

УДК 633.63 : 631.8

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-388-11-87-91

Т.В. Вострикова ✉

М.А. Богомолов

Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свеклы и сахара им. А.Л. Мазлумова, пос. ВНИИСС, Воронежская обл., Россия

✉ tanyavostric@rambler.ru

Поступила в редакцию: 15.06.2024

Одобрена после рецензирования: 02.10.2024

Принята к публикации: 17.10.2024

© Вострикова Т.В., Богомолов М.А.

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-388-11-87-91

Tatyana V. Vostrikova ✉

Mikhail A. Bogomolov

A.L. Mazlumov All-Russian Scientific Research Institute of Sugar Beet and Sugar, VNISS village, Voronezh Region, Russia

✉ tanyavostric@rambler.ru

Received by the editorial office: 15.06.2024

Accepted in revised: 02.10.2024

Accepted for publication: 17.10.2024

© Vostrikova T.V., Bogomolov M.A.

Влияние комплекса природно-климатических факторов на адаптивные реакции гибридных комбинаций сахарной свеклы

РЕЗЮМЕ

Актуальность. В настоящее время на территории Российской Федерации, в том числе в Центральном Черноземье, отмечаются климатические аномалии, к которым адаптируются культурные растения.

Цель исследования — оценка адаптивных реакций гибридных комбинаций сахарной свеклы по признакам продуктивности на контрастные погодные условия.

Методы. Мужскостерильные (МС) раздельноплодные формы сахарной свеклы скрещивали с фертильными диплоидными сростноплодными опылителями (селекции ВНИИСС им. А.Л. Мазлумова). У полученных гибридов оценивали признаки продуктивности по стандартным методикам. Под признаками продуктивности подразумевали урожайность, сахаристость и сбор сахара.

Результаты. Оценены адаптивные реакции гибридных комбинаций на природно-климатические колебания в условиях Центрального Черноземья. Отмечены снижение содержания сахара в корнеплодах в годы с избыточным увлажнением и его повышение в засушливые годы. Установлено увеличение урожайности сахарной свеклы с возрастанием гидротермического коэффициента (ГТК). Проведен отбор линий сахарной свеклы на устойчивость к комплексу неблагоприятных природно-климатических факторов по признакам продуктивности. Выделены гибридные комбинации с максимальной и устойчивой продуктивностью в экологических условиях региона. Отобраны экологически пластичные и засухоустойчивые биотипы с высокой продуктивностью.

Ключевые слова: сахарная свекла, гибрид, мужскостерильные формы, комбинационная способность, адаптивные реакции

Для цитирования: Вострикова Т.В., Богомолов М.А. Влияние комплекса природно-климатических факторов на адаптивные реакции гибридных комбинаций сахарной свеклы. *Аграрная наука*. 2024; 388(11): 87–91.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-388-11-87-91>

The complex influence of natural and climatic factors on adaptive reactions in hybrid combinations of sugar beet

ABSTRACT

Relevance. Currently, climatic anomalies are observed on the territory of the Russian Federation, including in the Central Chernozem region, to which cultivated plants adapt.

The aim of the study is to evaluate the adaptive reactions of hybrid sugar beet combinations based on productivity characteristics to contrasting weather conditions.

Methods. Male-sterile (MS) separate-fruited forms of sugar beet were crossed with fertile diploid cross-fruited pollinators (selection of the A.L. Mazlumov VNISS). The obtained hybrids were evaluated for signs of productivity using standard methods. The signs of productivity meant yield, sugar content and sugar collection.

Relevance. Currently, on the territory of the Russian Federation, including in the Central Black Earth Region, there are climatic anomalies to which cultivated plants adapt. The purpose of the study was to evaluate the adaptive responses of sugar beet hybrid combinations to the contrast weather conditions in signs of productivity.

Key words: sugar beet, hybridization, male-sterile forms, combining ability, adaptive responses

For citation: 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; 388(11): 87–91 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-388-11-87-91>

Введение/Introduction

Среди глобальных экологических проблем в последние годы упоминают не только засуху, но и избыточное увлажнение и значительные температурные колебания. Важнейшим условием произрастания видов растений в неблагоприятных условиях внешней среды является их устойчивость к действию абиотических и биотических стрессоров, достигаемая за счет механизмов избежания и толерантности [1].

