

УДК 631.52:633.853.52

DOI: 10.25230/2412–608X–2020–4–184–91–95

Высокобелковый сорт сои Грея

С.В. Зеленцов,

зав. отделом, д-р с.-х. наук, чл.-кор. РАН

Е.В. Мошненко,

вед. науч. сотр., канд. биол. наук

Е.Н. Будников,

ст. науч. сотрудник

М.В. Трунова,

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

Л.А. Бубнова,

мл. науч. сотрудник

Г.М. Саенко,

ст. науч. сотр., канд. биол. наук

А.В. Лукомец,

нач. управления, канд. экон. 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., Будников Е.Н., Трунова М.В., Бубнова Л.А., Саенко Г.М., Лукомец А.В., Рамазанова С.А. Высокобелковый сорт сои Грея // Масличные культуры. – 2020. – Вып. 4 (184). – С. 91–95.

Ключевые слова: соя, высокобелковость, урожайность, липидно-деградационная модель накопления белка.

Высокобелковый сорт сои Грея выведен методом индивидуального отбора из гибридной популяции F₄ Вилана × Валента на основе липидно-деградационной модели накопления белка в семенах. По результатам предварительного и конкурсного сортоиспытаний урожайность высокобелкового сорта сои Грея варьировала от 1,75 до 2,93 т/га. Средняя урожайность нового сорта за четыре года сортоиспытания составила 2,23 т/га, что в среднем на 0,71 т/га выше, чем у высокобелкового сорта-стандарта липидно-деградационного биотипа, и несущественно отличалась (-0,09 т/га) от высокоурожайного среднебелкового сорта-стандарта. Высота растений варьирует от 82 до 98 см. Нижние бобы при оптимальной густоте стояния растений располагаются на высоте 15–17 см от поверхности почвы. Опушение серое. Окраска бобов светло-коричневая. Окраска венчика цветка фиолетовая. Семенная оболочка желтая. Растения

нового сорта устойчивы к полеганию и растрескиванию бобов. При оптимальных условиях возделывания и наличии в почве минерального или бактериального азота, в семенах сорта Грея накапливается до 46,3 % белка. Содержание масла в семенах сорта Грея ниже, чем у среднебелкового сорта-стандарта, в среднем на 2,1 %, что типично для высокобелковых сортов липидно-деградационного биотипа. Вегетационный период нового сорта на широте Краснодара (45°) в зависимости от метеоусловий года варьировал от 108 до 117 суток и в среднем за период 2017–2020 гг., составил 112 суток. Это позволяет возделывать его в основных посевах в соепроизводящих хозяйствах Северо-Кавказского, Нижневолжского и Дальневосточного регионов Российской Федерации.

UDC 631.52:633.853.52

High-protein soybean cultivar Greya.

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

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

E.N. Budnikov, senior researcher

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

L.A. Bubnova, junior researcher

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

A.V. Lucomets, head of the department, PhD in economics

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

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

17 Filatova street, Krasnodar, 350038, Russia

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

E-mail: soya@vniimk.ru

Key words: soybean, high protein content, productivity, lipid-degrading model of protein accumulation.

The high-protein soybean cultivar Greya was developed by individual selection from the hybrid population F₄ Vilana × Valenta based on a lipid-degrading model of protein accumulation in seeds. According to the results of preliminary and competitive variety testing, the productivity of the high-protein soybean cultivar Greya varied from 1.75 to 2.93 t/ha. The average yield of the new cultivar over four years of variety testing was 2.23 t/ha, which, on average, was 0.71 t/ha higher than the high-protein standard cultivar of the lipid-degrading biotype, and did not significantly differ (-0.09 t/ha) from the high-yielding medium-protein standard cultivar. The height of plants varies from 82 to 98 cm. Under the optimal plant density, the lower pods are located at the height of 15–17 cm from the soil surface. The pubescence is gray. The color of the beans is light brown. The color of the corolla is violet. The seed coat is yellow. The plants of the new cultivar are resistant to lodging and bean shattering. Under optimal cultivation conditions and the presence of mineral or bacterial nitrogen in

