

Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-1-60-68>
УДК 635.11:631.526.32-048.24

С.А. Ветрова*, В.А. Степанов,
В.А. Заячковский

Федеральное государственное бюджетное
научное учреждение
"Федеральный научный центр овощеводства"
(ФГБНУ ФНЦО)
143072, Россия, Московская область,
Одинцовский район,
п. ВНИИССОК, ул. Селекционная, д. 14

*Автор для переписки: lana-k2201@mail.ru

Вклад авторов: Все авторы участвовали в планировании и постановке эксперимента, а также в анализе экспериментальных данных и написании статьи.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Ветрова С.А., Степанов В.А., Заячковский В.А. Экологическое испытание сортов свёклы столовой селекции ФГБНУ ФНЦО. *Овощи России*. 2023;(1):60-68. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-1-60-68>

Поступила в редакцию: 12.01.2023

Принята к печати: 17.01.2023

Опубликована: 15.02.2023

Svetlana A. Vetrova*, Victor A. Stepanov,
Vladimir A. Zayachkovsky

Federal State Budgetary Scientific Institution
Federal Scientific Vegetable Center (FSBSI FSVC)
14, Seleccionnaya str., VNISSOK, Odintsovo district,
Moscow region, Russia, 143072

*Correspondence Author: lana-k2201@mail.ru

Authors' Contribution: All authors contributed to the planning and setting up the experiment, as well as in the analysis of experimental data and writing of the article.

Conflict of interest. The authors declare that there is no conflict of interest regarding the publication of this article.

For citations: Vetrova S.A., Stepanov V.A., Zayachkovsky V. Ecological testing of varieties beetroot selection of FSBSI FSVC. *Vegetable crops of Russia*. 2023;(1):60-68. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-1-60-68>

Received: 12.01.2023

Accepted for publication: 17.01.2023

Published: 15.02.2023

Экологическое испытание сортов свёклы столовой селекции ФГБНУ ФНЦО



Резюме

Актуальность. Ценность свеклы столовой, как незаменимой овощной культуры в рациональном питании человека не вызывает сомнения. Восполнить дефицит производства данной культуры в РФ возможно за счет повышения урожайности, чему способствует ряд факторов. Считается, что урожайность в большей степени зависит от сорта, однако роль среды в выявлении сортовых признаков также имеет большое значение. В связи с этим, рекомендуемые для производства сорта и гибриды наряду с высокой потенциальной продуктивностью, должны характеризоваться широким диапазоном приспособительных свойств (экологической устойчивостью) к стрессовым воздействиям условий среды. Одним из действенных приёмов, позволяющих определить приспособленность сортов к условиям конкретного региона, является их одновременная оценка в ряде географически-отдаленных пунктов, которая позволяет расширить ареал их использования.

Материалы и методы. Научно-исследовательскую работу по экологическому испытанию шести сортов свеклы столовой проводили в 2020 году по общепринятым методикам на базе филиалов ФГБНУ ФНЦО. В качестве стандарта использовали сорт Бордо 237 - рекомендованный для выращивания во всех регионах РФ. Экологическую оценку сред, как фонов для отбора, и оценку адаптивной способности сортов проводили по методике А.В. Кильчевского и Л.В. Хотылевой.

Результаты. По совокупности всех параметров к наиболее адаптивным для выращивания в разных регионах РФ, по сочетанию урожайности и товарности можно рекомендовать сорта свеклы столовой Карина и Бордо 237; по массе товарного корнеплода - Карина и Гаспадыня. Наибольшей отзывчивостью на улучшение условий выращивания характеризовались сорта: Любава, Гаспадыня, Добрыня. Наиболее информативным фоном для выявления потенциальной продуктивности сортов является среда на Бирючехутской ОСОС, на экологическую стабильность по комплексу признаков - Воронежской ОСОС. Наиболее типичными средами для выращивания свеклы столовой по признакам «урожайность» и «товарность» являются условия Бирючехутской ОСОС, по массе товарного корнеплода - Воронежской ОСОС.

Ключевые слова: свёкла столовая, сорт, экологическое испытание, урожайность, адаптивность, среда, отбор

Ecological testing of varieties beetroot selection of FSBSI FSVC

Abstract

Relevance. The value of table beetroot as an indispensable vegetable crop in a rational human diet is beyond doubt. It is possible to fill the shortage of production of this crop in the Russian Federation by increasing yields, which is facilitated by a number of factors. It is believed that the yield depends more on the variety, but the role of the medium in identifying varietal characteristics is also of great importance. In this regard, the varieties and hybrids recommended for production, along with high potential productivity, should be characterized by a wide range of adaptive properties (environmental resistance) to the stressful effects of environmental conditions. One of the effective methods to determine the adaptability of varieties to the conditions of a particular region is their simultaneous assessment in a number of geographically remote locations, which allows expanding the range of their use.

Materials and methods. Research work on the environmental testing of six varieties of beetroot was carried out in 2020 according to generally accepted methods on the basis of the branches of the FSBSI Federal Scientific Vegetable Center. As a standard, the Bordo 237 variety was used - recommended for cultivation in all regions of the Russian Federation. Ecological assessment of the environment as a background for selection and assessment of the adaptive ability of varieties was carried out according to the methodology of A.V. Kilchevsky and L.V. Khotyleva.

Results. According to the totality of all parameters, the most adaptive for cultivation in different regions of the Russian Federation, according to the combination of yield and marketability, it is possible to recommend the varieties of beetroot Karina and Bordo 237; according to the mass of commercial root crops - Karina and Gazpadynya. The varieties characterized by the greatest responsiveness to the improvement of growing conditions were: Lyubava, Gaspadynya, Dobrynya. The most informative background for identifying the potential productivity of varieties is the environment on the Biryuchekutsk station, on the ecological stability of the complex of signs - the Voronezh station. The most typical environments for growing beets on the grounds of "yield" and "marketability" are the conditions of Biryuchekutsk station, by weight of commercial root crop - Voronezh station.