Селекцию по признаку устойчивости к неблагоприятным факторам среды проводили у зерновых [2–4], плодовых [5, 6] и овощных культур [7, 8]. Было замечено, что в структуре адаптивного потенциала культурных растений наиболее сходными оказываются реакции экологической устойчивости, а признаки продуктивности (урожайность и др.) специфичны [1]. Однако отмечалось, что урожайность растения и его толерантность к неблагоприятным факторам характеризуются отрицательной генетической корреляцией, поскольку к их созданию привлекаются одни и те же метаболиты, но перераспределенные по разным направлениям [5].

Отбор по признакам продуктивности и стабильности на различных этапах селекционного процесса основан на оценке общей и специфической адаптивной способности генотипов и их экологической стабильности [8]. Например, проведенное исследование озимой пшеницы, тритикале и ржи по изменчивости количественных признаков в условиях окружающей среды Северного Зауралья (Россия) в течение 2019–2020 и 2020–2021 годов показало улучшенные урожаи первой даже при неблагоприятных экологических условиях [9]. С другой стороны, в те же годы (2019–2020 гг.) в Пакистане были произведены эксперименты, выделены редкие генотипы пшеницы, продемонстрировавшие лучшие результаты по урожайности и связанным с ней признакам (урожайность основного колоса, зерна с колоса и масса 1000 зерен) и рекомендованы в качестве засухоустойчивых [3].

Одной из важнейших культур является сахарная свекла (*Beta vulgaris* L.), селекции которой в мировой практике [10, 11] (и в Центральном Черноземье, в частности) уделяют особое внимание [12–14].

Топкросс — метод скрещивания, применяемый для определения общей (ОКС) или специфической (СКС) комбинационной способности инцухт-линий или сортов в селекции на гетерозис, в котором изучаемые линии либо сорта скрещивают с тестером или анализатором [12–16].

При определении СКС методом топкросса в качестве тестеров используют инбредные линии или простые гибриды с известной генетической основой [14–17]. Однако в результате использования линии в качестве тестера можно определить ОКС, выделить линии с высокой СКС, а также за одно тестирование получить перспективные гибриды с высоким уровнем гетерозиса и продуктивности, повысив этим результативность селекционной работы [14–17].

Например, анализ скрещиваний линии × тестер проявил себя как эффективный метод оценки общей и специфической комбинационной способности кунжута (*Sesamum indicum* L.)

по признакам дробления, урожайности и качества масла, для отбора толерантных и чувствительных образцов [18].

По мнению В.В. Волгина, для оценки ОКС лучшими тестерами являются мужскостерильные (МС) раздельноплодные формы сахарной свеклы [14]. Дикие виды являются источником не только признаков, совершенствующих адаптивность к биотическим и абиотическим факторам среды, но и таких, которые принципиально изменяют жизненно важные системы развития и формирования растений, влияют на продуктивные и качественные показатели, вследствие чего возможно изменение селекционных технологий [13]. Примером служит линия МС-2113, полученная от скрещивания культурной свеклы с дикой формой, пыльца которой была подвергнута гамма-облучению. Являясь инбредной, эта линия вполне удовлетворяет требованию, предъявляемому к тестерам, используемым в методе топкросс [14–17]. В более ранних исследованиях МС-2113 проявляла высокую комбинационную способность [12, 13].

Цель исследования — оценка адаптивных реакций гибридных комбинаций сахарной свеклы на контрастные погодные условия по признакам продуктивности.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследования проводили в 2014–2018 гг. в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свеклы и сахара им. А.Л. Мазлумова», который находится на территории Центрального Черноземья.

Сроки посевов семян сахарной свеклы на селекционном поле в годы проведения исследований были стандартными: конец апреля — начало мая. Посев осуществляли свекловичной сеялкой ССТ-12А («Белинское сельмаш», Россия). Размер селекционной делянки составлял 54 м². Сроки уборки — октябрь.

