

Оригинальная статья / Original article

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2026-1-51-57>
УДК: 633.413:577.212:631.527.33

Т.В. Вострикова*, Т.П. Федулова,
А.А. Налбандян, Т.С. Руденко,
Ю.С. Коростелева

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свеклы и сахара им. А.Л. Мазлумова»
396030, Россия, Воронежская область,
Рамонский район, ВНИИСС, д. 86

*Автор для переписки:
tanyavostric@rambler.ru

Вклад авторов: А.А. Налбандян: руководство исследованием, ресурсы, создание рукописи и её редактирование; Т.В. Вострикова: проведение исследований, концептуализация, методология, верификация и администрирование данных, создание рукописи и её редактирование; Т.П. Федулова: проведение исследований, создание рукописи и её редактирование; Т.С. Руденко, Ю.С. Коростелева: проведение исследований.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Вострикова Т.В., Федулова Т.П., Налбандян А.А., Руденко Т.С., Коростелева Ю.С. Молекулярно-генетический анализ и комбинационная способность линий свеклы сахарной при создании гетерозисных гибридов. *Овощи России*. 2026;(1):51-57.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2026-1-51-57>

Поступила в редакцию: 14.11.2025

Принята к печати: 09.02.2026

Опубликована: 16.03.2026

Tatyana V. Vostrikova*, Tatyana P. Fedulova,
Arpine A. Nalbandyan, Tatyana S. Rudenko,
Yulia S. Korosteleva

"A.L. Mazlumov All-Russian Research Institute of Sugar Beet and Sugar"
86, ARRISBS, Ramonsky district,
Voronezh region, 396030, Russia

*Correspondence Author:
tanyavostric@rambler.ru

Authors' Contributions. A.A. Nalbandyan: supervision, resources, writing – review & editing. T.V. Vostrikova: investigation, conceptualization, methodology, validation, data curation, writing – review & editing. T.P. Fedulova: investigation, writing – review & editing; T.S. Rudenko, Yu.S. Korosteleva: investigation.

Conflict of interest. The authors declare that there are no conflicts of interest.

For citations: Vostrikova T.V., Fedulova T.P., Nalbandyan A.A., Rudenko T.S., Korosteleva Yu.S. Molecular genetic analysis and combination capability of sugar beet lines in the creation of heterosis hybrids. *Vegetable crops of Russia*. 2026;(1):51-57. (In Russ.)
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2026-1-51-57>

Received: 14.11.2025

Accepted for publication: 09.02.2026

Published: 16.03.2026

Молекулярно-генетический анализ и комбинационная способность линий свеклы сахарной при создании гетерозисных гибридов



РЕЗЮМЕ

Актуальность. В последнее время для развития отечественных селекционных программ и увеличения эффективности селекционного процесса привлекаются молекулярно-генетические исследования, в том числе по микросателлитным ДНК-маркерам. Они помогают сэкономить время для подбора наиболее продуктивных гибридных комбинаций при создании гетерозисных гибридов, когда важен анализ комбинационной способности генотипов.

Материал и методика. Работа была выполнена в ФГБНУ «Всероссийском научно-исследовательском институте сахарной свеклы и сахара им. А.Л. Мазлумова». В экспериментах были использованы диплоидные раздельноплодные мужскостерильные формы свеклы сахарной, которые скрещивали с фертильными диплоидными сростноплодными опылителями (типа топкросс). У полученных гибридов оценивали признаки продуктивности (урожайность, сахаристость и сбор сахара). Молекулярно-генетические экспериментальные исследования проведены в 3-х кратной биологической повторности. При проведении генотипирования селекционных образцов сахарной свёклы были использованы 8 пар праймеров к микросателлитным локусам генома.

Результаты. Отобранные по молекулярно-генетическим маркерам родительские компоненты продемонстрировали высокую продуктивность в сравнении со стандартом. По результатам микросателлитного анализа наиболее высокую продуктивность проявили родительские пары, компоненты которых имели наибольшие генетические расстояния. В результате проведенных полевых испытаний выявлено, что гибридные комбинации на основе компонентов MS 9047, MS 94 Ap, ЛБС 16 в сочетании с ОП 15676 и опылителями-синтетиками, содержащими ОП 15676, показали высокую продуктивность (урожайность и сахаристость), сбор сахара от 7,3 до 9,9 т/га существенно превышающий стандарт на 43-93%.

Заключение. Результаты молекулярно-генетического анализа по SSR-маркерам, прогнозирующие гетерозис в гибридных комбинациях свеклы сахарной, подтверждаются экспериментальными полевыми исследованиями.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

свекла сахарная, гибрид, мужскостерильные формы, комбинационная способность, продуктивность, микросателлитный анализ

Molecular genetic analysis and combination capability of sugar beet lines in the creation of heterosis hybrids

ABSTRACT

Relevance. Molecular genetic research, including microsatellite DNA markers, has recently been used to develop domestic breeding programs and increase the efficiency of the breeding process. The time is saved in selecting the most productive hybrid combinations whith creating heterotic hybrids, where analyzing the combining ability of genotypes is important.

Materials and Methods. The study was made at the A.L. Mazlumov All-Russian Research Institute of Sugar Beet and Sugar. The experiments utilized diploid, dioecious, male-sterile sugar beet varieties, which were crossed with fertile diploid (topcross type), unioecious pollinators (selected by the A.L. Mazlumov All-Russian Research Institute of Sugar Beet and Sugar). The resulting hybrids were evaluated for productivity traits (yield, sugar content, and sugar yield). Molecular genetic experimental studies were conducted in triplicate. Eight pairs of primers to microsatellite loci of the genome were used for genotyping sugar beet breeding samples.

Results. The parental components selected using molecular genetic markers demonstrated high productivity as compared to the standard. Microsatellite analysis revealed that the highest productivity was demonstrated by parental pairs whose components had the greatest genetic distances. Field trials revealed that hybrid combinations based on MS 9047, MS 94 Ap, and LBS 16 components, combined with OP 15676 and synthetic pollinators containing OP 15676, demonstrated high productivity (yield and sugar content), sugar yield From 7,3 to 9,9 t/ga, significantly exceeding the standard for 43-93%.

Conclusion. The results of molecular genetic analysis of SSR markers predicting heterosis in hybrid combinations of sugar beet are confirmed by experimental field studies.