the soil, up to 46.3 % of protein is accumulated in the seeds of the cultivar Greya. The oil content in the seeds of the cultivar Greya is lower than that of the medium-protein standard, by an average of 2.1 %, which is typical for high-protein cultivars of the lipid-degrading biotype. The growth season of the new cultivar at the latitude of Krasnodar (45°), depending on the meteorological conditions of the year, varied from 108 to 117 days, and on average, for the period of 2017–2020 it was 112 days. Therefore, it can be cultivated as the main crop in soybean-producing farms in the North Caucasus, Lower Volga and Far Eastern regions of the Russian Federation.

Обеспечение потребностей перерабатывающей и комбикормовой промышленности в соевом белке может быть достигнуто несколькими путями: увеличением посевных площадей сои и повышением урожайности. Перспективным, хотя и менее развитым направлением, является селекционно-генетическое увеличение содержания белка в семенах [1]. При этом теоретическим и практическим вопросам селекции высокобелковых сортов сои посвящен целый ряд работ как в России, так и мире [2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9].

Во ВНИИМК (г. Краснодар) теоретические исследования и практическая селекция высокобелковых сортов сои ведутся с 70-х годов XX века. В результате в разные годы были выведены такие высокобелковые сорта, как Фора, Веста и Валента, с содержанием белка 43–47 % [3; 6]. А к середине 2-го десятилетия XXI века во ВНИИМК были завершены многолетние исследования по изучению механизмов дополнительного накопления белка в семенах сои, которые позволили сформулировать несколько динамических моделей накопления белка в семенах: экологическую, кумулятивно-протеиновую, липидно-деградационную и углеводно-деградационную. Обширный анализ показал, что в мировом генофонде высокобелковых сортов сои наиболее распространённой и доступной является липидно-деградационная модель, обеспечивающая увеличение массовой доли белка в семенах за счёт пониженного синтеза масла [1].

Примером создания высокобелкового сорта на основе липидно-деградационной модели явилась линия Л-77/13 селекции ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, переданная в 2020 г. на Государственное сортоиспытание под коммерческим названием Грея. Основой этого сорта послужило высокобелковое элитное растение, выделенное в 2011 г. в расщепляющейся гибридной популяции F₄ Вилана × Валента.

По результатам предварительного (ПСИ) и конкурсного (КСИ) сортоиспытаний урожайность высокобелкового сорта сои Грея в среднем за четыре года составила 2,23 т/га, что несущественно отличалось (-0,09 т/га) от высокоурожайного среднебелкового сорта-стандарта Славия, и в среднем на 0,71 т/га превышала высокобелковый сорт-стандарт Махус (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика высокобелкового сорта Грея

г. Краснодар, ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, ПСИ, КСИ, 2017–2020 гг.

Сорт	Вегетационный период, сутки	Урожайность, т/га, по годам				Среднее, т/га
		2017	2018	2019	2020	
Грея (Л-77/13)	112	2,07	2,16	1,75	2,93	2,23
Славия (зерновой стандарт)	113	2,17	2,23	1,89	3,00	2,32
Махус (высокобелковый стандарт)	110	1,51	1,00	1,39	2,16	1,52
Отклонение от зернового стандарта, ±Δ	-1	-0,10	-0,07	-0,14	-0,07	-0,09
Отклонение от высокобелкового стандарта, ±Δ	+2	+0,56	+1,16	+0,36	+0,77	+0,71
НСР ₀₅	–	0,20	0,18	0,28	0,20	–

Вегетационный период нового сорта на широте Краснодара (45°) в зависимости от метеоусловий года варьировал от 108 до 117 суток, и в среднем, за период 2017–2020 гг., составил 112 суток.

Высота растений сорта Грея – от 82 до 98 см, нижние бобы при оптимальной густоте стояния растений (400–500 тыс. раст./га) располагаются на высоте 15–17 см от поверхности почвы (рис. 1). На более высоких географических ши-

ротах (47–49°) высота растений может увеличиться до 100–110 см.