Полевые опыты были заложены согласно методике Б.А. Доспехова¹. Применены приемы агротехники и внесения удобрений согласно рекомендациям А.Л. Мазлумова².

Адаптивные реакции растений зависят от сочетания температуры и влажности. В качестве меры засухи широко используется гидротермический коэффициент (ГТК) Г.Т. Селянинова³, характеризующий соотношение тепла и влаги. Интенсивность засухи определяли по ГТК и классификации засух Е.А. Черенковой, А.Н. Золотокрылина⁴ в Центральном Черноземье на основе данных ФГБНУ «ВНИИСС им. А.Л. Мазлумова» (табл. 1).

Использовали мужскостерильную форму сахарной свеклы (селекции ВНИИСС им. А.Л. Мазлумова) в качестве тестера и скрещивали ее с фертильными

Таблица 1. Гидротермические коэффициенты в Центральном Черноземье
Table 1. Hydrothermal coefficients in the Central Black Earth Region

Год	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Среднее
2014	1,8	0,7	1,5	0,05	0,55	0,08	0,68	0,77
2015	4,0	0,75	1,1	1,6	0,33	0,32	3,1	1,0
2016	6,1	1,3	0,7	0,5	1,0	1,2	1,7	1,8
2017	1,9	2,6	1,4	1,9	2,1	1,4	6,0	2,5
2018	1,2	0,6	0,6	0,9	0,2	0,9	1,4	0,8
Многолетний	2,4	1,0	1,1	1,1	0,9	1,6	5,6	2,0

¹ Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат. 1985; 351.

² Мазлумов А.Л. Селекция сахарной свеклы. М.: Бета. 1996; 208.

³ Селянинов Г.Т. О сельскохозяйственной оценке климата. Труды по сельскохозяйственной метеорологии. 1928; 20: 165–177.

⁴ Черенкова Е.А., Золотокрылин А.Н. О сравнимости некоторых количественных показателей засухи. Фундаментальная и прикладная климатология. 2016; 2: 79–94.

диплоидными сростноплодными опылителями (той же селекции). У полученных гибридов оценивали признаки продуктивности: урожайность, сахаристость и сбор сахара. Стандартом служил иностранный гибрид Баккара (оригинатор Mezon Florimond Desprez, Франция).

Оценку урожайности и сахаристости линий сахарной свеклы проводили путем взятия средней пробы с делянки согласно ГОСТ 33884-2016⁵. Содержание сахара в корнеплодах определяли методом холодного водного дигерирования по Инструкции⁶. Анализ корнеплодов для определения массы корнеплода и сахаристости проводили на автоматизированной линии Venema (Venema Automation b. v., Нидерланды).

Результаты и обсуждение / Results and discussion

В разных природно-климатических условиях одна и та же гибридная комбинация сахарной свеклы может иметь различные признаки продуктивности (урожайность, сахаристость). В 2014 году отмечались засушливые погодные условия (табл. 1), но анализируемые линии сахарной свеклы показали превышение стандарта по урожайности, следовательно, по сбору сахара, что может указывать на их засухоустойчивость (табл. 2). Это справедливо в отношении и разделяноплодных и сростноплодных форм, хотя повышенным содержанием сахара отличались только сростноплодные опылители. Особенно следует выделить МС Перла и О-тип Перла, которые показали увеличение урожайности на 23–28% по сравнению со стандартом (табл. 2).

В опубликованных исследованиях ранее обсуждались особенности выращивания гибридов сахарной свеклы в условиях засухи, разработаны агротехнические приемы для почвозащитных функций и влагосберегающие технологии [19]. Были отмечены критичные периоды развития и формирования урожая свекловичных растений в зоне неустойчивого увлажнения, когда экстремальное действие факторов вызывает гибель

молодых растений в ранний период развития, а также позднее при сочетании нескольких стресс-факторов, в частности под воздействием высокой температуры и при недостатке влаги, возрастает вредоносность насекомых [20]. Необходимость анализа климата в предшествующий исследованиям период в зоне культивирования была показана и на декоративных растениях [21].

