

Селекционные достижения

Научная статья

УДК 633.853.52:581.1.1.045. 631.52

DOI: 10.25230/2412-608X-2023-4-196-110-115

Очень высокорослый среднеспелый сорт сои Мамонт

Сергей Викторович Зеленцов
Елена Валентиновна Мошненко
Марина Валериевна Трунова
Евгений Николаевич Будников
Галина Михайловна Саенко
Виолетта Георгиевна Савиченко

ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК

Россия, 350038, г. Краснодар, ул. им. Филатова, д. 17
Тел.: (861) 275-78-45, факс: (861) 254-27-80
soya@vniimk.ru

Реферат. Очень высокорослый, с признаками гигантизма, среднеспелый сорт сои Мамонт получен в результате индивидуального отбора в F₄ из гибридной комбинации Вилана × Pin GD по признакам высокорослости (> 160 см) стебля, крупносемянности, среднеспелости и неполегаяемости. По результатам сортоиспытания 2020–2022 гг. сорт сои Мамонт по урожайности превысил стандартный сорт Вилана на 0,18 т/га. Высота растений на широте Краснодара (45°) 152–174 см. В оптимальных по влагообеспечению условиях возделывания масса 1000 семян этого сорта составляет 165–195 г. Феномен формирования признаков гигантизма у растений сорта Мамонт в оптимальных условиях выращивания подтверждается на 48 % более интенсивным суточным приростом высоты растений и на 71 % более интенсивным суточным приростом надземной биомассы относительно этих показателей у сорта-стандарта Вилана. Новый очень высокорослый, с признаками гигантизма, среднеспелый сорт сои Мамонт отличается повышенной отзывчивостью на дополнительное увлажнение увеличением признаков высоты растений до сверхвысокой, увеличением количества узлов, бобов и семян, крупности и массы семян, урожайности. Обладает повышенной устойчивостью высокорослых растений к наклону и полеганию при избыточном увлажнении за счёт повышенной механической прочности стебля. За счёт высокорослости и высокой положительной реакции на дополнительное влагообеспечение пригоден для выращивания в южно-предгорной и центральной зонах Краснодарского края, при

орошении по всей территории Северо-Кавказского и Нижневолжского регионов Российской Федерации.

Ключевые слова: соя, урожайность, высокорослость, гигантизм, крупносемянность, молекулярно-генетический паспорт

Для цитирования: Зеленцов С.В., Мошненко Е.В., Трунова М.В., Будников Е.Н., Саенко Г.М., Савиченко В.Г. Очень высокорослый среднеспелый сорт сои Мамонт // Масличные культуры. 2023. Вып. 4 (196). С. 110–115.

UDC 633.853.52:581.1.1.045. 631.52

Very tall, middle maturing soybean cultivar Mamont

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

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

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

Budnikov E.N., senior researcher

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

Savichenko V.G., junior researcher

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

17 Filatova str., Krasnodar, 350038, Russia
Tel.: (861) 275-78-45, fax: (861) 254-27-80
soya@vniimk.ru

Abstract. A very tall, middle maturing soybean cultivar Mamont, with traits of gigantism, was obtained as a result of individual selection in F₄ from the hybrid combination Vilana × Pin GD for the characteristics of tall growth (> 160 cm) of the stem, large seeds, mid-ripening and non-lodging ability. Based on the results of variety testing 2020–2022, the soybean cultivar Mamont exceeded the standard cultivar Vilana by 0.18 t/ha by yield. The height of plants at the latitude of Krasnodar (45°) is 152–174 cm. In optimal cultivation conditions for moisture supply, the weight of 1000 seeds of this cultivar is 165–195 g. The phenomenon of the gigantism in plants of the Mamont cultivar in optimal growing conditions is confirmed to be 48 % more intense daily increase in plant height, and a 71% more intense daily increase in above-ground biomass compared to these indicators for the standard cultivar Vilana. The new very tall middle maturing soybean cultivar Mamont, with traits of gigantism, is distinguished by increased responsiveness to additional moisture by increasing the traits of plant height to ultra-high, increasing the number of nodes, beans and seeds, seed size and weight, and yield. It has increased resistance of tall plants to tilting and lodging due to excessive moisture due to the increased mechanical strength of the stem. Due to its tall growth and high positive response to additional moisture supply, it is suitable for cultivation in the southern foothill and central zones of the Krasnodar region and on irrigated plot throughout the North