KEYWORDS:

sugar beet, hybrid, male-sterile forms, combining ability, productivity, microsatellite analysis

Введение

В программе селекции информация о комбинационной способности необходима для отбора родительских особей, а также идентификации потомства при выведении высокоурожайных сортов [1]. При этом важную роль в селекции играет анализ комбинационной способности генотипов. Успешный подбор пар для гибридизации зависит от способности образцов к комбинированию [2, 3]. Оценка комбинационной способности изучаемых сортов и линий позволяет предвидеть результаты будущих скрещиваний и отбирать перспективный материал [4-6]. Комбинационная способность передается потомству, как при самоопылении, так и при скрещивании [6]. При оценке линий различают общую комбинационную способность (ОКС) и специфическую комбинационную способность (СКС). ОКС выражает среднюю ценность линии в гибридных комбинациях [5, 7]. СКС используют для характеристики отдельных комбинаций на основании среднего качества изучаемых родительских форм [4, 5]. Для свеклы сахарной комбинационную способность обычно оценивают по признакам урожайности и сахаристости, применяя метод топкросс, когда анализируемые линии скрещивают с одним тестером [5]. Использование линии в качестве тестера повышает результативность селекционной работы, позволяя анализировать в том числе влияние природно-климатических факторов на проявление комбинационной способности по хозяйственно ценным признакам [8, 9]. Установлено, что комбинационная способность по признакам урожайности и сахаристости у диплоидных и тетраплоидных линий и опылителей свеклы сахарной на широкой генетической основе определяется, в основном, аддитивными взаимодействиями генов [10]. В работах М.А. Богомолва (2022-2024) показано, что проявление СКС обуславливается неаддитивными взаимодействиями генов [6, 7, 11-14]. Анализ действия генов выявил преобладание как аддитивных, так и неаддитивных генов для урожайности и сопутствующих ей признаков у кукурузы [15]. Комбинационную способность по признаку «урожайность зерна», «скороспелость» часто исследуют на кукурузе [15, 16], сое [1]. В Российской Федерации были выделены линии с высокой общей и специфической комбинационной способностью и созданы новые высокогетерозисные гибридные комбинации на основе самоопыленных линий кукурузы в системе топкроссных скрещиваний [17]. Отобранные генотипы по общей и специфической комбинационной способности как лучшие родители могут быть использованы для скрещивания и получения скороспелых и высокоурожайных сортов [1]. При удачном подборе пар для скрещивания отмечается гетерозис в гибридном поколении. Гетерозис – свойство гибридов превосходить по определённым признакам родительские компоненты, взятые для гибридизации [2, 3, 11].

В последнее время для развития отечественных селекционных программ и увеличения эффективности селекционного процесса привлекаются молекулярно-генетические исследования, в том числе по микросателлитным ДНК-маркерам. SSR-метод (Simple Sequence Repeat), являющийся одним из высокоэффективных и надежных, основан на анализе микросателлитных повторов, которые окружают многие гены и используются как якорные последовательности к этим генам [18]. Например, с использованием разработанной авторами мульти-плексной системы микросателлитных ДНК маркеров удалось в короткие сроки идентифицировать и оценить генетическое разнообразие 28 линий подсолнечника [19]. Применение

SSR-метода включено в разработанную в ФГБНУ «ВНИИСС им. А.Л. Мазлумова» схему маркер-ассоциированной (MAS) селекции *Beta vulgaris* L. [18].

Для определения эффективности комбинирования линий при выведении гетерозисных гибридов в последние годы часто прибегают к молекулярно-генетическому анализу в селекционных исследованиях свеклы [20, 21]. Ранее были проведены исследования родительских линий и гибридов из Казахстана и России (в том числе селекции ВНИИСС им. А.Л. Мазлумова) с использованием маркеров случайной амплифицированной полиморфной ДНК (RAPD), хозяйственно-ценных признаков и биохимического состава: массы корнеплода, содержания сахара. Образцы были разделены на шесть групп на основе массы корнеплодов и содержания сахара с помощью кластерного анализа.

В целях получения гетерозисного эффекта и создания высокопродуктивных гибридов свёклы рекомендуется использование селекционных материалов, находящихся на большом генетическом расстоянии друг от друга [20, 22]. В связи с этим при создании гетерозисных гибридов важен анализ комбинационной способности генотипов, а молекулярно-генетические исследования помогают сэкономить время для подбора наиболее продуктивных гибридных комбинаций.

Цель исследования – проведение молекулярно-генетического анализа и оценке комбинационной способности линий свеклы сахарной для подбора гибридных комбинаций с наибольшей продуктивностью.

Материалы и методы исследований

Исследования проводили на территории опытно-производственной базы ФГБНУ «ВНИИСС им. А.Л. Мазлумова» в условиях трехпольного севооборота. Предшественником свеклы сахарной первого года вегетации являлась озимая пшеница. Изолированные участки для свеклы второго года вегетации жизни располагались в посевах озимой пшеницы с соблюдением правил пространственной изоляции [23]. Почвы севооборота представлены выщелочным черноземом с содержанием гумуса – 4,83-5,53 %; N-NO₃–=1,39-1,49 мг/100 г почвы; P₂O₅=8,87-10,6 мг/100 г почвы; K₂O=10,2-11,3 мг/100 г почвы [24].

В экспериментах нами были использованы диплоидные раздельноплодные мужскостерильные формы свеклы сахарной (МС 94 Ар, МС 9047, МС ЛБС 16), которые скрещивали с фертильными диплоидными сростноплодными опылителями (15676, ОП синтетик 15202 x 14044, ОПС 2, ОПС 6, ОПС 8 селекции ВНИИСС им. А.Л. Мазлумова).

Патент на мужскостерильную линию ЛБС 16 был получен ранее (авторы: д. с.-х. н. Богомолв М.А., д.б.н. Федулова Т.П., 2005) [25].

Линия МС 94 Ар – стерильная, раздельноплодная, диплоидная, урожайно-сахаристого направления с корнеплодом округло-конической формы. Апомиктичная линия, полученная с помощью индуцированного опыления гамма-облученной пылью дикой свеклы (*Beta corolliflora* Zosimovic ex Buttler) и последующим повторно-индивидуальным отбором по раздельноплодности, стерильности, продуктивности. Обладает хорошей комбинационной способностью, устойчивостью к корневым гнилям, вирусу желтухи свеклы, корнеедом поражается на уровне стандарта. Отличается способностью к апомиктическому способу семенной репродукции.

Линия ГП-1518 – стерильная, раздельноплодная, диплоидная, урожайного направления с корнеплодом округло-конической формы. Обладает хорошей комбинационной способ-

ностью, устойчивостью к корневым гнилям, вирусу желтухи свеклы, корнеедом поражается на уровне стандарта.

Ранее описанная и исследуемая нами инбредная линия MC-2113 с корнеплодом округло-конической формы селекции ВНИИСС им. А.Л. Мазлумова [9] являлась основой для дигиплоида ГП-1518, полученного с помощью методов биотехнологии и микроклонального размножения. Значительная комбинационная способность исходной линии MC-2113 отмечена нами ранее на основании полевых экспериментов. Кроме того, по результатам RAPD-анализа данная линия характеризовалась потенциально высокой комбинационной способностью [21].