В 2016 году зафиксировано удовлетворительное годовое увлажнение с недостатком влаги в летние месяцы (табл. 1). В 2017 году летний период был прямо противоположен таковому в 2016-м, а также жаркому и засушливому в 2014-м. Типично летние температуры установились только к концу июля. Май, июль, август и особенно октябрь характеризовались избыточным увлажнением, годовой ГТК = 2,5 (табл. 1).

Избыток влаги снижает сахаристость свеклы, следовательно, и сбор сахара. Адаптивной реакцией на избыточное увлажнение является не только снижение концентрации сахаров в клетках паренхимы корнеплода, но и увеличение содержания сопутствующих веществ, зольных элементов (несахаров) — альфа-аминого азота, калия, натрия, которые снижают технологические качества корнеплодов и увеличивают потери сахара [11].

В 2018 году, наоборот, годовой ГТК составил 0,8 (засушливый), а температуры были сходны с таковыми в 2017-м. Критичными месяцами стали май, июнь и август, а июль и сентябрь — слабо засушливыми (табл. 1).

Недостаточное увлажнение не приводит к высокой продуктивности, значительно уменьшая урожайность на 7,7 т/га в стандарте и на 6–12 т/га в гибридных комбинациях в 2018 г. по сравнению с 2017-м. Содержание сахара в корнеплодах, наоборот, увеличилось (на 0,3–0,5%) в 2018 г., хотя сбор сахара был выше (на 1–1,8 т/га) в 2017 г. за счет повышенной урожайности. Однако комбинации МС 2113 x ОП 15465, МС 2113 x ОП 15676 показали повышенную урожайность и сбор сахара, превышающий стандарт на 40–56% (табл. 3).

Таблица 2. Продуктивные признаки линий сахарной свеклы в 2014 г.

Table 2. Productive traits of sugar beet lines in 2014

Материал	Густота насаждений, тыс. га	В абсолютных показателях			В % от стандарта		
		урожайность, т/га	сахаристость, %	сбор сахара т/га	урожайность, т/га	сахаристость, %	сбор сахара, т/га
Стандарт Баккара	111,3	24,18	18,45	4,46	100,0	100,0	100,0
МС 2113	104,4	26,65	17,73	4,72	110,2	96,1	105,9
О-тип 2113	95,0	25,37	17,75	4,50	104,9	96,2	100,9
МС Перла	105,0	29,81	18,00	5,37	123,3	97,6	120,3
О-тип Перла	120,6	31,16	18,15	5,65	128,8	98,4	126,8
ОП 15676	115,0	23,60	18,82	4,44	97,6	102,0	99,6
ОП 15202	110,0	28,52	18,82	5,37	118,0	102,0	120,4
ОП 15465	108,3	28,77	18,85	5,42	119,0	102,2	121,6
НСР (p < 0,05)		1,69	0,21	0,31	6,2	1,2	6,1

Таблица 3. Продуктивные признаки сахарной свеклы в 2017–2018 гг.

Table 3. Productive characteristics of sugar beet in 2017–2018

Материал	Густота насаждений, тыс. га	В абсолютных показателях			В % от стандарта		
		урожайность, т/га	сахаристость, %	сбор сахара т/га	урожайность, т/га	сахаристость, %	сбор сахара, т/га
Стандарт Баккара 2017	78,9	31,02	16,98	5,27	100,0	100,0	100,0
МС 2113 x ОП 15202	78,9	33,38	17,43	5,82	107,6	102,7	110,4
МС 2113 x ОП 15676	79,4	42,74	17,32	7,40	137,8	102,0	140,4
МС 2113 x ОП 15465	88,2	49,27	16,70	8,23	158,8	98,4	156,2
Стандарт Баккара 2018	87,8	24,71	17,42	4,32	100,0	100,0	100,0
МС 2113 x ОП 15676	86,7	36,86	17,84	6,57	150,9	102,4	152,1
МС 2113 x ОП 15465	76,1	37,28	17,18	6,40	146,8	98,6	140,0

⁵ ГОСТ 33884-16 Свекла сахарная. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2019.

⁶ Инструкция по химико-техническому контролю и учету сахарного производства (утв. Министерством пищевой промышленности СССР 27.07.1981). Киев: Б. и. 1983; 476.