Рисунок 1 – Растение сорта Грея

Тип развития куста сорта Грея полудетерминантный. Тип роста полуограниченный (код типа роста – SD3), завершающийся в период начала формирования семян [10]. По внутривидовой классификации сои сорт Грея относится к среднестебельному сорто типу – *ss. medicaulis* Zel. et Koch. северокавказской эколого-географической группы маньчжурского подвида сои *ssp. manshurica* (Enken) Zel. et Koch. [11]. Растения сорта Грея устойчивы к полеганию и преждевременному вскрытию (растрескиванию) бобов при длительном перестое на корню.

Опушение растений серое. Окраска бобов светло-коричневая. Окраска венчика цветка фиолетовая. Семенная оболочка жёлтая, в оптимальных условиях налива и созревания – без пигментации (рис. 2). В острозасушливые годы и на фоне пониженных температур на оболочке семян из верхних узлов растений может формироваться коричневая пигментация. Рубчик семени светло-коричневый, с варьированием от почти бесцветного до тёмно-коричневого в зависимости от погодных условий в период налива и созревания семян.



Рисунок 2 – Размеры, форма и окраска семян сорта Грея

При выращивании сорта Грея на богаре, особенно в условиях позднелетних засух, масса 1000 семян составляет 125–140 г. На орошении и в годы с достаточным количеством осадков в фазы формирования и налива семян показатель массы 1000 семян этого сорта может увеличиться до 150–175 г. Сорт устойчив к фузариозу и пепельной гнили.

При наличии в почве достаточного количества минерального азота, резидентных клубеньковых бактерий или при предпосевной инокуляции семян коммерческими штаммами азотфиксирующих бактерий, в семенах накапливается до 46,3 % белка. Содержание масла в семенах сорта Грея ниже, чем у среднебелкового сорта-стандарта, в среднем на 2,1 %, что типично для высокобелковых сортов липидно-деградационного биотипа (табл. 2).

Таблица 2

Биохимическая характеристика семян сорта Грея

г. Краснодар, ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, ПСИ, КСИ, 2017–2019 гг.

Сорт	Содержание белка в семенах, %			Среднее, %	Содержание масла в семенах, %			Среднее, %
	2017 г.	2018 г.	2019 г.		2017 г.	2018 г.	2019 г.	
Грея (Л-77/13)	42,0	46,3	44,2	44,2	21,8	18,5	19,1	19,8
Славия (зерновой стандарт)	39,5	42,9	38,7	40,4	23,4	20,7	21,4	21,9
Максус (высокобелковый стандарт)	42,4	44,7	43,4	43,5	20,7	17,4	18,5	18,9
Отклонение от зернового стандарта, ±Δ	+2,9	+3,4	+5,5	+3,8	-1,6	-2,2	-2,3	-2,1
Отклонение от высокобелкового стандарта, ±Δ	-0,4	+1,6	+0,8	+0,7	+1,1	+1,1	+0,6	+0,9

Для обеспечения высокого (44–46 %) содержания белка в семенах сорта Грея необходимы использование полей с наличием в почве резидентных азотфиксирующих бактерий или инокуляция семенного материала штаммами азотфиксирующих клубеньковых бактерий, или предпосевное внесение в почву азотных удобрений в дозе не менее 30 кг азота по действующему веществу. При остром дефиците воды во второй половине фазы налива семян, за счёт частичной блокировки синтеза жирных кислот, массовая доля белка в семенах может возрасти ещё на 1,5–2,0 %.

С использованием 10 микросателлитных SSR-локусов для сорта сои Грея создан молекулярно-генетический паспорт на основе анализа ДНК методом ПЦР. Методика проведения анализа приведена в ранее опубликованных статьях [12; 13].

Результаты ПЦР-анализа сорта сои Грея показаны в таблице 3. Молекулярный вес амплифицированных фрагментов расположен в определенном интервале, характерном для каждой праймерной пары.