Key words: soybean, productivity, tallness, gigantism, large seed size, molecular-genetic passport

Мировая практика показывает, что задачи селекции культурных растений, особенно самоопыляющихся видов, на их улучшение по количественным хозяйственно ценным признакам, кодируемым комплексами неаллельных генов, являются наиболее сложными. Несмотря на наличие современных молекулярно-биологических методов, современная практическая селекция сои продолжает активно использовать небиотехнологические методы классической селекции, позволяющие эффективно работать с полигенными признаками [1]. Это в полной мере относится к направлениям селекции сои на повышение продуктивности, крупности и биохимического состава семян, оптимизации габитуса куста и т.п. Одним из современных и эффективных небиотехнологических методов, позволяющих создавать сорта сои с улучшенными количественными признаками гетерозисного уровня, является метод селекции сои с использованием источников комплексов компенсационных генов – ККГ-технология [2; 3]. Эта технология основана на теории закреплённого гетерозиса акад. В.А. Струнникова [4].

Лаборатория селекции и семеноводства сои ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК имеет обширный результативный опыт по селекции высокопродуктивных сортов сои на основе ККГ-технологии с целью улучшения целого ряда количественных признаков – урожайности, холодоустойчивости, засухоустойчивости, крупности семян, содержания белка в семенах и т.п. Поэтому в лаборатории ежегодно проводятся искусственные скрещивания с участием в качестве родительских форм источников различных комплексов компенсирующих генов (ККГ-комплексов), позволяющих получать в расщепляющихся гибридных популяциях формы с гетерозисным эффектом по целому ряду хозяйственно ценных признаков.

В 2013 г. в лаборатории селекции и семеноводства сои ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК была произведена искусственная гибридизация выведенного по ККГ-технологии и являющегося вторичным источником ККГ-комплекса сорта сои Вилана собственной селекции и детерминантного крупносемянного китайского сортообразца сои из ВИР Pin GD 4182 (к-11181). В поколении F₂ гибридной популяции Вилана × Pin GD 4182 стали выщепляться очень высокорослые растения с признаками гигантизма. Ранее оба родительских сорта, независимо друг от друга, неоднократно вовлекались в скрещивания как во ВНИИМК, так и в других селекционных центрах. Однако случаев получения от них очень высокорослого, гигантского гибридного потомства не отмечалось. По настоящее время сам термин «гигантизм» у растений не имеет единых унифицированных критериев и в зависимости от видов растений по критериям существенно отличается [5]. Тем не менее выщепившиеся в гибридной популяции Вилана × Pin GD 4182 очень высокорослые растения сои (с высотой до 180 см) вполне могут быть квалифицированы как гиганты.

В 2015 г. в гибридной популяции F₄ Вилана × Pin GD 4182 было выделено очень высокорослое (> 160 см) средне-спелое растение с крупными семенами, потомство которого в период 2016–2018 гг. проходило предварительное размножение и первичную оценку по основным хозяйственно ценным признакам. С 2019 г. этот сортообразец под рабочим названием селекционная линия Д-621/19 проходил комплексную оценку в питомниках предварительного и конкурсного сортоиспытания, где было установлено, что по основным хозяйственно ценным признакам он превышает высокоурожайный среднеспелый сорт-стандарт Вилана. Урожайность селекционной линии Д-621/19 в среднем за три года (2020–2022 гг.) в конкурсном сортоиспытании превысила этот показатель у сорта-стандарта Вилана на 0,18 т/га. Вегетационный период нового сорта на широте Краснодара (45°), в зависимости от ме-

теоусловий года, варьировал от 121 до 129 суток и в среднем за 2020–2022 гг. составил 124 дня (табл. 1). В 2022 г. под коммерческим названием «Мамонт», отражающим элементы гигантизма в габитусе куста, эта линия была передана на Государственное сортоиспытание.

Таблица 1

Характеристика очень высокорослого сорта Мамонт (линия Д-621/19)

ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, Краснодар, г. 2020–2022 гг.