В итоге гибридные комбинации в 2017–2018 гг. отмечены высокой продуктивностью, учитывая противоположные условия увлажнения в год формирования семян (в 2017-м) и при выращивании из них корнеплодов (в 2018-м).

Результаты данных исследований согласовываются с работами В.В. Волгина [14], Г.Я. Кривошеева, Н.А. Шевченко, А.С. Игнатъева [22, 23] о возможности использования гомозиготных инбредных линий в качестве материнской тест-формы или тестера к опылителям. Было замечено, что специфика проявления признаков продуктивности определяется наследственными особенностями родительских линий и совокупностью их взаимодействий с факторами окружающей среды [12].

Согласно исследованиям Н.А. Базилевской и А.М. Мауринь, засухоустойчивость, жароустойчивость, морозостойкость и зимостойкость обусловлены повышением вязкости цитоплазмы⁷, то есть увеличением концентрации в ней определенных веществ, в том числе углеводов. Это общие адаптивные реакции, характерные для растений, в том числе для паренхимных клеток корнеплода сахарной свеклы, в которых происходит сахаронакопление, а содержание сахара особенно увеличивается в засушливых условиях, что отмечено другими авторами [11, 19].

Таким образом, у растений развивается устойчивость к нескольким неблагоприятным факторам окружающей среды [21] и подтверждается выдвинутая ранее гипотеза о «параллелизме стойкостей» Д.Н. Насонова и В.Я. Александрова [21]. В рамках этой концепции можно объяснить высокую засухоустойчивость некоторых линий и гибридов более высоким содержанием сахара в корнеплодах.

Анализируя одинаковые гибридные комбинации по годам, можно выделить экологически пластичный сростноплодный опылитель 15676 урожайно-сахаристого

направления, который проявлял высокую комбинационную способность с МС-формой (тестером) по признакам урожайности и сахаристости, а также опылитель 15465 урожайного направления, который особенно отзывчив на благоприятные погодные условия. Например, в 2017 г. (табл. 1) он проявил повышенную урожайность в гибридных комбинациях. Гибриды, полученные с использованием перечисленных опылителей, имели высокую урожайность и сбор сахара в контрастных погодных условиях — в засушливые годы и при избыточном увлажнении (табл. 3). При этом опылитель 15676 показал повышенную урожайность и в засушливом 2018 г.

Следует отметить сростноплодный опылитель 15202 с высокой комбинационной способностью и МС Перла сахаристого направления и признаком засухоустойчивости. Инбредные линии возможно использовать в качестве тестеров к сростноплодным опылителям.

Выводы/Conclusion

Выделены сростноплодные опылители, проявляющие высокую комбинационную способность с МС-формой (тестером) по признакам урожайности и сахаристости, в частности экологически пластичный 15676 урожайно-сахаристого направления и опылитель 15465 урожайного направления.

Отмечены снижение содержания сахара в корнеплодах в годы с избыточным увлажнением и его повышение (на 0,3–0,5%) в засушливые годы. Урожайность сахарной свеклы, наоборот, увеличивалась с возрастанием ГТК на 7,7 т/га в стандарте и на 6–12 т/га в гибридных комбинациях, сбор сахара — на 1–1,8 т/га.

Гибриды, полученные с использованием перечисленных опылителей, имели высокую урожайность и сбор сахара в контрастных погодных условиях — в засушливые годы и при избыточном увлажнении, превышающие стандарт по сбору сахара на 40–56%.