Keywords: beetroot, variety, environmental testing, yield, adaptability, environment, selection

Введение

Ценность свеклы столовой, как незаменимой овощной культуры в рациональном питании человека не вызывает сомнения. Значение для организма человека углеводов, растительного белка, минеральных элементов, биологически активных веществ, входящих в состав корнеплодов и листьев свеклы, освещено в работах многих авторов, начиная с начала XX века, заканчивая современными исследователями [1-5]. В соответствии с нормами потребления пищевой продукции, отвечающей требованиям здорового питания, для удовлетворения потребностей организма в комплексе полезных элементов, рекомендуется употреблять около 18 кг свеклы столовой на человека в год [6]. Исходя из этих нормативов и численности населения, потребность РФ в товарной продукции свеклы столовой приблизительно составляет 2,6 млн. тонн. В 2021 году в РФ под свеклой столовой было занято около 30 тыс. га. посевных площадей. При средней урожайности по стране 23,9 т/га, валовой сбор составил 741 тыс. тонн – около 30% от существующей потребности в целом по стране [7]. Невысокая урожайность этой культуры определяется рядом факторов, в том числе и категорией хозяйств. Основными производителями свеклы являются личные подсобные и фермерские хозяйства, с низким уровнем агротехники, урожайность в которых в среднем не превышает 22,5 т/га. При этом, в передовых хозяйствах Астраханской, Воронежской и Московской областей, при использовании новых сортов и современных технологий возделывания, урожайность свеклы столовой достигает 67,3 - 85,5 т/га. [8]. Нарращивание товарного производства этой культуры внутри страны осуществимо при взаимодействии селекционно-семеноводческих учреждений и крупных сельхозтоваропроизводителей. Внедрение новых сортов и гибридов, соответствующих современным требованиям рынка, устойчивых к абиотическим факторам среды, и обеспечивающих стабильно высокий урожай, при выращивании в условиях конкретного региона; оптимизация питания растений, с учетом почвенно-климатических условий и специфики культуры; усовершенствование технологии возделывания; рост посевных площадей – факторы, способствующие увеличению валовых сборов и экономической эффективности возделывания свеклы столовой [9, 10].

Многие исследователи считают, что урожайность в большей степени зависит от сорта (58-70%) [11]. Тем не менее, роль среды в выявлении сортовых признаков также имеет большое значение, поскольку такие хозяйственно-ценные признаки, как урожайность, масса корнеплода, товарность в сильной степени подвержены изменчивости в онтогенезе растений под влиянием внешних факторов. В связи с этим, рекомендуемые для производства сорта и гибриды наряду с высокой потенциальной продуктивностью, должны характеризоваться широким диапазоном приспособительных свойств (экологической устойчивостью) к стрессовым воздействиям условий среды [12-14]. Большинство селекционно-семеноводческих государственных и частных организаций расположены в Центральной регионе нашей страны, почвенно-климатические условия которого отличаются от других регионов, входящих в состав Российской Федерации. Поэтому, одним из

действенных приёмов, позволяющих определить приспособленность сортов к условиям конкретного региона, является их одновременная оценка в ряде географически-отдаленных пунктов.

Цель нашей работы – провести экологическое испытание сортов свеклы столовой селекции ФГБНУ ФНЦО, выявить наиболее адаптивные сорта для выращивания в разных регионах нашей страны, охарактеризовать условия опытных участков с точки зрения типичности и дифференцирующей способности для оценки сортов на определенные признаки.

Материалы и методы проведения исследований

Научно-исследовательскую работу по экологическому испытанию сортов свеклы столовой проводили в 2020 году на базе филиалов ФГБНУ ФНЦО: **ФГБНУ ВНИИО** (Московская область, Раменский район, деревня Верея), **Воронежская ООС** (Воронежская область, Верхнехавский район, п. НИИОХ), **Бирючукская ОСОС** (Ростовская область, г. Новочеркасск), **Западно-Сибирская ООС** (Алтайский край, г. Барнаул), **Приморская ООС** (Приморский край, г. Артём) (рис. 1).

Объектами исследований служили сорта свеклы столовой селекции ФГБНУ ФНЦО: Бордо 237 (st), Любава, Гаспадыня, Добрыня, Карина, Жуковчанка. Изучаемые сорта подробно описаны в ряде работ селекционеров по корнеплодным культурам Федерального научного центра овощеводства [15-18]. В качестве стандарта использовали популярный, рекомендованный для выращивания во всех регионах РФ, сорт Бордо 237.

Опыты закладывали согласно общепринятым методикам [19-21]. Учетная площадь делянки – 10 м². Учет продуктивности сортов проводили путем взвешивания и подсчета товарной и нетоварной части во время уборки урожая. Нетоварная часть состояла из больных, треснувших, переросших корнеплодов, недогонов и цветущих растений. В товарной части урожая определяли среднюю массу корнеплода. Экологическую оценку филиалов ФНЦО, как фонов для отбора, и оценку



Рис. 1. Расположение опытных участков на территории Российской Федерации
Fig. 1. Location of experimental sites on the territory of the Russian Federation

адаптивной способности сортов проводили по методике А.В. Кильчевского и Л.В. Хотылевой, используя соответствующие показатели [22]. Обработку данных проводили по соответствующим методам статистического анализа с использованием программ LightCycler® 480 SW 1.5.1 и MS EXEL 2010.

Условия проведения исследований.

ФГБУ ВНИО расположен на северо-востоке Московской области. Почва опытного участка аллювиальная луговая, среднесуглинистая, хорошо окультуренная, со слабокислой и близкой к нейтральной реакцией среды (табл. 1). Метеорологические условия вегетационного периода 2020 года способствовали нормальному росту и развитию растений свёклы столовой. Количество выпавших осадков в мае превышало среднесуточные значения почти в три раза; на фоне среднесуточной температуры 14°C складывались благоприятные условия для прорастания семян. Количество осадков и средняя температура в июне-августе практически не отличались от среднесуточных значений (рис. 2). Поскольку в июле выпало достаточное количество осадков, что способствовало формированию мощного листового аппарата, небольшой дефицит влаги в августе в совокупности с достаточно высокой температурой воздуха, не оказывал неблагоприятного воздействия на растения. К моменту уборки густота стояния растений в пересчете на гектар составляла 350-570 тыс. шт. в зависимости от сорта.

Воронежская ООС расположена в северном агроклиматическом районе Воронежской области, в Центральной лесостепной зоне, на Среднерусской возвышенности. Почва – выщелоченный чернозем, средне гумусный, мощный, с нейтральной реакцией среды (табл. 1). Погодные условия в 2020 году были неблагоприятными для растений свеклы столовой. Лимитирующим фактором стало недостаточное количество выпавших за вегетацию осадков (май-сентябрь – 85 мм), что составило 30% от среднегодовой нормы (рис. 2). В самые жаркие месяцы - июль-август - отсутствие осадков вызвало иссушение верхнего слоя почвы и гибель части растений. В этот период дважды проводили полив посевов с нормой расхода воды 250–260 м³/га. Ввиду сложившихся погодных условий, посеги были несколько изреженные, к моменту уборки густота стояния на гектар составила 250-300 тыс. раст.