Сорт	Веgetационный период, сутки	Средняя высота растений, см	Средняя масса 1000 семян, г	Урожайность, т/га			
				2020 г.	2021 г.	2022 г.	среднее за 3 года
Мамонт (Д-621/19)	124	152	182	2,83	2,43	3,15	2,80
Вилана (ст.)	129	106	144	2,87	2,19	2,79	26,2
Откл. от стандарта, ± Δ	-5	+46	+38	-0,04	+0,24	+0,36	+0,18
НСР ₀₅	–	–	–	0,19	0,21	0,29	–

Высота растений сорта Мамонт на широте Краснодара в среднем за три года конкурсного сортоиспытания составила 152 см. На фоне близких к оптимальным по влагообеспечению погодным условиям 2022 г. средняя высота растений этого сорта составляла 174 см (рис. 1).



Рисунок 1 – Типичное растение с признаками гигантизма (а) и участок размножения (б) сорта Мамонт, г. Краснодар,

1-е отд. ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, 2022 г.

Тип развития куста очень высокорослого сорта Мамонт по международному классификатору UPOV и тип роста его растений по классификатору ВНИИМК классифицируется от полуиндетерминантного до индетерминантного с удлинённым периодом цветения, завершающимся в период начала налива семян в бобах нижних узлов (коды типа роста – SD4–SD5) [6]. На географических широтах $45 \pm 5^\circ$ фенотип растений сорта Мамонт по внутривидовой классификации сои ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК соответствует сортотипам от мощного до сверхмощного – сс. *athlanta* Zel. et Koch. и сс. *giperathlanta* Zel. et Koch. северокавказской эколого-географической группы маньчжурского подвида сои ssp. *manshurica* (Enken) Zel. et Koch. [7].

Более детальное изучение в 2022 г. характера прироста и общей биомассы очень высокорослых, с признаками гигантизма, растений сорта Мамонт позволило установить, что при близком вегетационном периоде с сортом-стандартом Вилана, 129 и 135 суток, соответственно, феномен гигантизма подтверждался увеличенной на 51,4 см средней высотой растений сорта Мамонт относительно сорта-стандарта, составившей в условиях 2022 г. 173,4 и 122,3 см соответственно (табл. 2).

Таблица 2

Феномен ускоренного формирования дополнительной биомассы в единицу времени и увеличенных значений биометрических показателей у очень высокорослого сорта сои Мамонт (линия Д-621/19)

ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, г. Краснодар, 2022 г.

Сорт	Веgetационный период, сутки	Высота растения		Воздушно-сухая масса надземной части зрелого растения		Средняя масса семян с растения, г	Среднее кол-во семян на растении, шт.	Масса 1000 семян, г
		средняя, см	прирост, см/сут.	средняя, г	прирост, г/сут.			
Мамонт (Д-621/19)	129	173,7	1,35	77,8	0,60	31,6	167	176,6
Вилана (стандарт)	135	122,3	0,91	46,8	0,35	23,5	132	136,1
Отклонение от стандарта, ± Δ	-6	+51,4	+0,44	+31,0	+0,25	+8,1	+35	+40,2
	96 %	142 %	148 %	166 %	171 %	134 %	127 %	130 %

Суточный прирост высоты центрального побега у сорта Мамонт составлял 1,35 см/сут., а у сорта-стандарта – 0,91 см/сут. Суточный прирост воздушно-сухой биомассы у сорта Мамонт зафиксирован на уровне 0,60 г/сут., что составило 171 % по сравнению с этим же показателем у сорта Вилана – 0,35 г/сут. Также сорт Мамонт отличался от сорта-стандарта Вилана увеличенной массой и количеством семян с 1-го растения, а также массой 1000 семян. Все представленные в таблице 2 биометрические показатели растений сорта Мамонт подтверждают феномен гигантизма.

Окраска венчика цветка у сорта сои Мамонт белая. Лепестки-вёсла цветка широко расставленные. Лепестки-лодочки цветка почти сомкнутые. В стадии полного раскрытия цветка лепестки-лодочки полностью закрывают вскрывшиеся пыльники с созревшей пыльцой, что обеспечивает защиту от спонтанного переопыления.