⁷ Базилевская Н.А., Мауринь А.М. Интродукция растений: Экологические и физиологические основы. Учебное пособие. Рига: Латвийский государственный университет им. Петра Стучки. 1986; 107.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в работу. Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data. All authors made an equal contribution to the work. The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Жученко А.А. Роль прогнозирующих возможностей закона гомологических рядов в наследственной изменчивости при поиске адаптивно значимых и хозяйственно ценных генофондов. *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2012; (4): 28–38. <https://www.elibrary.ru/pgbisl>
- 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. <https://doi.org/10.54910/sabrao2023.55.2.5>
- Sial N.Y. et al. Exotic wheat genotypes response to water-stress conditions. *SABRAO Journal of Breeding and Genetics*. 2022; 54(2): 297–304. <https://doi.org/10.54910/sabrao2022.54.2.7>
- 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.
- Дорошенко Т.Н., Захарчук Н.В., Рязанова Л.Г. Адаптивный потенциал плодовых растений юга России. Монография. Краснодар: *Просвещение-Юг*. 2010; 140. ISBN 978-5-93491-306-0 <https://www.elibrary.ru/qcsjbx>
- Юшков А.Н., Борзык Н.В. Сравнительная оценка засухоустойчивости исходных форм яблони и вишни в природных и моделируемых условиях. *Современное садоводство*. 2013; (2): 65–70. <https://www.elibrary.ru/seienr>
- Пивоваров В.Ф., Добруцкая Е.Г., Солдатенко А.В. Экологические методы селекции на минимальное накопление радионуклидов (¹³⁷CS). *Сельскохозяйственная биология*. 2009; 44(1): 21–27. <https://www.elibrary.ru/jzfqdv>

REFERENCES

- Zhuchenko A.A. The role of predictive possibilities of homologous series law in hereditary changeability when searching both adaptively significant and valuable in agriculture gene-donors. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2012; (4): 28–38 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/pgbisl>
- 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. <https://doi.org/10.54910/sabrao2023.55.2.5>
- Sial N.Y. et al. Exotic wheat genotypes response to water-stress conditions. *SABRAO Journal of Breeding and Genetics*. 2022; 54(2): 297–304. <https://doi.org/10.54910/sabrao2022.54.2.7>
- 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.
- Doroshenko T.N., Zakharchuk N.V., Ryazanova L.G. Adaptive potential of fruit plants in the south of Russia. Monograph. Krasnodar: *Prosveshcheniye-Yug*. 2010; 140 (in Russian). ISBN 978-5-93491-306-0 <https://www.elibrary.ru/qcsjbx>
- Yushkov A.N., Borzykh N.V. Comparative estimate of initial apple and cherry selected seedlings in natural and modeled conditions. *Contemporary horticulture*. 2013; (2): 65–70 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/seienr>
- Pivovarov V.F., Dobrutskaia E.G., Soldatenko A.V. Ecological methods of lettuce breeding on minimal accumulation of radioactive nuclide (¹³⁷CS). *Agricultural Biology*. 2009; 44(1): 21–27 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/jzfqdv>