Таблица 3

Молекулярный паспорт сорта сои Грея

Локус	Аллели	Молекулярный вес (п.н.)
Satt 1	4	141–150
Satt 2	2	140–152
Satt 5	2	157–177
Satt 9	1	149–221
Soypr 1	2	163–188
Sat 1	2	188–235
Sat 36	2	115–185
Sat 43	2	157–203
Soyhsp 176	2	118–135
Sat 181	2	180–210

Нумерацию микросателлитных аллелей по каждому локусу проводили по мере уменьшения молекулярного веса. Молекулярный вес амплифицированных аллелей расположен в определённом интервале, характерном для каждой праймерной пары (см. табл. 3).

В целом, новый сорт сои Грея отличается повышенным содержанием белка и высокой отзывчивостью на благоприятные по увлажнению условия выращивания. Эти признаки в сочетании с более высокой, чем у сортов-аналогов, урожайностью определяют его потенциальную привлекательность для сельхозтоваропроизводителей и потребителей товарной сои с повышенным содержанием белка. После молекулярной ДНК-паспортизации сорт Грея был передан в 2020 г. на Государственное сортоиспытание по Северо-Кавказскому, Нижневолжскому и Дальневосточному регионам (6, 8 и 12 зоны).

Список литературы

1. Зеленцов С.В., Мошненко Е.В., Вайлова А.В., Реутина А.В. Перспективы селекции высокобелковых сортов сои: Выделение линий сои с разными механизмами увеличения белка в семенах (Сообщение II) // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – 2016. – Вып. 2 (166). – С. 42–49.
2. Ващенко А.П., Мудрик Н.В., Фисенко П.П., Дега Л.А., Чайка Н.В., Капустин Ю.С. Соя на Дальнем Востоке. – Владивосток: Дальнаука, 2010. – С. 77–82.
3. Зеленцов С.В. Селекционно-генетическое улучшение сои: основы, современные концепции и методы. – Saarbrücken, Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co., KG, 2011. – С. 165–208.
4. Зеленцов С.В., Мошненко Е.В. Перспективы селекции высокобелковых сортов сои: моделирование механизмов увеличения белка в семенах (Сообщение I) // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – 2016. – Вып. 2 (166). – С. 34–41.
5. Коновалов Н.Н. Канадские сорта сои. Высокий протеин: миф или реальность? – Материалы международной конференции «Корма.pro», 3–6 ноября 2015 г., С-Петербург, 2015. – № 2. – С. 24.
6. Кочегура А.В., Зеленцов С.В., Мошненко Е.В., Петибская В.С. Селекционно-генетическое улучшение сои по биохимическим признакам // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК, 2005. – Вып. 2 (133). – С. 24–35.
7. Hartwig E.E. Breeding productive soybeans with a higher percentage of protein // Seed protein improvement cereals, grain legumes. – 1979. – Vol. 2. – P. 59–66.

8. Hartwig E.E. Breeding of soybean for high yield and seed protein // In: Soybean feeds the world / Ed. by B. Napompeth. – Bangkok, 1997. – P. 40–43.

9. Krishnan H.B., Natarajan S.S., Mahmoud A.A., Nelson R.L. Identification of Glycinin and β -Conglycinin Subunits that Contribute to the Increased Protein Content of High-Protein Soybean Lines // Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2007. – Vol. 55. – P. 1839–1845.

10. 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.

11. Зеленцов С.В., Кочегура А.В. Современное состояние систематики культурной сои *Glycine max* (L.) Merrill // Масличные культуры. Науч.-техн. бюллетень ВНИИМК. – 2006. – Вып. 1 (134). – С. 34–48.

12. Рамазанова С.А. Идентификация генотипов сои разного происхождения с использованием полиморфизма девяти микросателлитных локусов ДНК // Современные проблемы селекции и технологии возделывания сои. Сб. статей 2-й международной конференции по сое, Краснодар, 9–10 сентября 2008 г. – С. 129–136.