Бирючукская ОСОС расположена в городе Новочеркасске Ростовской области. Почвы на опытных полях станции представлены североприазовской разновидностью чернозема обыкновенного, характеризующейся как весьма плодородная. Мощность гумусового

горизонта около 70 см. Пахотный слой имеет нейтральную реакцию, характеризуется достаточно высоким содержанием гумуса (табл. 1). За период вегетации в 2020 году на территории станции выпало около 170 мм осадков, что близко к среднесуточной норме для данной зоны. Осадки распределялись равномерно, начиная с мая ежемесячно выпадало около 50 мм, и только лишь в сентябре дождей не было совсем (рис. 2). С учетом высоких среднесуточных температур в течение летних месяцев, такого количества влаги недостаточно для роста растений свеклы столовой. Недостаток влаги восполнялся капельным орошением, что способствовало равномерному росту и формированию корнеплодов и оптимизации густоты стояния (420-450 тыс.шт./га).

Западно-Сибирская ООС расположена на юге Западной Сибири (Алтайский край). Почвы опытного участка – чернозем выщелоченный, чернозем обыкновенный, с близкой к нейтральной реакцией почвенного раствора (табл. 1). Вегетационный период 2020 года характеризуется как теплый и недостаточно увлажненный, с неравномерным распределением осадков по месяцам (рис. 2). В первой половине вегетации - май-июнь – температура воздуха была значительно выше среднесуточных значений, а количество осадков, напротив, значительно ниже нормы. Такие условия повлекли за собой иссушение почвы, гибель молодых растений и их угнетенное состояние. Во второй половине вегетации июль-август так же отмечено значительное превышение среднесуточной нормы температуры воздуха, однако достаточное число дождей способствовало нормальному формированию корнеплодов (густота стояния 300-450 тыс.шт./га).

Приморская ООС расположена в селе Суражевка в 60 км. от г. Владивостока в прибрежной агроклиматической зоне Приморского края. Почва - лугово-бурая, средней степени окультуренности, по механическому составу тяжелосуглинистая со средними агрохимическими показателями плодородия (табл. 1). В целом за вегетационный период 2020 года выпало 723,4 мм осадков, что превысило среднесуточную норму на 48,8 %. Особенно сильное переувлажнение почвы наблюдалось в течение - июня и августа, когда шли ливневые дожди (рис. 2). Период появления всходов был растянут из-за прохладной и влажной погоды в мае-июне, что привело к изреженности посевов. Август был самым теплым месяцем за вегетацию. В это время происходило нарастание массы корнеплодов, но из-за переувлажнения почвы, многие из них не доросли к моменту уборки.

Таблица 1. Характеристика почв на опытных участках в филиалах ФГБУ ФНЦО
Table 1. Characteristics of soils on experimental plots in branches of FSBSI FSVС

Место испытания	Почва	Гранулометрический состав	Мощность гумусового горизонта, см	Содержание гумуса в почве, %	Реакция почвенного раствора
ВНИО	аллювиальная луговая	средне суглинистый	25-30	3,0-3,5	6,0-6,5
Воронежская ООС	чернозём выщелоченный	глинистый	70	4,5-5	6,5-6,7
Бирючукская ОСОС	чернозём обыкновенный	глинистый	70	4,2	7,5
ЗСОС	чернозём выщелоченный	глинистый	65	3,8-4,9	6,3-6,7
Приморская ООС	лугово-бурая	тяжело суглинистый	20-25	3,3-4,5	5,2-5,6

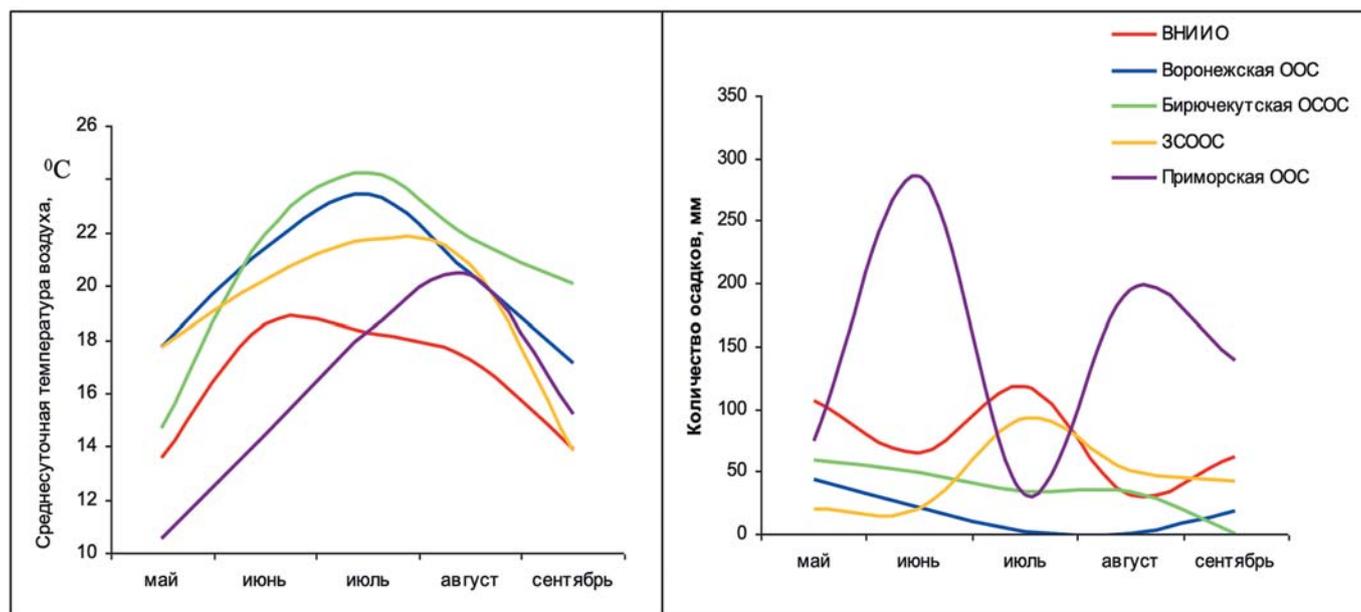


Рис. 2. Среднесуточная температура воздуха и суммарное количество осадков по месяцам в филиалах ФГБНУ ФНЦО в период вегетации растений свёклы столовой 2020 года
Fig. 2. The average daily air temperature and the total amount of precipitation by month in the branches of the FSBSI FSVС during the growing season of canteen beet plants in 2020

Таким образом, в филиалах ФГБНУ ФНЦО в период вегетации растений свеклы столовой в 2020 году складывались достаточно контрастные погодные условия, особенно по количеству выпавших осадков, что позволило провести экологическое испытание сортов свеклы столовой. Помимо генотипа и среды, есть ряд факторов, оказывающих влияние на продуктивность сортов. Это прежде всего элементы технологии возделывания культуры. При выращивании того или иного сорта в хозяйствах с передовыми технологиями, модифицированными под условия конкретного региона, велика вероятность частичного нивелирования негативных средовых компонентов, максимального выявления потенциала сортов. Исключительными случаями являются экстремальные условия отдельных лет, к примеру, чрезмерное количество осадков в 2020 году, выпавших в Приморском крае.