8. Шумилина Д.В., Шмыкова Н.А., Бондарева Л.Л., Супрунова Т.П. Влияние генотипа и компонентов среды на эмбриогенез в культуре микроспор капуты китайской *Brassica rapa* ssp. *chinensis* сорта Ласточка. *Proceedings of the Russian Academy of Sciences. Series: Biological*. 2015; (4): 368–375. <https://doi.org/10.7868/S000233291504013X>
9. Bome N.A., Salekh S., Korolev K.P., Kolokolova N.N., Weisfeld L.I., Tetyannikov N.V. Biological potential of winter cereals in the Northern Trans-Urals, Russia. *SABRAO Journal of Breeding and Genetics*. 2022; 54(4): 789–802. <https://doi.org/10.54910/sabrao2022.54.4.10>
10. Abdelaal K.A.A., Rhashed S.H., Hossain A., El Sabagh A. Yield and quality of two sugar beet (*Beta vulgaris* L. ssp. *vulgaris* var. *altissima* Döll) cultivars are influenced by foliar application of salicylic acid, irrigation timing, and planting density. *Acta Agriculturae Slovenica*. 2020; 115(2): 273–282. <https://doi.org/10.14720/aas.2020.115.2.1159>
11. Bastaubayeva S.O., Tabybayeva L.K., Yerzhebayeva R.S., Konusbekov K., Abekova A.M., Bekbatyrov M.B. Climatic and agronomic impacts on sugar beet (*Beta vulgaris* L.) production. *SABRAO Journal of Breeding and Genetics*. 2022; 54(1): 141–152. <https://doi.org/10.54910/sabrao2022.54.1.13>
12. Богомолов М.А., Вострикова Т.В. Оценка комбинационной способности МС-линий и многосемянных опылителей сахарной свеклы для подбора пар при скрещивании. *Сахар*. 2022; (6): 44–48. <https://doi.org/10.24412/2413-5518-2022-6-44-48>
13. Богомолов М.А., Вострикова Т.В. Сравнение продуктивности селекционного материала сахарной свеклы. *Биосфера*. 2022; 14(4): 275–276. <https://www.elibrary.ru/hexplp>
14. Волгин В.В. Рекуррентный отбор в селекции растений (обзор). *Масличные культуры*. 2012; (1): 161–171. <https://www.elibrary.ru/pbmqyb>
15. Гуляньшин 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/smxm1n>
16. Гуляньшин А.В., Анашенков С.С., Варламов Д.В. Селекция гибридов кукурузы, адаптированных к засушливым условиям юга России. *Зерновое хозяйство России*. 2013; (4): 7–11. <https://www.elibrary.ru/rcxosp>
17. Чистяков С.Н., Супрунов А.И. Оценка комбинационной способности новых линий кукурузы по признакам «урожайность и уборочная влажность» в топкроссных скрещиваниях. *Зерновое хозяйство России*. 2013; (1): 42–46. <https://www.elibrary.ru/pwxldf>
18. Saleem H., Sadaqat H.A., Razzaq H., Chattha A.A., Khan S.H. Heterotic grouping with combining ability and gene action in *Sesamum indicum* L. using line × tester analysis. *SABRAO Journal of Breeding and Genetics*. 2023; 55(2): 367–378. <https://doi.org/10.54910/sabrao2023.55.2.9>
19. Логвинов А.В. и др. Особенности выращивания гибридов сахарной свеклы в условиях засухи. *Сахарная свекла*. 2020; (7): 16–21. <https://doi.org/10.25802/SB.2020.28.37.002>
20. Дерюгин В.А. Критичные периоды развития свекловичных растений на юге России. *Сахарная свекла*. 2013; (8): 10–15. <https://www.elibrary.ru/rxstqb>
21. Вострикова Т.В., Калаев В.Н., Десяткова Т.А. Влияние природно-климатических факторов и стимуляторов роста на эколого-биологические особенности львиного зева. *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация*. 2012; (1): 64–70. <https://www.elibrary.ru/ozcxjl>
22. Кривошеев Г.Я., Игнатиев А.С. Оценка общей и специфической комбинационной способности самоопыленных линий кукурузы в системе топкроссных скрещиваний. *Зерновое хозяйство России*. 2011; (6): 41–46. <https://www.elibrary.ru/onlpsn>
23. Кривошеев Г.Я., Шевченко Н.А. Общая и специфическая комбинационная способность самоопыленных линий кукурузы по признаку «урожайность зерна». *Научный журнал КубГАУ*. 2014; 104: 664–674. <https://www.elibrary.ru/tfwsrd>
8. Shumilina D.V., Shmykova N.A., Bondareva L.L., Suprunova T.P. Effect of genotype and medium culture content on microspore-derived embryo formation in Chinese cabbage (*Brassica rapa* ssp. *chinensis*) cv. Lastochka. *Biology Bulletin*. 2015; 42(4): 302–309. <https://doi.org/10.1134/S1062359015040135>
9. Bome N.A., Salekh S., Korolev K.P., Kolokolova N.N., Weisfeld L.I., Tetyannikov N.V. Biological potential of winter cereals in the Northern Trans-Urals, Russia. *SABRAO Journal of Breeding and Genetics*. 2022; 54(4): 789–802. <https://doi.org/10.54910/sabrao2022.54.4.10>