Окраска опушения растений сорта Мамонт серая. Окраска бобов от бежевой до светло-коричневой. Нижние бобы при оптимальной для этого сорта густоте стояния растений (250–350 тыс. раст/га), вследствие формирования удлинённых междоузлий располагаются на высоте 16–19 см от поверхности почвы.

Семена округло-удлинённые, от среднего до крупного размера. Семенная оболочка жёлтая, в оптимальных условиях налива и созревания без пигментации. Окраска рубчика семени жёлтая, в зависимости от положения на растении от бесцветного (в нижнем ярусе) до слабо-коричневого цвета (в верхнем ярусе или в условиях пониженных температур в конце налива) (рис. 2).



Рисунок 2 – Размеры, форма и окраска семян сорта Мамонт

В богарных условиях выращивания масса 1000 семян этого сорта составляет 165–195 г.

На оптимизацию влагообеспечения за счёт дополнительных осадков в течение вегетации или орошения среднеспелый сорт сои Мамонт отзывается увеличением высоты растений до сверхвысокой, формированием дополнительных узлов на главном и боковых побегах, увеличением количества бобов и семян, крупности и массы семян, что в совокупности обеспечивает заметное увеличение урожайности. При этом растения сорта Мамонт, за счёт повышенной механической упругости и прочности стебля, обладают повышенной устойчивостью к наклону и полеганию, даже при избыточном увлажнении.

В условиях центральной зоны Краснодарского края сорт отличается повышенной полевой устойчивостью к пепельной гнили, аскохитозу, ложной мучнистой росе и бактериальной пятнистости.

Содержание белка в семенах сорта Мамонт при выращивании в условиях центральной почвенно-климатической зоны Краснодарского края и с наличием на почве специализированных азотфиксирующих бактерий составляет в среднем 40,1 % с диапазоном варьирования от 38,1 до 41,8 %. Содержание масла в семенах в среднем – 23,0 % с варьированием по годам испытания от 21,5 до 24,0 %, превышает этот показатель у сорта-стандарта на 2,6 абс. % (табл. 3).

Таблица 3

Биохимическая характеристика семян сорта Мамонт (линия Д-621/19)

ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, г. Краснодар, 2020–2022 гг.

Сорт	Содержание белка, %				Содержание масла, %			
	2020 г.	2021 г.	2022 г.	среднее за 3 года	2020 г.	2021 г.	2022 г.	среднее за 3 года
Мамонт (Д-621/19)	38,1	41,8	40,5	40,1	24,0	21,5	23,4	23,0
Вилана (стандарт)	41,7	43,8	42,4	42,6	21,1	19,3	20,7	20,4
Откл. от стандарта, ± Δ	-3,6	-2,0	-1,9	2,5	+2,9	+2,2	+2,7	+2,6

На основе полиморфизма десяти микросателлитных локусов ДНК (SSR) для сорта сои Мамонт был создан молекулярно-генетический паспорт. Полимеразную цепную реакцию (ПЦР) проводили с парами праймеров, один из которых имел флуоресцентную метку (FAM, R6G, TAMRA или ROX). Последовательности праймеров опубликованы ранее [8]. Разделение и визуализацию продуктов амплификации осуществляли методом капиллярного электрофореза в денатурирующих условиях на генетическом анализаторе «Нанофор-05» (ИАП РАН, РФ). Размер фрагментов рассчитывался относительно размерного стандарта SD-600, меченного флуоресцентным красителем (Dy-632), с помощью компьютерного программного обеспечения GeneMarker V3.0.1.

Размеры характерных для данного сорта сои амплифицированных фрагментов ДНК представлены в таблице 4. Ни по одному использованному микросателлитному локусу не выявлено внутрисортного полиморфизма. По локусам *Soypr1*, *Satt307* выявлены уникальные аллели, так как образцы с такими размерами амплифицированных фрагментов ранее нами не встречались как у сортов сои селекции ВНИИМК, так и у сортов других оригинаторов.

Таблица 4

Молекулярный паспорт сорта сои Мамонт (линия Д-621/19)

ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, г. Краснодар, 2022 г.