Линия КУ-1519 – стерильная, раздельноплодная, диплоидная, урожайного направления с корнеплодом округло-конической формы. Обладает хорошей комбинационной способностью, устойчивостью к корневым гнилям, вирусу желтухи свеклы, корнеедом поражается на уровне стандарта. Осмоустойчивая линия была получена с помощью методов биотехнологии и микроклонального размножения.

Сростноплодный диплоидный опылитель 15676 выделен из сорта-популяции Рамонская 931 (х Р 065), сростноплодные диплоидные опылители 15202 и 15465 выделены из сорта-популяции Р-125. Описание этих линий было представлено ранее [9]. Сростноплодный диплоидный опылитель 14044 выделен из сорта Рамонская 1537 улучшенная. Сростноплодный диплоидный опылитель Р 065 отобран из сорта-популяции Рамонская 06 [6, 7, 9, 23].

Линия ОП-14044 – фертильная, сростноплодная, диплоидная, урожайно-сахаристого направления с корнеплодом овально-конической формы. Обладает хорошей комбинационной способностью, устойчивостью к корневым гнилям, вирусу желтухи свеклы, церкоспорозу, корнеедом поражается на уровне стандарта.

Линия Р 065 – фертильная, сростноплодная, диплоидная, урожайно-сахаристого направления с корнеплодом овально-конической формы. Обладает хорошей комбинационной способностью, устойчивостью к корневым гнилям, вирусу желтухи свеклы, церкоспорозу, корнеедом поражается на уровне стандарта.

Сравнительное испытание исходного материала свеклы сахарной проводили в 2022 г. В следующем (2023 год) осуществляли молекулярно-генетический анализ и посадку корне-

плодов в соответствии с его результатами. Производили сбор семян, которые были высеваны в предварительном испытании в 2024 году У полученных гибридов оценивали признаки продуктивности (урожайность, сахаристость и сбор сахара). Стандартом служил иностранный диплоидный гибрид Митика (оригинатор LTD Lion Seeds).

Оценку урожайности и сахаристости линий свеклы сахарной проводили путем отбора средней пробы с делянки. Для определения количественных признаков опыт проводили в четырех повторностях, поэтому площадь опытной делянки 54 м². Размер учетной делянки для одной повторности – 13,5 м². Густоту стояния растений рассчитывали в тыс. шт./га. Анализ корнеплодов для определения массы корнеплода и сахаристости проводили на автоматизированной линии ВЕНЕМА. Исследования производили по стандартным методикам [6, 7, 11]. Достоверность полученных результатов оценивали методом однофакторного дисперсионного анализа [26].

Выделение геномной ДНК из растительной ткани сахарной свёклы осуществляли наборами фирмы «Синтол» по протоколу производителя. Качество выделенной нуклеиновой кислоты определено путем электрофореза в 1% агарозном геле в присутствии бромистого этидия. Полученная ДНК растворялась в 10 мМ трис-НСI-буфера, рН 8,0, содержащем 0,1 мМ ЭДТА и использовалась для ПЦР-анализа. Полимеразно-цепная реакция проведена на амплификаторе «Genius» (Великобритания). Статистическая обработка результатов экспериментальных исследований осуществлена с использованием программного обеспечения PAST.

Молекулярно-генетические экспериментальные исследования проведены в 3-х кратной биологической повторности. При проведении генотипирования селекционных образцов сахарной свёклы были использованы 8 пар праймеров к микросателлитным локусам генома: Unigene 16898, Unigene 22373 [27], Bv23 [28], FD1002, BQ584493, BQ585656 [29], Sb15, Sb04 [30].

Результаты исследований и их обсуждение

Исходными компонентами для подбора родительских пар в гибридных комбинациях на основе генетической дивергенции служили мужскостерильные раздельноплодные линии свеклы сахарной: MC 94 Ар, MC 9047, MC ЛБС 16, простые гибриды между мужскостерильной линией и неродственным раздель-

Таблица 1. Результаты сравнительного испытания исходного материала свеклы сахарной (2022 год)
Table 1. Results of comparative testing of sugar beet raw material (2022)

| Материал | Густота стояния растений, тыс. шт./га | Урожайность, т/га | Сахаристость, % | Сбор сахара, т/га | В % от стандарта | | |
|---------------------------|---------------------------------------|-------------------|-----------------|-------------------|------------------|--------------|-------------|
| | | | | | урожайность | сахаристость | сбор сахара |
| Стандарт Митика F1 | 108,7 | 32,9 | 14,8 | 4,9 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| МС ЛБС 16 (х) | 102,8 | 38,5 | 14,8 | 5,7 | 117,1 | 100,0 | 117,0 |
| МС 9047 (х) | 101,7 | 51,8 | 16,5 | 8,6 | 157,4 | 111,5 | 175,5 |
| КУ-1519 (х) | 91,4 | 46,2 | 14,7 | 6,8 | 140,4 | 99,3 | 139,5 |
| ГП-1518 (х) | 93,3 | 46,1 | 15,1 | 6,9 | 140,0 | 101,9 | 142,5 |
| ОП синтетик 15202 х 14044 | 97,8 | 48,3 | 16,1 | 7,8 | 146,8 | 108,8 | 159,2 |
| ОП синтетик 6 | 94,5 | 49,1 | 16,1 | 7,9 | 149,2 | 108,8 | 161,2 |
| ОП синтетик 8 | 107,8 | 36,7 | 16,5 | 6,1 | 111,6 | 111,5 | 124,3 |
| ОП синтетик 2 | 98,8 | 44,6 | 17,4 | 7,8 | 135,6 | 117,6 | 159,2 |
| МС 94 Ар | 109,4 | 45,3 | 15,2 | 6,9 | 137,7 | 102,7 | 141,4 |
| МС ЛБС 16 | 108,4 | 53,6 | 15,8 | 8,5 | 162,9 | 106,8 | 173,5 |
| НСР ₀₅ | 1,0 | 1,8 | 0,3 | 0,4 | | | |

ноплодным опылителем: МС 9047 (х), МС ЛБС 16 (х), КУ-1519 (х), ГП-1518 (х), а также сростноплодные опылители: ОП 15676, опылитель-синтетик 15202 х 14044, ОП синтетик 2 (получен на основе ОП 15202), ОП синтетик 6, ОП синтетик 8 (получены на основе ОП 15676). Продуктивность исходных компонентов представлена в таблице 1.