13. Рамазанова С.А. Идентификация сортов сои (*Glycine max* L.) с использованием микросателлитных локусов ДНК // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – 2016. – Вып. 2 (166). – С. 63–67.

References

1. Zelentsov S.V., Moshnenko E.V., Vaylova A.V., Reutina A.V. Perspektivy seleksii vysokobelkovykh sortov soi: Vydelenie liniy soi s raznymi mekhanizmami uvelicheniya belka v semenakh (Soobshchenie II) // Maslichnye kul'tury. Nauch.-tekh. byul. VNIIMK. – 2016. – Vyp. 2 (166). – S. 42–49.

2. Vashchenko A.P., Mudrik N.V., Fisenko P.P., Dega L.A., Chayka N.V., Kapustin Yu.S. Soya na Dal'nem Vostoke. – Vladivostok: Dal'nauka, 2010. – S. 77–82.

3. Zelentsov S.V. Seleksionno-geneticheskoe uluchshenie soi: osnovy, sovremennye kontseptsii i metody. – Saarbrücken, Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co., KG, 2011. – S. 165–208.

4. Zelentsov S.V., Moshnenko E.V. Perspektivy seleksii vysokobelkovykh sortov soi: modelirovanie mekhanizmov uvelicheniya belka v semenakh (Soobshchenie I) // Maslichnye kul'tury. Nauch.-tekh. byul. VNIIMK. – 2016. – Vyp. 2 (166). – S. 34–41.

5. Konovalov N.N. Kanadskie sorta soi. Vysokiy protein: mif ili real'nost'? – Materialy mezhdunarodnoy konferentsii «Korma.pro», 3–6 noyabrya 2015 g., S-Peterburg, 2015. – № 2. – S. 24.

6. Kochegura A.V., Zelentsov S.V., Moshnenko E.V., Petibskaya V.S. Seleksionno-geneticheskoe uluchshenie soi po biokhimicheskim priznakam // Maslichnye kul'tury. Nauch.-tekh. byul. VNIIMK, 2005. – Vyp. 2 (133). – S. 24–35.

7. Hartwig E.E. Breeding productive soybeans with a higher percentage of protein // Seed protein improvement cereals, grain legumes. – 1979. – Vol. 2. – P. 59–66.

8. Hartwig E.E. Breeding of soybean for high yield and seed protein // In: Soybean feeds the world / Ed. by B. Napompeth. – Bangkok, 1997. – P. 40–43.

9. Krishnan H.B., Natarajan S.S., Mahmoud A.A., Nelson R.L. Identification of Glycinin and β -Conglycinin Subunits that Contribute to the Increased Protein Content of High-Protein Soybean Lines // Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2007. – Vol. 55. – P. 1839–1845.

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

11. Zelentsov S.V., Kochegura A.V. Sovremennoe sostoyanie sistematiki kul'turnoy soi *Glycine max* (L.) Merrill // Maslichnye kul'tury. Nauch.-tekh. byulleten' VNIIMK. – 2006. – Vyp. 1 (134). – S. 34–48.

12. Ramazanova S.A. Identifikatsiya genotipov soi raznogo proiskhozhdeniya s ispol'zovaniem polimorfizma devyati mikrosatellitnykh lokusov DNK // Sovremennye problemy seleksii i tekhnologii vzdelyvaniya soi. Sb. statey 2-y mezhdunarodnoy konferentsii po soe, Krasnodar, 9–10 sentyabrya 2008 g. – S. 129–136.

13. Ramazanova S.A. Identifikatsiya sortov soi (*Glycine max* L.) s ispol'zovaniem mikrosatellitnykh lokusov DNK // Maslichnye kul'tury. Nauch.-tekh. byul. VNIIMK. – 2016. – Vyp. 2 (166). – S. 63–67.

Получено: 30.10.2020 Принято: 13.11.2020
Received: 30.10.2020 Accepted: 13.11.2020