Локус	Размер фрагмента (п.н.)
<i>Soypr1</i>	178
<i>Soyhsp176</i>	103
<i>Satt181</i>	206
<i>Satt149</i>	262
<i>Satt286</i>	214
<i>Satt141</i>	185
<i>Satt307</i>	171
<i>Satt309</i>	129
<i>Satt681</i>	243
<i>Satt532</i>	165

В целом, проведённые исследования на всех этапах селекционного процесса пока-

зывают, что очень высокорослый, с признаками гигантизма, среднеспелый сорт сои Мамонт отличается повышенной отзывчивостью на дополнительное увлажнение увеличением признаков высоты растений до сверхвысокой, увеличением количества узлов, бобов и семян, крупности и массы семян, урожайности. Обладает повышенной устойчивостью высокорослых растений к наклону и полеганию при избыточном увлажнении за счёт повышенной механической прочности стебля. За счёт высокорослости и высокой положительной реакции на дополнительное влагообеспечение пригоден для выращивания в южно-предгорной и центральной зонах Краснодарского края, при орошении по всей территории Северо-Кавказского и Нижневолжского регионов (6 и 8 зоны) (рис. 3).



Рисунок 3 – Зоны государственного сортоиспытания в Российской Федерации нового очень высокорослого сорта сои Мамонт

Список литературы

1. Лукомец В.М., Зеленцов С.В. Методы селекции сои и льна // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2019. – № 2. – С. 19–23.
2. 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. (сборник). – Краснодар, 2004. – С. 67–73.

3. 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.

4. Струнников В.А. Новая гипотеза гетерозиса: её научное и практическое значение // Вестник сельскохозяйственной науки. – 1983. – № 1 (316). – С. 34–40.

5. Белая Г.А., Морозов В.П. Высокорослость травяных экосистем и «гигантизм» растений // Вестник ОГУ. Естественные науки. – 2000. – № 2. – С. 65–76.

6. 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.

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

8. Рамазанова С.А., Савиченко В.Г., Устарханова Э.Г., Логинова Е.Д., Рамазанов Р.Н., Гучетль А.Х. Поиск новых SSR локусов ДНК для создания эффективной технологии генотипирования сои // Масличные культуры. – 2021. – Вып. 4 (188). – С. 18–24.

References

1. Lukomets V.M., Zelentsov S.V. Metody selektsii soi i l'na // Vestnik rossiyskoy sel'skokhozyaystvennoy nauki. – 2019. – № 2. – S. 19–23.

2. 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. (sbornik). – Krasnodar, 2004. – S. 67–73.

3. Zelentsov S.V., Moshnenko E.V., Saenko G.M., Bubnova L.A., Zelentsov V.S. Sovremennye nebiotekhnologicheskie metody selektsionno-geneticheskogo uluchshe-

niya soi // V sb. tezisov докладов VII s'ezda Vavilovskogo obshchestva genetikov i selektsionerov (VOGiS), 18–22 iyunya, Sankt-Peterburg. – SPbGU, 2019. – S. 163.

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

5. Belaya G.A., Morozov V.P. Vysokoroslost' travyanykh ekosistem i «gigantizm» rasteniy // Vestnik OGU. Estestvennye nauki. – 2000. – № 2. – S. 65–76.

6. 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.

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

8. Ramazanova S.A., Savichenko V.G., Ustarkhanova E.G., Loginova E.D., Ramazanov R.N., Guchetl' A.Kh. Poisk novykh SSR lokusov DNK dlya sozdaniya effektivnoy tekhnologii genotipirovaniya soi // Maslichnye kul'tury. – 2021. – Vyp. 4 (188). – S. 18–24.

Сведения об авторах

С.В. Зеленцов, гл. науч. сотр., д-р с.-х. наук, чл.-корр.

Рос. акад. наук

Е.В. Мошненко, вед. науч. сотр., канд. биол. наук

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

Е.Н. Будников, ст. науч. сотр.

Г.М. Саенко, ст. науч. сотр., канд. биол. наук

В.Г. Савиченко, мл. науч. сотр.

Получено/Received

19.10.2023

Получено после рецензии/Manuscript peer-reviewed

25.10.2023

Получено после доработки/Manuscript revised

25.10.2023

Принято/Accepted

30.10.2023

Manuscript on-line

30.12.2023