Из таблицы следует, что максимальной продуктивностью (сбором сахара 8,5-8,6 т/га), урожайностью (51,8-53,6 т/га) характеризовались мужскостерильная линия МС ЛБС 16 и простой гибрид на основе линии МС 9047 (х). Высокая сахаристость отмечена у этого гибрида, также у ОП синтетика 8 (16,5%), ОП синтетика 6 (16,1%), полученных на основе ОП 15676 (урожайно-сахаристого типа), а наибольшая у ОП синтетика 2 (17,4%), полученного на основе ОП 15202 (сахаристого типа). Наиболее существенно превысили сахаристость стандарта сростноплодные опылители-синтетики ОПС 6, ОПС 2 и ОПС 8 – 108,8-117,6%. Значительное увеличение продуктивности в сравнении со стандартом, включающее как урожай-

гибриды (МС ЛБС 16 (х), МС 9047 (х)); сростноплодные опылители (ОП 15676), в том числе опылители-синтетики (ОП 15202 х 14044, ОПС 2 – на основе ОП 15202 и ОПС 6); закрепители стерильности О-типа (ГП-1518 и КУ-1519). Выявленные генетические расстояния между компонентами показывают, что наиболее эффективное сочетание компонентов пробных гибридов для их высокой продуктивности ожидается от пар: МС 9047 х ОПС 6, МС 9047 (х) х ОПС 6, МС 9047 (х) х ОПС 15202 х 14044, МС ЛБС 16 х ОП 15676, МС ЛБС 16 (х) х ОП 15676, МС 94 AP х ОПС 2, МС 94 AP х ОПС 6.

Осуществив скрещивание по рекомендуемым вариантам в полевых условиях на изолированных участках, мы получили следующие результаты. Действительно, высокую продуктивность показали гибридные комбинации на основе МС 9047 с ОПС 6, урожайность в одной из них составила 147,6%, сахаристость – 109,1% от стандарта. При скрещивании простого гибрида МС 9047 (х) с ОПС 6 – 159,8% и 112,3% соответственно. Более высокую урожайность от стандарта (163,1%) и сахарис-

Таблица 2. Генетические расстояния между исходными родительскими линиями по Эвклиду
Table 2. Genetic distances between the original parental lines according to Euclidean

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1 | 0.00 | 2.24 | 2.00 | 1.41 | 2.45 | 2.83 | 2.83 | 2.83 | 2.45 | 2.24 | 2.83 |
| 2 | 2.24 | 0.00 | 1.00 | 2.65 | 3.00 | 3.00 | 2.24 | 2.24 | 1.73 | 1.41 | 2.24 |
| 3 | 2.00 | 1.00 | 0.00 | 2.45 | 2.83 | 2.83 | 2.00 | 2.00 | 1.41 | 1.00 | 2.00 |
| 4 | 1.41 | 2.65 | 2.45 | 0.00 | 2.45 | 2.45 | 3.16 | 2.45 | 2.00 | 2.24 | 2.83 |
| 5 | 2.45 | 3.00 | 2.83 | 2.45 | 0.00 | 2.45 | 2.83 | 2.45 | 2.83 | 2.65 | 2.45 |
| 6 | 2.83 | 3.00 | 2.83 | 2.45 | 2.45 | 0.00 | 2.00 | 2.00 | 2.45 | 2.65 | 2.00 |
| 7 | 2.83 | 2.24 | 2.00 | 3.16 | 2.83 | 2.00 | 0.00 | 2.00 | 2.45 | 2.24 | 1.41 |
| 8 | 2.83 | 2.24 | 2.00 | 2.45 | 2.45 | 2.00 | 2.00 | 0.00 | 1.41 | 1.73 | 1.41 |
| 9 | 2.45 | 1.73 | 1.41 | 2.00 | 2.83 | 2.45 | 2.45 | 1.41 | 0.00 | 1.00 | 2.00 |
| 10 | 2.24 | 1.41 | 1.00 | 2.24 | 2.65 | 2.65 | 2.24 | 1.73 | 1.00 | 0.00 | 1.73 |
| 11 | 2.83 | 2.24 | 2.00 | 2.83 | 2.45 | 2.00 | 1.41 | 1.41 | 2.00 | 1.73 | 0 |

Примечание:

Родительские компоненты: 1 – МС 94 AP; 2 – МС ЛБС 16; 3 – МС ЛБС 16 (х); 4 – МС 9047; 5 – МС 9047 (х); 6 – ОП 15676; 7 – ОПС 6; 8 – ОПС 2; 9 – ОП 14044 х 15202; 10 – ГП-1518; 11 – КУ-1519

ность, так и сахаристость отмечено у мужскостерильной линии МС ЛБС 16 (162,9% и 106,8% от стандарта, соответственно) и простого гибрида на основе линии МС 9047 (х) (157,4% и 111,5% от стандарта, соответственно).

По результатам микросателлитного анализа между изученными генотипами сахарной свёклы рассчитаны Эвклидовы генетические расстояния и построена дендрограмма их генетической близости (табл. 2, рис. 1).

Для проведения скрещиваний рекомендованы следующие гибридные комбинации, находящиеся на значительном генетическом расстоянии друг от друга: d = 2,83 – МС 94 AP х ОП 15676; МС 94 AP х ОПС 6; МС 94 AP х ОПС 2; МС 94 AP х КУ-1519; МС ЛБС 16 х ОП 15676; МС 9047 х КУ-1519; МС 9047 (х) х ОП 14044 х 15202; МС 9047 (х) х ОПС 6; d = 3,16 – МС 9047 х ОПС 6; d=3,00 – МС ЛБС 16 х ОП 15676.

Таким образом, отобранные по молекулярно-генетическим маркерам компоненты продемонстрировали высокую продуктивность в сравнении со стандартом Митика F₁.

По результатам микросателлитного анализа наиболее высокую продуктивность следует ожидать от родительских пар, компоненты которых имеют наибольшие генетические расстояния.

В микросателлитный анализ были включены: раздельно-плодные МС-линии (МС 9047, МС ЛБС 16, МС 94 AP); простые

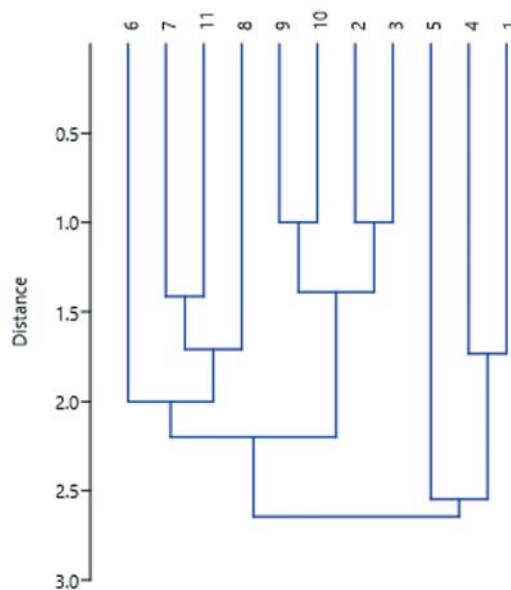


Рис. 1. Генетические расстояния между родительскими компонентами
Примечание: Обозначения родительских компонентов из таблицы 1.
Fig. 1. Genetic distances between parental components
Note: Parental component designations are from Table 1.

