости растений к отрицательным температурам на примере сои и масличного льна // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – 2018. – Вып. 2 (174). – С. 55–70.

8. Зеленцов С.В., Мошненко Е.В., Бубнова Л.А. Обоснование критериев селекционного отбора форм сои с повышенной заморозкоустойчивостью на основе явления криогенной седиментации цитоколлоидов // Масличные культуры. – 2019. – Вып. 2 (178). – С. 128–143.

9. Зеленцов С.В., Лучинский А.С. Усовершенствованная классификация типов роста сои // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – 2011. – Вып. 2 (148–149). – С. 88–94.

10. Зеленцов С.В., Кочегура А.В. К вопросу о внутривидовой классификации сои // Современные проблемы селекции и технологии возделывания сои // Сб. статей 2-й межд. конф. по сое, Россия, Краснодар, 9–10 сентября 2008 г. – С. 178–193.

11. Saghai-Marooף M.A., Soliman K.M., Jorgensen R.A., Allard R.W. Ribosomal DNA spacer-length polymorphisms in barley: Mendelian inheritance, chromosomal

location, and population dynamics // PNAS. – USA, 1984. – Vol. 81. – P. 8014–8018.

12. Рамазанова С.А., Коломыцева А.С. Оптимизация технологии генотипирования сои на основе анализа полиморфизма SSR-локусов ДНК // Масличные культуры. – 2020. – Вып. 1 (181). – С. 42–48.

#### References

1. Lukomets V.M., Bochkarev N.I., Zelentsov S.V., Moshnenko E.V. Sozdanie sortov soi s rasshirennoy adaptatsiyey k izmenyayushchemusya klimatu Zapadnogo Predkavkaz'ya // Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2012. – Т. 1. – № 35. – С. 248–254.

2. Strunnikov V.A. Novaya gipoteza geterozisa: ee nauchnoe i prakticheskoe znachenie // Vestnik sel'skokhozyaystvennoy nauki. – 1983. – № 1 (316). – С. 34–40.

3. Zelentsov S.V., Kochegura A.V., Moshnenko E.V. Geneticheskoe uluchshenie soi s ispol'zovaniem kompleksa kompensiruyushchikh genov // Itogi issledovaniy po soe za gody reformirovaniya i napravleniya NIR na 2005–2010 gg. – Krasnodar, 2004. – С. 67–73.

4. Zelentsov S.V., Moshnenko E.V., Saenko G.M., Bubnova L.A., Zelentsov V.S. Sovremennye nebiotekhnologicheskie metody selektsionno-geneticheskogo uluchsheniya soi // V sb. tezisov dokladov VII s"ezda Vavilovskogo obshchestva genetikov i selektsionerov (VOGiS), 18–22 iyunya, Sankt-Peterburg, SPbGU. – 2019. – С. 163.

5. Zelentsov S.V., Kochegura A.V., Moshnenko E.V., Trunova M.V., Budnikov E.N., Tkacheva A.A., Vaylova A.V. Ranniy zasukhoustoychivyy sort soi Selena // Maslichnye kul'tury. Nauch.-tekh. byul. VNIIMK. – 2015. – Vyp. 4 (164). – С. 138–140.

6. Zelentsov S.V., Moshnenko E.V. Perspektivy ispol'zovaniya sverkhkrannikh posevov soi v usloviyakh Krasnodarskogo kraya // Maslichnye kul'tury. Nauch.-tekh. byul. VNIIMK. – 2010. – Vyp. 1 (142–143). – С. 87–94.

7. Zelentsov S.V., Moshnenko E.V., Bubnova L.A., Zelentsov V.S. Nekotorye aspekty ustoychivosti rasteniy k otritsatel'nym temperaturam na primere soi i maslichnogo l'na // Maslichnye kul'tury. Nauch.-tekh byul. VNIIMK. – 2018. – Vyp. 2 (174). – С. 55–70.

8. Zelentsov S.V., Moshnenko E.V., Bubnova L.A. Obosnovanie kriteriev selektsionnogo otbora form soi s povyshennoy zamorozkoustoychivost'yu na osnove yavleniya kriogennoy sedimentatsii tsitokolloidov // Maslichnye kul'tury. – 2019. – Vyp. 2 (178). – С. 128–143.

9. Zelentsov S.V., Luchinskiy A.S. Uovershenstvovannaya klassifikatsiya tipov rosta soi // Maslichnye kul'tury. Nauch.-tekh. byul. VNIIMK. – 2011. – Vyp. 2 (148–149). – С. 88–94.

10. Zelentsov S.V., Kochegura A.V. K voprosu o vnutrividovoy klassifikatsii soi // Sovremennye problemy selektsii i tekhnologii vozdeleyvaniya soi // Sb. statey 2-y mezhd. konf. po soe, Rossiya, Krasnodar, 9–10 sentyabrya 2008 g. – С. 178–193.

11. Saghai–Maroof M.A., Soliman K.M., Jorgensen R.A., Allard R.W. Ribosomal DNA spacer-length polymorphisms in barley: Mendelian inheritance, chromosomal location, and population dynamics // PNAS. – USA, 1984. – Vol. 81. – P. 8014–8018.

12. Ramazanova S.A., Kolomytseva A.S. Optimizatsiya tekhnologii genotipirovaniya soi na osnove analiza polimorfizma SSR-locusov DNK // Maslichnye kul'tury. – 2020. – Vyp. 1 (181). – С. 42–48.

*Получено/Received*

07.04.2021

*Получено после рецензии/Manuscript peer-reviewed*

14.04.2021

*Получено после доработки/Manuscript revised*

14.04.2021

*Принято/Accepted*

13.05.2021

*Manuscript on-line*