Результаты исследований и их обсуждение

Основной средой, где формируются корнеплоды, является почва. Именно от ее характеристик и зависит их качество. Свекла столовая является одной из самых требовательных растений к плодородию почвы, ее структуре, глубине пахотного слоя, обеспеченности водой, макро- и микроэлементами. Для нормального роста и развития растений предпочтительны пойменные почвы, легкие суглинки, черноземы, с реакцией почвенной раствора от 5,6 до 7,0. По совокупности почвенно-климатических и агротехнических факторов, сложившихся в период вегетации 2020 года, наиболее оптимальные условия для формирования стандартных корнеплодов, сложились на Бирючуктской и Западно-Сибирской опытных станциях, о чем свидетельствует уровень урожайности товарных корнеплодов изученных сортов. Наибольшая урожайность всех сортов свеклы столовой отмечена на Бирючуктской ОСОС - 64-78,6 т/га. Урожайность стандартного сорта Бордо 237 соста-

вила 67,8 т/га. Прибавка урожая относительно стандарта в этих условиях отмечена у сортов Гаспадыня и Любава на 16%, и Карина на 3,5%.

На Западно-Сибирской станции варьирование данного признака между сортами было незначительным – от 45,1 (Гаспадыня) до 55,2 (Жуковчанка) т/га. Все сорта, за исключением Гаспадыни, превысили стандарт на 11-19%. Наибольший разброс по урожаю наблюдали на опытных полях ВНИИО и Воронежской опытной станции: 36,1-65,0 т/га и 32,9-46,9 т/га соответственно. Ввиду изреженных посевов, наименьший урожай в этих филиалах сформировали сорта Добрыня (со 100% односемянностью) и Гаспадыня (одно-двусемянный). Во ВНИИО проводили пересев данных сортов, в результате, к моменту уборки, масса товарных корнеплодов в среднем составила 137-155 грамм, а нетоварная часть (19-24%) была представлена в основном недогонами. Самая высокая урожайность относительно стандарта во ВНИИО отмечена у сортов Карина и Жуковчанка (62,1 т/га и 65,0 т/га, соответственно).

На Воронежской станции – у стандартного сорта Бордо 237, который в сложившихся неблагоприятных условиях почвенной засухи превысил все остальные сорта по урожайности на 4-33%. Минимальная урожайность свеклы столовой не зависимо от сорта зафиксирована на Приморской станции 6,9-11 т/га. При этом самый относительно высокий урожай, в экстремальных условиях вегетации, отмечен также у сорта Бордо 237 (табл. 2).

Наряду с урожайностью, важными количественными показателями хозяйственной ценности сортов, являются средняя масса товарного корнеплода и товарность, которые также подвержены экологической изменчивости под влиянием факторов среды. Поскольку во ВНИИО значительные различия по признаку «масса товарного корнеплода» и «товарность» обусловлены разными сроками посева ряда сортов,

Таблица 2. Урожайность сортов свеклы столовой в филиалах ФГБНУ ФНЦО (2020 год)
Table 2. Yield of table beet varieties in the branches of FSBSI FSVС (2020)

Наименование сорта (оригинатор сорта)	Регионы допуска	ВНИИО		Воронежская ООС		Бирючукская ОСОС		Западно-Сибирская ООС		Приморская ООС	
		урожайность, т/га	% к стандарту	урожайность, т/га	% к стандарту	урожайность, т/га	% к стандарту	урожайность, т/га	% к стандарту	урожайность, т/га	% к стандарту
Бордо 237 st (ВНИИССОК)	Все регионы РФ	56,7	100,0	48,8	100,0	67,8	100,0	46,5	100,0	11,0	100,0
Любава (ВНИИССОК)	Центральный	49,7	87,7	46,9	96,0	78,6	116,0	54,2	116,0	8,1	74,0
Добрыня (ВНИИССОК)	Центральный	36,1	63,6	34,5	70,0	64,0	94,0	52,0	111,0	10,8	98,0
Гаспадыня (ВНИИССОК)	Центральный	38,4	68,0	32,9	67,0	78,6	116,0	45,1	97,0	9,3	85,0
Карина (ВНИИО)	Центральный, Уральский, Западно-Сибирский	62,1	101,0	46,7	96,0	70,2	103,0	54,0	116,0	6,9	63,0
Жуковчанка (ВНИИО)	Центральный, Волго-Вятский	65,0	114,0	38,6	79,0	64,0	94,0	55,2	119,0	10,2	93,0

а на Приморской ООС экстремальными погодными условиями в период вегетации, оценку изменчивости данных признаков проводили по данным, полученным с трёх филиалов, расположенных в разных регионах РФ: Воронежской ООС, Бирючукской ОСОС и Западно-Сибирской ООС.

Средняя масса товарного корнеплода в целом по сортам варьировала в диапазоне 238-263 грамма. Наиболее выровненными по данному признаку в различных условиях выращивания оказались сорта Карина, Добрыня и Гаспадыня ($C_v=2,6-9\%$), масса товарного корнеплода которых соответствовала существующим стандартам для продовольственной продукции и в среднем составила 242, 254 и 248 грамм соответственно. Средней изменчивостью данного показателя характеризовались сорта свёклы столовой Жуковчанка и Бордо 237 ($C_v=12-15\%$). Наиболее вариabельной оказалась масса товарного корнеплода у сорта Любава - $C_v=19\%$, диапазон варьирования составлял от 200 гр. (Бирючукская ОСОС) до 294 гр. (Воронежская ООС) (рис. 3 А).