Таблица 3. Результаты сравнительного испытания гибридных комбинаций свеклы сахарной (2024)
Table 3. Results of comparative testing of hybrid sugar beet combinations (2024)

| Материал | Урожайность, т/га | Сахаристость, % | Сбор сахара, т/га | В % от стандарта | | |
|---------------------------------|----------------------|--------------------|----------------------|------------------|--------------|-------------|
| | | | | урожайность | сахаристость | сбор сахара |
| Стандарт Митика F ₁ | 32,8 | 15,4 | 5,1 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| МС 9047 х ОПС 8 | 50,0 | 17,2 | 8,6 | 152,4 | 111,7 | 168,6 |
| МС 94 AP х 15676 | 44,0 | 16,6 | 7,3 | 134,1 | 107,8 | 143,1 |
| МС 9047 х ОПС 6 | 48,4 | 16,8 | 8,1 | 147,6 | 109,1 | 158,9 |
| МС 9047 (х) х ОПС 6 | 52,4 | 17,3 | 9,1 | 159,8 | 112,3 | 178,4 |
| МС 94 AP х ОПС 6 | 46,2 | 17,0 | 7,9 | 140,9 | 110,4 | 154,1 |
| МС 94 AP х ОПС 2 | 48,8 | 17,1 | 8,3 | 148,8 | 111,0 | 162,7 |
| МС 9047 (х) х ОПС 15202 х 14044 | 53,5 | 17,4 | 9,3 | 163,1 | 113,0 | 182,4 |
| МС ЛБС 16 х ОП 15676 | 56,2 | 16,2 | 9,1 | 171,3 | 105,2 | 178,4 |
| МС ЛБС 16 (х) х ОП 15676 | 58,8 | 16,8 | 9,9 | 179,3 | 109,1 | 193,7 |
| НСР ₀₅ | 2,2 | 0,2 | 0,2 | | | |

стость (113,0%) имело сочетание простого гибрида МС 9047 (х) с ОПС 15202 х 14044, которое было составлено по рекомендации микросателлитного анализа.

Другой МС компонент МС 94 AP в гибридной комбинации с ОП 15676 превысил стандарт по урожайности на 34,1%, по сахаристости – на 7,8%, с ОПС 6 были получены более высокие результаты, но самую лучшую продуктивность показало его сочетание с ОПС 2: урожайность – 148,8%, сахаристость – 111,0% (от стандарта).

Гибридная комбинация линий МС ЛБС 16 и ОП 15676, составленная в соответствии с наибольшими генетическими расстояниями проиллюстрировала значительную продуктивность по сбору сахара (178,4% от стандарта). Однако наиболее существенный результат по сбору сахара (193,7% от стандарта) был получен при использовании простого гибрида МС ЛБС 16 (х) в сочетании с ОП 15676.

В результате проведенных полевых испытаний выявлено, что перечисленные гибридные комбинации имели высокую урожайность и сахаристость, существенно отличающуюся от стандарта (табл. 3). Следовательно, продуктивность значительно превысила стандарт. Самую большую урожайность (56,2-58,8 т/га) проявили сочетания: МС ЛБС 16 х ОП 15676, МС ЛБС 16 (х) х ОП 15676, немного меньшую (50,0-53,5 т/га) – МС 9047 х ОПС 6, МС 9047 х ОПС 8, МС 9047 (х) х ОПС 6. При этом в комбинациях простого гибрида (МС ЛБС 16 (х), МС 9047 (х)) и сростноплодного опылителя урожайность была выше, чем в сочетании такого же опылителя с мужскостерильной линией (МС ЛБС 16, МС 9047). Однако в гибридной комбинации мужскостерильной линии МС 9047 с ОП синтетиком 8 отмечена как более высокая урожайность, так и сахаристость по сравнению с ОП синтетиком 6 (табл. 3). Это может свидетельствовать о высокой комбинационной способности мужскостерильной линии МС 9047.

Аналогичная тенденция наблюдалась по отношению к сахаристости в анализируемых гибридных комбинациях. Более высокую сахаристость показали сочетания простого гибрида (МС ЛБС 16 (х) и МС 9047 (х)) с опылителем-синтетиком (16,8% и 17,4% соответственно) в сравнении с мужскостерильной линией (МС ЛБС 16 и МС 9047 – 16,2% и 16,8%, соответственно). Однако наибольшую сахаристость отмечалась в комбинациях между простым гибридом МС 9047 (х) и опылителем-синтетиком 15202 х 14044, что составило 17,4%, а также с ОПС 6 (17,3%). Учитывая увеличение как урожайности, так и саха-

ристости в гибридных комбинациях с мужскостерильной линией МС ЛБС 16 (табл. 3) по сравнению с исходным материалом (табл. 1), возможно указать на хорошую комбинационную способность линии МС ЛБС 16. Анализируя исходную продуктивность линии МС 94 AP (табл. 1), а также урожайность и сахаристость пробных гибридов с ее участием (табл. 3), можно предположить высокую комбинационную способность линии по исследуемым признакам.

Полученные нами результаты свидетельствуют о возможном прогнозировании эффекта гетерозиса в гибридных комбинациях на основании анализа по SSR-маркерам, что подтверждено ранее выполненными исследованиями [31]. Проведенные ранее в Казахстане исследования свеклы сахарной с использованием маркеров случайной амплифицированной полиморфной ДНК (RAPD), хозяйственно ценных признаков и биохимического состава: массы корнеплода, содержания сахара позволили разделить образцы на несколько групп [21]. Было предложено использовать генотипы двух групп линий свеклы сахарной, наиболее различающиеся по генетическим расстояниям, для создания гибридов с высокой массой корнеплода и сахаристостью. Предполагалось, что полученные в результате скрещивания этих групп гибриды могут обладать хорошей комбинационной способностью.

Наши исследования по SSR-маркерам согласуются с проведенными ранее работами с использованием RAPD-анализа и иллюстрируют высокую продуктивность в гибридных комбинациях. На основании показанного увеличения урожайности и сахаристости возможно предположить высокую комбинационную способность линий по исследуемым признакам.