10. Abdelaal K.A.A., Rhashed S.H., Hossain A., El Sabagh A. Yield and quality of two sugar beet (*Beta vulgaris* L. ssp. *vulgaris* var. *altissima* Döll) cultivars are influenced by foliar application of salicylic acid, irrigation timing, and planting density. *Acta Agriculturae Slovenica*. 2020; 115(2): 273–282. <https://doi.org/10.14720/aas.2020.115.2.1159>
11. Bastaubayeva S.O., Tabybayeva L.K., Yerzhebayeva R.S., Konusbekov K., Abekova A.M., Bekbatyrov M.B. Climatic and agronomic impacts on sugar beet (*Beta vulgaris* L.) production. *SABRAO Journal of Breeding and Genetics*. 2022; 54(1): 141–152. <https://doi.org/10.54910/sabrao2022.54.1.13>
12. Bogomolov M.A., Vostrikova T.V. Evaluation of the combining ability of MS lines and multigerm pollinators of sugar beet for selection of pairs in crossing. *Sakhar*. 2022; (6): 44–48 (in Russian). <https://doi.org/10.24412/2413-5518-2022-6-44-48>
13. Bogomolov M.A., Vostrikova T.V. Comparing the productivity of sugar beet breeding material. *Biosphere*. 2022; 14(4): 275–276 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/hexplp>
14. Volgin V.V. Recurrent selection in plant breeding. *Oil Crops*. 2012; (1): 161–171 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/pbmqyb>
15. Gulnyashkin A.V., Anashenkov S.S., Varlamov D.V. Study results of ecological adaptability of new early ripening hybrids of maize. *Grain Economy of Russia*. 2014; (4): 31–36 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/smxm1n>
16. Gulnyashkin A.V., Anashenkov S.S., Varlamov D.V. Selection of maize hybrids adapted to dry conditions of the south of Russia. *Grain Economy of Russia*. 2013; (4): 7–11 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/rcxosp>
17. Chistyakov S.N., Suprunov A.I. Evaluation of combining ability of new lines of maize according to productivity and harvesting moisture in top-cross hybridizations. *Grain Economy of Russia*. 2013; (1): 42–46 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/pwxldf>
18. Saleem H., Sadaqat H.A., Razzaq H., Chattha A.A., Khan S.H. Heterotic grouping with combining ability and gene action in *Sesamum indicum* L. using line × tester analysis. *SABRAO Journal of Breeding and Genetics*. 2023; 55(2): 367–378. <https://doi.org/10.54910/sabrao2023.55.2.9>
19. Logvinov A.V. et al. Features of growing hybrids of sugar beet in the conditions of drought. *Sakhar'naya svekla*. 2020; (7): 16–21 (in Russian). <https://doi.org/10.25802/SB.2020.28.37.002>
20. Deryugin V.A. The critical periods of development beet crops plants in the south of Russia. *Sakhar'naya svekla*. 2013; (8): 10–15 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/rxstqb>
21. Vostrikova T.V., Kalaev V.N., Devyatova T.A. The influence of nature-climatic factors and growth stimulators for ecologo-biological characteristics of greater smadragon. *Proceeding of Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy*. 2012; (1): 64–70 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/ozcxjl>
22. Krivosheev G.Ya., Ignatiev A.S. Evaluation of total and specific combinative capacity of new self-pollinated lines of maize in top cross hybridization system. *Grain Economy of Russia*. 2011; (6): 41–46 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/onlpsn>
23. Krivosheev G.Ya., Shevchenko N.A. General and specific combination ability of self-pollinated maize lines on the basis of “grain yield”. *KubGAU Scientific Journal*. 2014; 104: 664–674 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/tfwsrd>

ОБ АВТОРАХ

Татьяна Валентиновна Вострикова

кандидат биологических наук, научный сотрудник

tanyavostric@rambler.ru

<http://orcid.org/0000-0002-0951-0942>

Михаил Алексеевич Богомолов

доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник

bogomolov47@bk.ru

<http://orcid.org/0000-0001-6131-8109>

Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свеклы и сахара им. А.Л. Мазлумова, пос. ВНИИСС, 86, Рамонский р-н, Воронежская обл., 396030, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Tatyana Valentinovna Vostrikova

Candidate of Biological Sciences, Researcher

tanyavostric@rambler.ru

<http://orcid.org/0000-0002-0951-0942>

Mikhail Alekseevich Bogomolov,

Doctor of Agricultural Sciences, Leading Researcher

bogomolov47@bk.ru

<http://orcid.org/0000-0001-6131-8109>

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