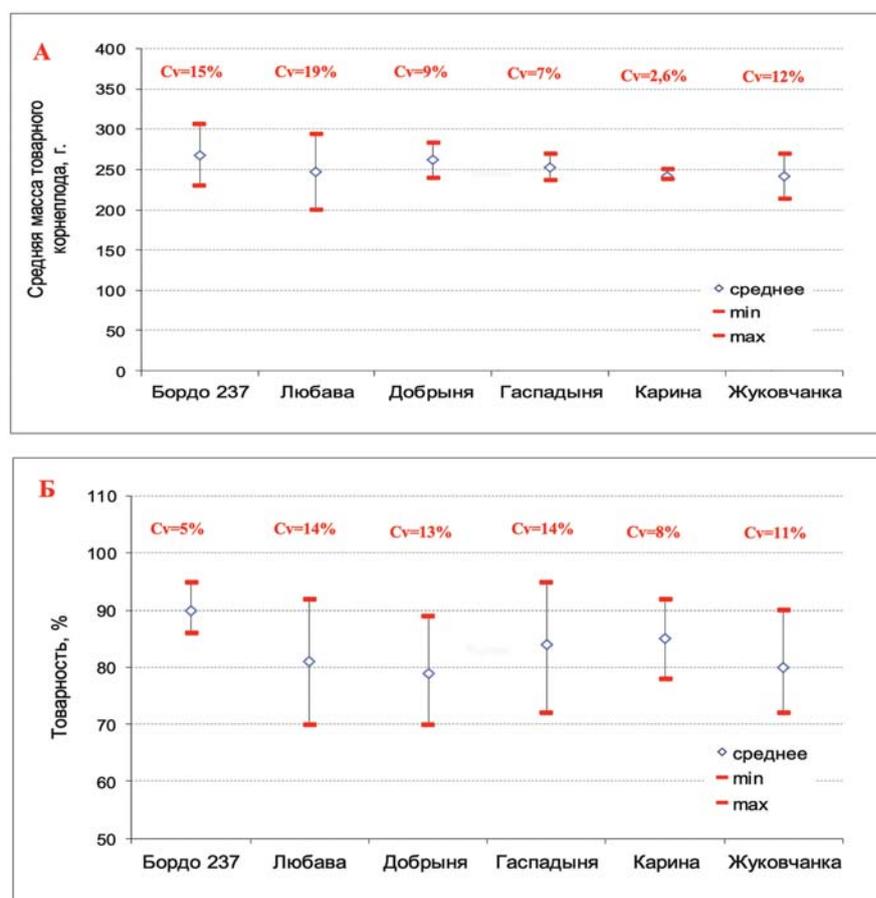


Рис. 3. Диапазон варьирования средней массы товарного корнеплода (А) и товарности (Б) сортов свеклы столовой в филиалах ФГБНУ ФНЦО (2020 год)
Fig. 3. The range of variation of the average mass of commercial root crop (A) and marketability (B) of canteen beet varieties in the branches of the FSBSI FSVС (2020)

Следует отметить, что ввиду неблагоприятных почвенно-климатических условий в период прорастания семян на Воронежской ООС, повлекших за собой изреженные всходы, средняя масса товарного корнеплода у сортов Бордо 237, Любава, Добрыня значительно превышала таковую при выращивании на двух других станциях. Товарность изученных сортов в среднем составила 79-91%. Наибольшей выравненностью по способности формировать стандартные корнеплоды характеризовался сорт Бордо 237 ($Cv=5\%$), доля товарных корнеплодов в котором превышала другие сорта и составляла от 86% (Западно-Сибирская ООС) до 95% (Бирючукская ОСОС). Также низкая изменчивость по товарности отмечена у сорта Карина ($Cv=8\%$), с диапазоном варьирования 78-92%. Средними показателями изменчивости ($Cv=11-14\%$) характеризовались сорта Жуковчанка, Добрыня, Гаспадыня, Любава (рис. 3 Б). Наименьшая доля товарных корнеплодов зафиксирована у сортов Любава и Добрыня, около 70%, на Западно-Сибирской ООС.

Изменчивость признаков при выращивании сортов свеклы столовой в различающихся условиях филиалов ФГБНУ ФНЦО, даёт возможность дать комплексную оценку сред проведения экологического сортоиспытания (ЭСИ) по методу А.В. Кильчевского и Л.В. Хотылевой и определить направление эффективного отбора на адаптивность в конкретной среде по определенным признакам. Как отмечалось выше, из-за экстремальных погодных условий в период вегетации 2020 года на Приморской ООС, изучаемые сорта характеризовались низкими значениями урожайности и товарности, поэтому их не использовали при расчете показателей сред и адаптивного потенциала. Наибольшее число сред (ВНИИО, Воронежская, Бирючукская и Западно-Сибирская опытные стан-

ции) оценивали по четырем сортам свеклы столовой (табл. 3). По шести испытуемым сортам проведен анализ трех опытных станций (Воронежская ООС, Бирючукская ОСОС, Западно-Сибирская ООС), расположенных в разных регионах РФ (табл. 4). Анализ данных оценки среды показывает, что отношения генотип-среда меняются в зависимости от места выращивания. Наибольшие различия отмечены по показателю «продуктивность среды» (dk), то есть её возможности проявлять потенциальную продуктивность генотипа [22, 23]. Наибольшими показателями продуктивности среды по урожайности и товарности характеризовались условия на Бирючукской ОСОС, не зависимо от числа испытуемых сортов. По признаку «средняя масса товарного корнеплода», напротив, продуктивность среды этого региона имела минимальное значение, поскольку благоприятные почвенно-климатические условия способствовали оптимальной густоте стояния растений на учетной делянке и формированию некрупных стандартных корнеплодов свеклы (табл. 3, 4).

При оценке на высокую адаптивность сортов учитывают параметр типичности среды (tk). По результатам анализа четырех сред по четырем сортам в отношении признаков «урожайность» и «товарность» наиболее типичными для выращивания свеклы в 2020 году оказались условия на Бирючукской ОСОС, по массе товарного корнеплода – на Воронежской ООС и ВНИИО. По совокупному анализу трех сред по шести сортам по урожайности и массе корнеплода наибольшей типичностью характеризовалась Воронежская ООС, по товарности – Бирючукская (табл. 3, 4). Для поиска форм со стабильным проявлением признаков необходимо вести отборы на анализирующем фоне. Для его оценки используется показатель дифференцирующей способности среды

Таблица 3. Параметры среды (филиалы ФГБНУ ФНЦО), как фона для оценки сортов свёклы столовой (Бордо 237, Любава, Карина, Жуковчанка) по продуктивности
 Table 3. Parameters of the environment (branch of the FSBSI FSVС), as a background for evaluating varieties of table beet (Bordo 237, Lyubava, Karina, Zhukovchanka) by productivity

Среда	X_i	Dk	Sek	Tk
Урожайность, т/га				
ВНИИО	58,5	1,8	11,2	0
Воронежская ООС	45,5	-11,2	9,7	-0,1
Бирючукская ОСОС	70,2	13,6	9,0	0,6
Западно-Сибирская ООС	52,5	-4,2	7,0	0,5
Товарность, %				
ВНИИО	89,2	3,6	6,0	0,1
Воронежская ООС	83,5	-2,2	9,4	0,7
Бирючукская ОСОС	92,2	6,6	2,2	1
Западно-Сибирская ООС	77,8	-7,9	8,4	0,5
Средняя масса товарного корнеплода, г.				
ВНИИО	245	-2,4	12,7	0,6
Воронежская ООС	263	15,4	16,8	0,8
Бирючукская ОСОС	224	-22,9	7,6	0,3
Западно-Сибирская ООС	257	9,9	5,8	-0,8

Таблица 4. Параметры среды (филиалы ФГБНУ ФНЦО), как фона для оценки сортов свёклы столовой (Бордо 237, Любава, Добрыня, Гаспадыня, Карина, Жуковчанка) по продуктивности
 Table 4. Environmental parameters (branches of the FSBSI FSVS), as a background for evaluating table beet varieties (Bordo 237, Lyubava, Dobrynya, Gaspadynya, Karina, Zhukovchanka) by productivity