Выводы

Таким образом, результаты молекулярно-генетического анализа по SSR-маркерам, прогнозирующие гетерозис в гибридных комбинациях свеклы сахарной, подтверждаются экспериментальными полевыми исследованиями. Это наглядно проиллюстрировано на примере свеклы сахарной, являющейся двухлетней перекрестноопыляемой культурой, чем ее селекция особенно затруднена. Родительские линии показали высокую комбинационную способность по селекционно ценным признакам (урожайности и сахаристости), что проявлялось увеличением продуктивности в гибридных комбинациях, подобранных с помощью микросателлитного анализа.

• Литература

1. Susanto G.W.A. Estimation of gene action through combining ability for maturity in soybean. *Sabrao Journal of Breeding and Genetics*. 2018;50(1):62-71.
2. Варламов Д.В. Гульняшкин А.В. Анашенков С.С. Селекция гибридов кукурузы, адаптированных к засушливым условиям юга России. *Зерновое хозяйство России*. 2013;4:7-13. <https://www.elibrary.ru/rcoxsp>
3. Гульняшкин А.В., Анашенков С.С., Варламов Д.В. Результаты изучения экологической адаптивности новых раннеспелых гибридов кукурузы. *Зерновое хозяйство России*. 2014;4:31-36. <https://www.elibrary.ru/smxmnl>
4. Монахос Г.Ф. Схема создания двухлинейных гибридов капустных овощных культур на основе самонесовместимости. *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2007;2:86-93. <https://www.elibrary.ru/iadqjx>
5. Кильчевский А.В., Хотылева Л.В. Генетические основы селекции растений. В 4 т. Общая генетика растений. Т.1. Минск: Белорус. наука; 2008. 551 с.
6. Богомолов М.А., Вострикова Т.В. Комбинационная способность в селекционных исследованиях сахарной свёклы. *Saxar*. 2023;9:26-30. <http://doi.org/10.24412/2413-5518-2023-9-34-38> <https://www.elibrary.ru/oehowb>
7. Богомолов М.А., Вострикова Т.В. Комбинационная способность в адаптивной селекции сахарной свёклы. *Saxar*. 2023;11:22-27. <http://doi.org/10.24412/2413-5518-2023-11-22-27> <https://www.elibrary.ru/fyqsar>
8. Суслов В.И., Логвинов В.А., Шевченко А.Г., Мищенко В.Н., Суслов А.В., Логвинов А.В. Перспективы селекции сахарной свеклы в условиях юга России. *Сахарная свекла*. 2012;7:23-27. <https://www.elibrary.ru/qipvhh>
9. Вострикова Т.В., Богомолов М.А., Сенютин А.А., Путилина Л.Н. Селекция свеклы сахарной на устойчивость к абиотическим факторам среды. *Овощи России*. 2024;(6):22-29. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-6-22-29> <https://www.elibrary.ru/osdyce>
10. Волгин В.В. Рекуррентный отбор в селекции растений (обзор). *Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур*. 2012;1(150):161-171. <https://www.elibrary.ru/pbmqyb>
11. Богомолов М.А., Вострикова Т.В. Оценка комбинационной способности МС-линий и многосемянных опылителей сахарной свёклы для подбора пар при скрещивании. *Saxar*. 2022;6:44-48. <https://doi.org/10.24412/2413-5518-2022-6-44-48> <https://www.elibrary.ru/ojtlxg>
12. Богомолов М.А., Вострикова Т.В. Сравнение продуктивности селекционного материала сахарной свёклы. *Биосфера*. 2022;14(4):275-276. <https://www.elibrary.ru/hexlpr>
13. Вострикова Т.В., Богомолов М.А. Влияние комплекса природно-климатических факторов на адаптивные реакции гибридных комбинаций сахарной свеклы. *Аграрная наука*. 2024;(11): 87-91. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-388-11-87-91> <https://www.elibrary.ru/iuzmvy>
14. Вострикова Т.В., Богомолов М.А., Федулова Т.П. Влияние погодных условий на продуктивность гибридных комбинаций сахарной свеклы. *Saxar*. 2024;11:32-36. <https://doi.org/10.24412/2413-5518-2024-4-32-36> <https://www.elibrary.ru/skvwsq>
15. Dhasarathan M., Babu C., Iyanar K. Combining ability and gene action studies for yield and quality traits in baby corn (*Zea mays* L.). *Sabrao Journal of Breeding and Genetics*. 2015;47(1):60-69.
16. Nadeem T., Khalil I.H., Jadoon S.A. Combining ability analysis for maturity and yield attributes in sweet corn across environments. *Sabrao Journal of Breeding and Genetics*. 2023;55(2):319-328. <http://doi.org/10.54910/sabrao2023.55.2.5>
17. Кривошеев Г.Я., Шевченко Н.А. Общая и специфическая комбинационная способность самоопыленных линий кукурузы по признаку «Урожайность зерна». *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрно-го университета*. 2014;104:664-674. <https://www.elibrary.ru/tfwsrd>
18. Федулова Т.П. Налбандян А.А. Современные возможности маркер-ассоциированной (MAS) селекции *Beta vulgaris* L. *Saxar*. 2022;6:34-40. <https://doi.org/10.24412/2413-5518-2022-6-34-40> <https://www.elibrary.ru/zethak>
19. Головатская А.В., Гучетль С.З. Оценка генетического разнообразия линий подсолнечника селекции ВНИИМК на основе мульти-

плексного микросателлитного анализа. *Аграрная наука*. 2024;(11):117-121. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-388-11-117-121> <https://www.elibrary.ru/nfcwce>

20. Федулова Т.П., Федорин Д.И., Богомолов М.А., Ошевнев В.П., Грибанова Н.П. Использование молекулярных маркеров в селекционно-генетических исследованиях свеклы. *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация*. 2016;4:99-104. <https://www.elibrary.ru/xgrhal>
21. Abekova A.M., Yerzhebayeva R.S., Bastaubayeva S.O., Konusbekov K., Bazylova T.A., Babissekova D.I., Amangeldiyeva A.A. Assessment of sugar beet genetic diversity in the Republic of Kazakhstan by using RAPD markers and agromorphological traits. *Sabrao Journal of Breeding and Genetics*. 2022;54(1):67-78. <http://doi.org/10.54910/sabrao2022.54.1.7>
22. Nalbandyan A.A., Fedulova T.P., Kryukova T.I., Cherepukhina I.V., Kulikova N.V. Polymorphic Microsatellite Markers to Study Sugar Beet's (*Beta vulgaris* L.) Genetic Diversity. *Russian Agricultural Sciences*. 2023;49:1-7. <http://doi.org/10.3103/s1068367423010123> <https://www.elibrary.ru/gqydze>
23. Балков И.Я. Цитоплазматическая мужская стерильность сахарной свеклы. М.: Агропромиздат;1990. 239 с.
24. Минакова О.А., Косякин П.А., Боронтов О.К. Основные результаты научных исследований ВНИИСС в области технологии возделывания сахарной свёклы. *Сахарная свекла*. 2022;9:19-25. <https://doi.org/10.25802/SB.2022.20.23.004> <https://www.elibrary.ru/egniar>
25. Богомолов М.А., Федулова Т.П. Патент на селекционное достижение № 2708 РФ. Свекла сахарная *Beta vulgaris* L. ssp. *vulgaris* var. *altissima* Doell ЛБС 16. заяв. № 9553127 26.06.2004; заявитель и патентообладатель: Учреждение РАН Центр «Биоинженерия» РАН. вид. 17.05.2005.
26. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат; 1985. 351 с.
27. Fugate K., Fajardo D., Schlautman B., Ferrareze J. P., Bolton M. D., Campbell L. G., Wiesman E., Zalapa J. Generation and Characterization of a Sugarbeet Transcriptome and Transcript-Based SSR Markers. *The Plant Genome*. 2014;7(2):1-13. <http://doi.org/10.3835/plantgenome2013.11.0038>
28. Smulders M., Esselink G., Danny G., Riek J., Vosman B. Characterisation of sugar beet (*Beta vulgaris* L. ssp. *vulgaris*) varieties using microsatellite markers. *BMC Genetics*. 2010;11(1):1-11. <http://doi.org/10.1186/1471-2156-11-41>
29. McGrath J.M., Trebbi D., Fenwick A., Panella L., Schulz B., Laurent V., Barnes S., Murray S. An open-source first-generation molecular genetic map from a sugarbeet x table beet cross and its extension to physical mapping. *Plant Gen*. 2007;1:27-44. <http://doi.org/10.2135/cropsci2006-05-0339tpg>
30. Richards Ch., Brownson M., Mitchell Sh., Kresovich S., Panella L. Polymorphic microsatellite markers for inferring diversity in wild and domesticated sugar beet (*Beta vulgaris*). *Molecular Ecology Notes*. 2004;4:243-245. <http://doi.org/10.1111/j.1471-8286.2004.00630.x>
31. Богачева Н.Н., Федулова Т.П., Налбандян А.А. Инновационные приемы молекулярной селекции сахарной свеклы. *Российская сельскохозяйственная наука*. 2019;2:15-18. <https://doi.org/10.31857/S2500-26272019215-18> <https://www.elibrary.ru/eziqtx>

• References

1. Susanto G.W.A. Estimation of gene action through combining ability for maturity in soybean. *Sabrao Journal of Breeding and Genetics*. 2018;50(1):62-71.
2. Varlamov D.V., Gulnyashkin A.V., Anashenkov S.S. Breeding of maize hybrids adapted to arid conditions of southern Russia. *Grain Economy of Russia*. 2013;4:7-13. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/rcoxsp>
3. Varlamov D.V., Gulnyashkin A.V., Anashenkov S.S. Results of a study of the ecological adaptability of new early-maturing maize hybrids. *Grain Economy of Russia*. 2014;4:31-36. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/smxmnl>
4. Monakhos G.F. Scheme for creating two-line hybrids of cabbage vegetable crops based on self-incompatibility. *Izvestiya of Timiryazev agricultural academy*. 2007;2:86-93. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/iadqjx>
5. Kilchevsky A.V., Khotyleva L.V. Genetic foundations of plant breed-