Среда	Xi	Dk	Sek	Tk
Урожайность, т/га				
Воронежская ООС	41,7	-12,8	16,5	0,8
Бирючукская ООС	70,7	16,2	9,4	0,3
Западно-Сибирская ООС	51,2	-3,3	8,1	0,5
Товарность, %				
Воронежская ООС	83,5	-2,2	9,4	0,7
Бирючукская ООС	92,2	6,6	2,2	1
Западно-Сибирская ООС	77,8	-7,9	8,4	0,5
Средняя масса товарного корнеплода, г.				
Воронежская ООС	262	12,9	14,2	0,9
Бирючукская ООС	229	-20,1	6,6	-0,2
Западно-Сибирская ООС	256	7,2	5,9	-0,3

– параметр Sek. В данном случае стабилизирующим фоном по урожайности (7,4-8,1) и массе товарного корнеплода (5,9) являются условия Западно-Сибирской ООС, по товарности – Бирючукской ООС (2,2), не зависимо от набора испытуемых сортов. В данных средах наблюдали наименьший диапазон варьирования указанных параметров. Дестабилизирующий эффект на изучаемые параметры отмечен при выращивании свеклы на Воронежской ООС, независимо от числа сортов, а по урожайности и во ВНИИО (табл. 3, 4). То есть, условия Воронежской ООС позволяют дифференцировать сорта свеклы столовой по способности реализовать свой продуктивный потенциал при неблагоприятных факторах, в частности критическом дефиците влаги во время вегетации.

Таким образом, можно сделать вывод, что наиболее информативным фоном для выявления потенциала продуктивности (dk max) и выделения высоко адаптивных сортов является среда на Бирючукской станции. Оценка сортов на экологическую стабильность в отношении комплекса изучаемых признаков (Sek max) эффективна на Воронежской ООС, а по урожайности и во ВНИИО. Сорта, способные формировать достаточное число товарных корнеплодов в критических условиях, будут проявлять стабильную продуктивность во всех регионах.

Выявленная информативность сред, как фонов, позволила провести оценку адаптивной способности и экологической стабильности сортов свеклы столовой по комплексу признаков, определяющих их пригодность к выращиванию в различных регионах РФ и соответственно расширению их районирования (табл. 5). Важным критерием адаптивности сорта по сочетанию продуктивности и стабильности является селекционная ценность генотипа (СЦГ), что определяет выбор сортов для выращивания с целью получения стабильно высоких урожаев даже в неблагоприятных условиях. Высокоадаптивные сорта характеризуются высокими значениями параметра СЦГ, параметр отзывчивости (bi) у них меньше 1, относитель-

ная стабильность (Sgi), как правило, до 10%. По урожайности значение параметра экологической изменчивости (Sgi) в изучаемой группе сортов варьирует в широком диапазоне (по трём филиалам и шести сортам Sgi=20,7-45,6%). Наибольшей стабильностью по урожаю независимо от региона выращивания характеризуются сорта Карина и Бордо 237 (20,7 и 21,2% соответственно). По параметру отзывчивости (bi), показывающему реакцию генотипа на улучшение условий среды, сорта Гаспадыня и Любава характеризуются высокими значениями bi>1 (1,6 и 1,1 соответственно). Их можно считать высокоотзывчивыми на улучшение условий произрастания. Наиболее стабильные в этом плане сорта Карина и Бордо 237, которые способны формировать достаточно высокий урожай не зависимо от региона выращивания. Максимальные значения этого признака в среднем по трем станциям отмечены у сорта Карина (X=57 т/га; СЦГ=36).

По товарности наибольшей стабильностью (Sgi 5,3-8,2%) и селекционной ценностью (СЦГ 53,4-68,4) среди изучаемых сортов характеризуются также Бордо 237 и Карина. Эти сорта по данному признаку наиболее адаптированы к условиям разных регионов, менее чувствительны к неравномерному распределению влаги во время вегетации и другим неблагоприятным факторам среды и способны формировать корнеплоды товарных размеров. Значительной специфической адаптивной способностью по товарности обладают сорта Гаспадыня, Любава, Добрыня. Наиболее отзывчивыми по данному признаку на изменение условий среды, т.е. более чувствительны к внешним условиям, также сорта Любава, Добрыня и Жуковчанка (bi 1,2-1,5).

По признаку масса товарного корнеплода высокую отзывчивость на условия среды проявили сорта Любава, Бордо 237 (bi 1,8-2,8). Высокая стабильность, не зависимо от среды, наблюдается у сортов Карина, Гаспадыня (Sgi <10%). Известно, что корнеплоды свеклы столовой, при неограниченной площади питания, склонны к перерастанию, в отдельных

случаях масса корнеплода может достигают 1500 и более грамм. В связи с этим большой интерес представляют сорта, которые при различной густоте стояния растений на делянке, способны формировать стандартные товарные корнеплоды. Среди изученных сортов, наибольшей селекционной ценностью, в сочетании с отрицательным значением OAC_i , показывающим прибавку массы товарного корнеплода относительно среднего значения по всей выборке сортов, характеризовались Карина ($OAC_i = -10,4$ г; $СЦГ_i = 234$) и Гаспадыня ($OAC_i = -11,1$ г; $СЦГ_i = 160,7$).

По совокупности всех параметров, представленных в таблице 5, к наиболее адаптивным для выращивания в разных регионах РФ, отличающимися климатическими условиями, по сочетанию урожайности и товарности можно рекомендовать сорта свеклы столовой Карина и Бордо 237; по массе товарного корнеплода - Карина и Гаспадыня. Для интенсивных технологий важной характеристикой сортов является их отзывчивость на улучшение условий выращивания. С этой точки зрения по совокупности признаков выделены сорта: Любава, Гаспадыня, Добрыня.

Заключение

Оценка в системе ЭСИ шести сортов в трех агроклиматических условиях (Бирючукская ОСОС, Воронежская ООС, Западно-Сибирская) позволила выделить два адаптивных сорта со стабильно высокой урожайностью (57,0 и 54,7 т/га) – Карина и Бордо 237 с положительными показателями OAC_i (2,5 и 0,2 соответственно), высокоадаптивный ($OAC_i = 5,5$) и отзывчивый на улучшения условий среды ($bi = 1,1$) сорт Любава, генотип с высоким

генетическим потенциалом продуктивности ($bi = 1,6$) – Гаспадыня, показавший самую высокую урожайность на Бирючукской ОСОС – 78,6 т/га.