- ing. In 4 volumes. General genetics of plants. Vol. 1. Minsk: Belarusian science; 2008. 551 p. (In Russ.)
6. Bogomolov M.A., Vostrikova T.V. Combination ability in breeding studies of sugar beet. *Sugar*. 2023;9:26-30. (In Russ.) <http://doi.org/10.24412/2413-5518-2023-9-34-38> <https://www.elibrary.ru/oehowb>
7. Bogomolov M.A., Vostrikova T.V. Combination ability in adaptive breeding of sugar beet. *Sugar*. 2023;11:22-27. (In Russ.) <http://doi.org/10.24412/2413-5518-2023-11-22-27> <https://www.elibrary.ru/fyqsap>
8. Suslov V.I., Logvinov V.A., Shevchenko A.G., Mishchenko V.N., Suslov A.V., Logvinov A.V. Prospects for sugar beet breeding in the south of Russia. *Sugar beet*. 2012;7:23-27. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/qipvhh>
9. Vostrikova T.V., Bogomolov M.A., Senyutin A.A., Putilina L.N. Breeding sugar beet for the resistance to abiotic environmental factors. *Vegetable crops of Russia*. 2024;(6):22-29. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-6-22-29> <https://www.elibrary.ru/osdyce>
10. Volgin V.V. Recurrent selection in plant breeding (review). *Oil crops. Scientific and technical bulletin of the All-Russian Research Institute of Oil Crops*. 2012;1(150):161-171. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/pbmqyb>
11. Bogomolov M.A., Vostrikova T.V. Evaluation of combining ability of MS lines and multi-seeded pollinators of sugar beet for selection of pairs during crossing. *Sugar*. 2022;6:44-48. (In Russ.) <https://doi.org/10.24412/2413-5518-2022-6-44-48> <https://www.elibrary.ru/ojtlxg>
12. Bogomolov M.A., Vostrikova T.V. Comparison of productivity of sugar beet breeding material. *Biosfera*. 2022;14(4):275-276. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/hexplp>
13. Vostrikova T.V., Bogomolov M.A. The complex influence of natural and climatic factors on adaptive reactions in hybrid combinations of sugar beet. *Agrarian science*. 2024;(11):87-91. (In Russ.) <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-388-11-87-91> <https://www.elibrary.ru/uzzmvv>
14. Vostrikova T.V., Bogomolov M.A., Fedulova T.P. The influence of weather conditions on the productivity of hybrid combinations of sugar beet. *Sugar*. 2024;11:32-36. (In Russ.) <https://doi.org/10.24412/2413-5518-2024-4-32-36> <https://www.elibrary.ru/skvwsq>
15. Dhasarathan M., Babu C., Iyanar K. Combining ability and gene action studies for yield and quality traits in baby corn (*Zea mays* L.). *Sabrao Journal of Breeding and Genetics*. 2015;47(1):60-69.
16. Nadeem T., Khalil I.H., Jadoon S.A. Combining ability analysis for maturity and yield attributes in sweet corn across environments. *Sabrao Journal of Breeding and Genetics*. 2023;55(2):319-328. <http://doi.org/10.54910/sabrao2023.55.2.5>
17. Krivosheev G.Ya., Shevchenko N.A. General and specific combining ability of self-pollinated maize lines for the "Grain yield" trait. *Polythematic online scientific journal of Kuban state agrarian university*. 2014;104:664-674. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/tfwsrd>
18. Fedulova T.P., Nalbandyan A.A. Current possibilities of marker-assisted (MAS) selection of *Beta vulgaris* L. *Sugar*. 2022;6:34-40. (In Russ.) <https://doi.org/10.24412/2413-5518-2022-6-34-40> <https://www.elibrary.ru/zethak>
19. Golovatskaya A.V., Guchetl S.Z. Evaluation of genetic diversity of sunflower lines bred at VNIIMK based on multiplex microsatellite analysis. *Agrarian science*. 2024;(11):117-121. (In Russ.) <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-388-11-117-121> <https://www.elibrary.ru/nficwe>
20. Fedulova T.P., Fedorin D.I., Bogomolov M.A., Oshevnev V.P., Gribanova N.P. Use of molecular markers in breeding and genetic studies of sugar beet. *Vestnik of Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy*. 2016;4:99-104. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/xgrhal>
21. Abekova A.M., Yezhebeyeva R.S., Bastaubayeva S.O., Konusbekov K., Bazylova T.A., Babissekova D.I., Amangeldiyeva A.A. Assessment of sugar beet genetic diversity in the Republic of Kazakhstan by using RAPD markers and agromorphological traits. *Sabrao Journal of Breeding and Genetics*. 2022;54(1):67-78. <http://doi.org/10.54910/sabrao2022.54.1.7>
22. Nalbandyan A.A., Fedulova T.P., Kryukova T.I., Cherepukhina I.V., Kulikova N.V. Polymorphic Microsatellite Markers to Study Sugar Beet's (*Beta vulgaris* L.) Genetic Diversity. *Russian Agricultural Sciences*. 2023;49:1-7. <http://doi.org/10.3103/s1068367423010123> <https://www.elibrary.ru/gqydze>
23. Balkov I.Ya. Cytoplasmic Male Sterility of Sugar Beet. Moscow: Agropromizdat; 1990. 239 p. (In Russ.)
24. Minakova O.A., Kosyakin P.A., Borontov O.K. Main results of scientific research of VNIISS in the field of sugar beet cultivation technology. *Sugar beet*. 2022;9:19-25. (In Russ.) <https://doi.org/10.25802/SB.2022.20.23.004> <https://www.elibrary.ru/egniap>
25. Bogomolov M.A., Fedulova T.P. Patent for breeding achievement No. 2708 of the Russian Federation. Sugar beet *Beta vulgaris* L. ssp. *vulgaris* var. *altissima* Doell LBS 16. Applicant. No. 9553127, 26.06.2004; applicant and patent holder: Institution of the Russian Academy of Sciences, the Bioengineering Center of the Russian Academy of Sciences. Issued. 17.05.2005. (In Russ.)
26. Dospekhov B.A. Methodology of field experiment (with the basics of statistical processing of research results). Moscow: Agropromizdat; 1985. 351 p. (In Russ.)
27. Fugate K., Fajardo D., Schlautman B., Ferrareze J. P., Bolton M. D., Campbell L. G., Wiesman E., Zalapa J. Generation and Characterization of a Sugarbeet Transcriptome and Transcript-Based SSR Markers. *The Plant Genome*. 2014;7(2):1-13. <http://doi.org/10.3835/plantgenome2013.11.0038>
28. Smulders M., Esselink G., Danny G., Riek J., Vosman B. Characterisation of sugar beet (*Beta vulgaris* L. ssp. *vulgaris*) varieties using microsatellite markers. *BMC Genetics*. 2010;11(1):1-11. <http://doi.org/10.1186/1471-2156-11-41>
29. McGrath J.M., Trebbi D., Fenwick A., Panella L., Schulz B., Laurent V., Barnes S., Murray S. An open-source first-generation molecular genetic map from a sugarbeet x table beet cross and its extension to physical mapping. *Plant Gen*. 2007;1:27-44. <http://doi.org/10.2135/cropsci2006-05-0339tpg>
30. Richards Ch., Brownson M., Mitchell Sh., Kresovich S., Panella L. Polymorphic microsatellite markers for inferring diversity in wild and domesticated sugar beet (*Beta vulgaris*). *Molecular Ecology Notes*. 2004;4:243-245. <http://doi.org/10.1111/j.1471-8286.2004.00630.x>
31. Bogacheva N.N., Fedulova T.P., Nalbandyan A.A. Innovative methods of molecular breeding of sugar beet. *Russian Agricultural Science*. 2019;2:15-18. (In Russ.) <https://doi.org/10.31857/S2500-26272019215-18> <https://www.elibrary.ru/eziqtx>

Об авторах:

Татьяна Валентиновна Вострикова – доктор с.-х. наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции исходного материала и гетерозисных опылителей, <https://orcid.org/0000-0002-0951-0942>, SPIN-код: 3360-6151, автор для переписки, tanyavostric@rambler.ru

Татьяна Петровна Федуллова – доктор биол. наук, главный научный сотрудник лаборатории маркер-ориентированной селекции, <https://orcid.org/0000-0002-6479-9187>, SPIN-код: 5645-2071

Арпине Артаваздовна Налбандян – кандидат биол. наук, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией маркер-ориентированной селекции, <https://orcid.org/0000-0001-5959-047X>, SPIN-код: 9305-4400

Татьяна Сергеевна Руденко – научный сотрудник лаборатории маркер-ориентированной селекции, <https://orcid.org/0000-0003-4653-4115>

Юлия Сергеевна Коростелева – лаборант – исследователь, аспирант лаборатории маркер-ориентированной селекции, SPIN-код: 2107-0167

About the Authors:

Tatyana V. Vostrikova – Dr. Sci. (Agriculture), Senior Researcher of the Laboratory for selection of source material and heterotic pollinators, SPIN-code: 3360-6151, <https://orcid.org/0000-0002-0951-0942>, Corresponding Author, tanyavostric@rambler.ru

Tatyana P. Fedulova – Dr. Sci. (Biology), Chief Researcher of the Marker-Assisted Selection Laboratory, <https://orcid.org/0000-0002-6479-9187>, SPIN-code: 5645-2071

Arpine A. Nalbandyan – Cand. Sci. (Biology), Leading Researcher, Head of the Marker-Assisted Selection Laboratory, <https://orcid.org/0000-0001-5959-047X>, SPIN-code: 9305-4400

Tatyana S. Rudenko – Researcher of the Marker-Assisted Selection Laboratory, <https://orcid.org/0000-0003-4653-4115>

Yulia S. Korosteleva – Laboratory assistant – researcher, graduate student of the Marker-Assisted Selection Laboratory, SPIN-code: 2107-0167