Высокой стабильной товарностью обладают сорта Бордо 237 ($X_i = 89,7\%$, $OAC_i = 5,3$ $СЦГ_i = 68,4$) и Карина ($X_i = 85,0\%$, $OAC_i = 0,7$, $СЦГ_i = 53,4$), отзывчивостью на повышение уровня товарности – Любава, Жуковчанка, Добрыня (bi 1,5, 1,3 и 1,2)

По средней массе товарного корнеплода: высокой стабильностью характеризуются сорта Карина и Гаспадыня ($Sg_i < 10\%$), наибольшим $СЦГ_i$ при отрицательном значении OAC_i отличались также сорта Карина ($OAC_i = -10,4$, $СЦГ_i = 234$) и Гаспадыня ($OAC_i = -11,1$, $СЦГ_i = 160,7$).

По совокупности всех параметров к наиболее адаптивным для выращивания в разных регионах РФ, отличающимися климатическими условиями, по сочетанию урожайности и товарности можно рекомендовать сорта свеклы столовой Карина и Бордо 237; по массе товарного корнеплода – Карина и Гаспадыня. Для интенсивных технологий важной характеристикой сортов является их отзывчивость на улучшение условий выращивания. С этой точки зрения по совокупности признаков выделены сорта: Любава, Гаспадыня, Добрыня.

Наиболее информативным фоном для выявления потенциальной продуктивности сортов (dk) является среда на Бирючукской ОСОС, на экологическую стабильность по комплексу признаков (Se_k) – Воронежской ООС, а по урожайности во ВНИИО. Наиболее типичными средами (T_k) для выращивания свеклы столовой по признакам «урожайность» и «товарность» являются условия Бирючукской ОСОС, по массе товарного корнеплода – Воронежской ООС.

Таблица 5. Параметры адаптивности и стабильности сортов свёклы столовой по хозяйственно-ценным признакам в ЭСИ (Воронежская, Бирючукская, Западно-Сибирская опытные станции, 2020 год)
Table 5. Parameters of adaptability and stability of table beet varieties according to economically valuable characteristics in ESI (Voronezh, Biryuchekutskaya, West Siberian experimental stations, 2020)

Наименование сорта	Урожайность						Товарность						Средняя масса товарного корнеплода,					
	X_i , т/га	OAC_i	CAC_i	Sg_i	bi	$СЦГ_i$	X_i , %	OAC_i	CAC_i	Sg_i	bi	$СЦГ_i$	X_i , %	OAC_i	CAC_i	Sg_i	bi	$СЦГ_i$
Бордо 237	54,7	0,2	134,3	21,2	0,7	34,0	89,7	5,3	22,3	5,3	0,8	68,4	262,0	12,6	1552,0	15,0	1,8	78,0
Любава	57,0	5,5	283,0	28,0	1,1	30,1	83,7	-0,7	142,3	14,3	1,5	29,9	254,0	5,2	2385,0	19,2	2,8	26,8
Добрыня	50,3	-4,2	212,3	29,0	0,9	24,4	82,3	-2,0	114,3	13,0	1,2	34,1	254,0	5,2	645,0	10,0	0,9	136,1
Гаспадыня	52,3	-2,2	569,3	45,6	1,6	9,9	85,7	1,3	146,3	14,1	1,1	31,1	248,0	-11,1	352,0	7,6	0,4	160,7
Карина	57,0	2,5	139,0	20,7	0,8	36,0	85,0	0,7	49,0	8,2	1,1	53,4	239,0	-10,4	1,0	2,6	0,0	234,0
Жуковчанка	52,7	-1,8	160,3	24,0	0,8	30,1	79,7	-4,7	86,3	11,7	1,3	37,8	238,0	-11,4	832,0	12,1	0,1	103,4

Об авторах:

Светлана Александровна Ветрова – кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник лаборатории молекулярно-иммунологических исследований, <https://orcid.org/0000-0002-9897-0413>, автор л-я переписки, лана-k2201@mail.ru

Виктор Алексеевич Степанов – кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, зав. лаборатории селекции и семеноводства столовых корнеплодов, <https://orcid.org/0000-0002-8749-1425>, vstepanov8848@mail.ru

Владимир Александрович Заячковский – кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства столовых корнеплодов, <https://orcid.org/0000-0001-9821-5381>, 89854217114@mail.ru

About the Authors:

Svetlana A. Vetrova – Cand. Sci. (Agriculture), Senior Researcher of the Laboratory molecular immunological research, <https://orcid.org/0000-0002-9897-0413>, Correspondence Author, лана-k2201@mail.ru

Victor A. Stepanov – Cand. Sci. (Agriculture), Leading Researcher of the Laboratory of breeding and seed production of table root crops, <https://orcid.org/0000-0002-8749-1425>, vstepanov8848@mail.ru

Vladimir A. Zayachkovsky – Cand. Sci. (Agriculture), Senior Researcher of the Laboratory of breeding and seed production of table root crops, <https://orcid.org/0000-0001-9821-5381>, 89854217114@mail.ru

• Литература

- Агапов С.П. Столовая свекла. М.: 1934. 104 с.
- Красочкин В.Т. Корнеплодные растения. Культурная флора СССР. Т.19. Л.: Колос, 1971. 435 с.
- Борисов В.А., Литвинов С.С., Романова А.В. Качество и лежкость овощей. М., 2003. 625 с.
- Henriette M.C. Betalains: properties, sources, applications, and stability. Intern. J. Food Sci. Technol. 2009;(44):2365–2376.
- Слепцов И.В., Воронов И.В., Журавская А.Н., Поскачина Е.П. Выделение и идентификация бетацианиновых пигментов из *Beta vulgaris* и *Amaranthus retroflexus*. Химия растительного сырья. 2015;(3):111–115. DOI:10.14258/jcprm.201503757
- Приказ Министерства здравоохранения РФ №614 от 19 августа 2016 года «Об установлении рекомендаций по рациональным нормам потребления пищевой продукции, отвечающим требованиям здорового питания». <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=381786>
- <https://www.fao.org/faostat/ru>
- Солдатенко А.В., Пивоваров В.Ф., Разин А.Ф., Шатилов М.В., Разин О.А., Россинская О.В., Башкиров О.В. Проблемы производства конкурентной овощной продукции. *Овощи России*. 1(45). 2019. С.3-7. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-1-3-7>
- Макарец Л.И., Макарец М.Н. Экономика производства сельскохозяйственной продукции. Санкт-Петербург, 2002.
- Ветрова С.А., Вюртц Т.С., Заячковская Т.В., Степанов В.А. Современное состояние рынка овощных корнеплодов в РФ и пути решения проблемы продовольственной безопасности. *Овощи России*. 2020;(2):16-22. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2020-2-16-22>. – EDN FRZYOL.
- Корсаков Н.И. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 1982;72(1).
- Вавилов В.И. Селекция и наука. Л.-М. 1934.
- Пивоваров В.Ф., Добруцкая Е.Г. Экологические основы селекции и семеноводства овощных культур. М., 2000. С.591.
- Сазонова Л.В., Власова Э.А. Корнеплодные растения: морковь, сельдерей, петрушка, пастернак, редис, редька. Ленинград: 1990. С.295.
- Фёдорова М.И., Ветрова С.А., Заячковский В.А., Степанов В.А. Сорта свёклы столовой селекции ВНИИССОК. *Овощи России*. 2016;(2):56-59. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2016-2-56-59>. EDN WFGIVR.
- Ветрова С.А., Заячковский В.А., Мухина К.С. Раздельноплодные сорта свёклы столовой селекции ФГБНУ ФНЦО в разрезе современных требований сельхозпроизводителей. *Аграрная наука*. 2019;(11-12):61-67. DOI: 10.32634/0869-8155-2019-333-10-61-67 EDN: QZKJVI
- Vetrova S.A., Zayachkovsky V.A., Sirota S.M. Monogerm table beet from the perspective of economic efficiency. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Conference on Sustainable Development of Cross-Border Regions* 2019, SDCBR 2019. P. 012052. DOI: 10.1088/1755-1315/395/1/012052. EDN IMIOKU.
- Тимакова Л.Н., Долгополова М.А. Селекция свеклы столовой во ВНИИО - филиале ФГБНУ ФНЦО: основные направления и результаты. *Известия ФНЦО*. 2020;(2):21-26. DOI: 10.18619/2658-4832-2020-2-21-26. EDN IBOHPN.
- Литвинов С.С. Методика полевого опыта в овощеводстве. М.: Россельхозакадемия, 2011. 648 с.
- Макарова Т.В. и др. Методические указания по экологическому испытанию овощных культур в открытом грунте. М., 1981. 40 с
- Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агрпромиздат, 1985. 351 с.
- Кильчевский А.В., Хотылева Л.В. Метод оценки адаптивной способности и стабильности генотипов, дифференцирующей способности среды. Сообщение I. Обоснование метода. *Генетика*. 1985;21(9):1481-1490.
- Мусаев Ф.Б., Добруцкая Е.Г., Казыдуб Н.Г., Скорина В.В. Оценка среды природных зон как фона для отбора на адаптивность и размножение семян фасоли овощной. *Овощи России*. 2013;(1):41-45. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2013-1-41-45>. EDN QCJHNN.

• References

- Krasochkin V.T. Root-bearing plants. Cultural flora of the USSR. Vol.19. L.: Kolos, 1971. 435 p. (In Russ.)
- Borisov V.A., Litvinov S.S., Romanova A.V. The quality and keeping quality of vegetables. M., 2003. 625 p. (In Russ.)
- Henriette M.C. Betalains: properties, sources, applications, and stability. Intern. J. Food Sci. Technol. 2009. Vol. 44. P. 2365–2376.
- Sleptsov I.V., Voronov I. V., Zhuravskaya A.N., Poskachina E.R. Isolation and identification of betacyanin pigments from *BETA VULGARIS* and *AMARANTHUS RETROFLEXUS*. Chemistry of plant raw materials. 2015. No.3. pp. 111-115. DOI:10.14258/jcprm.201503757 (In Russ.)
- <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=381786>
- Order of the Ministry of Health of the Russian Federation No. 614 dated August 19, 2016 "On the establishment of recommendations on rational norms of food consumption that meet the requirements of a healthy diet".
- <https://www.fao.org/faostat/ru>
- Soldatenko A.V., Pivovarov V.F., Razin A.F., Shatilov M.V., Razin O.A., Rossinskaya O.V., Bashkirov O.V. Problems of production of competitive vegetable products. *Vegetables of Russia*. 1(45). 2019. pp.3-7. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-1-3-7> (In Russ.)
- Makarets, L.I. and Makarets, M.N. Economics of agricultural production. St. Petersburg, 2002. (In Russ.)
- Vetrova S.A., Vjurtts T.S., Zayachkovskaya T.V., Stepanov V.A. Current state of the vegetable root crop market in the Russian Federation and ways to solve the problem of food security. *Vegetable crops of Russia*. 2020;(2):16-22. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2020-2-16-22>. EDN FRZYOL.
- Korsakov N.I. Works on applied botany, genetics and breeding. 1982. T72. Issue 1. (In Russ.)
- Vavilov V.I. Breeding and science. L.-M. 1934. (In Russ.)
- Pivovarov V.F., Dobrutskaya E.G. Ecological foundations of breeding and seed production of vegetable crops. M., 2000. p.591. (In Russ.)
- Sazonova L.V., Vlasova E.A. Root plants: carrot, celery, parsley, parsnip, radish, radish. Leningrad: 1990. p.295. (In Russ.)
- Fedorova M.I., Vetrova S.A., Zayachkovskiy V.A., Stepanov V.A. Red beet varieties of vniissok's breeding. *Vegetable crops of Russia*. 2016;(2):56-59. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2016-2-56-59>. EDN WFGIVR.
- Vetrova S.A., Zayachkovsky V.A., Mukhina K.S. Separate-fruited beet varieties of the canteen selection FSBSI FSVC in the context of modern requirements of agricultural producers. *Agarian science*. 2019;(11-12):61-67. DOI: 10.32634/0869-8155-2019-333-10-61-67 EDN: QZKJVI (In Russ.)
- Vetrova S.A., Zayachkovskiy V.A., Sirota S.M. Monogerm table beet from the perspective of economic efficiency. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Conference on Sustainable Development of Cross-Border Regions*. 2019, SDCBR 2019. P. 012052. DOI: 10.1088/1755-1315/395/1/012052. EDN IMIOKU.
- Timakova L.N., Dolgopolova M.A. Breeding of table beet in All-Russian scientific research institute of vegetable growing - branch of branch of the FSBSI Federal scientific vegetable center: main directions and results. *News of FSVC*. 2020;(2):21-26. DOI: 10.18619/2658-4832-2020-2-21-26. EDN IBOHPN. (In Russ.)
- Litvinov S.S. Methodology of field experience in vegetable growing. M.: Russian Agricultural Academy, 2011. 648 p. (In Russ.)
- Makarova T.V. et al. Methodological guidelines for environmental testing of vegetable crops in the open ground. M., 1981. 40 p. (In Russ.)
- Dospikhov B.A. Methodology of field experience. M.: Agropromizdat, 1985. 351 p. (In Russ.)
- Kilchevsky A.V., Khotyleva L.V. Method for assessing adaptive ability and stability of genotypes, differentiating ability of the environment. Message I. Justification of the method. *Genetics*. 1985;21(9):1481-1490. (In Russ.)
- Musaev F.B., Dobrutskaya E.G., Kazidub N.G., Skorina V.V. Environmental assessment of natural areas as background for selection for adaptability and bean vegetable seeds multiplication. *Vegetable crops of Russia*. 2013;(1):41-45. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2013-1-41-45>. EDN QCJHNN.