

Оригинальная статья / Original article

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-5-77-83>  
УДК 581.19:(635.42+635.11)

Соколова Д.В.\*,  
Шеленга Т.В.,  
Соловьева А.Е.

Федеральный исследовательский центр  
Всероссийский институт генетических ресурсов  
растений им. Н.И. Вавилова (ВИР)  
190000, Россия, г. Санкт-Петербург,  
ул. Б. Морская, д. 42,44  
\*E-mail: dianasokol@bk.ru

**Конфликт интересов:** Авторы заявляют об  
отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Соколова Д.В.,  
Шеленга Т.В., Соловьева А.Е.  
Сравнительная характеристика биохимического  
состава образцов мангольда и свеклы столовой  
коллекции ВИР. Овощи России. 2019;(5):77-83.  
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-5-77-83>

**Благодарности.** Работа выполнена  
в рамках государственного задания ВИР  
№ 0662–2018–0017, АААА-А16–116040710360–1  
«Выявление диапазона изменчивости  
биохимических признаков качества  
генетического разнообразия важнейших  
зерновых, зернобобовых, масличных, овощных,  
плодовых и ягодных культур и их диких родичей  
в связи с поиском, выделением и созданием  
ценного исходного материала для улучшения  
качества сельскохозяйственных культур».

**Поступила в редакцию:** 17.06.2019  
**Принята к печати:** 29.06.2019  
**Опубликована:** 25.10.2019

Diana V. Sokolova\*,  
Tatiana V. Shelenga,  
Alla E. Solovieva

Federal Research Center N. I. Vavilov All-Russian  
Institute of Plant Genetic Resources (VIR)  
42, 44, B. Morskaya Street, St. Petersburg,  
190000, Russia  
\*E-mail: dianasokol@bk.ru

**Conflict of interest:** The authors declare  
no conflict of interest.

**For citation:** Sokolova D.V., Shelenga T.V.,  
Solovieva A.E. Comparative characteristics of the  
biochemical composition of chard and table beet  
accessions from VIR collection. Vegetable crops of  
Russia. 2019;(5):77-83 (In Russ.)  
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-5-77-83>

**Acknowledgment:** The work was  
performed as part of the state assignment  
VIR No. 0662–2018–0017,  
АААА-А16–116040710360–1 “Identification of the  
range of variability of biochemical characteristics of  
the quality of the genetic diversity of the most  
important cereals, legumes, oilseeds, vegetables,  
fruit and berries and their wild relatives in connec-  
tion with the search, isolation and creation of valu-  
able source material to improve the quality of  
crops”.

**Received:** 17.06.2019  
**Accepted for publication:** 29.06.2019  
**Accepted:** 25.10.2019

# Сравнительная характеристика биохимического состава образцов мангольда и свеклы столовой коллекции ВИР



## РЕЗЮМЕ

**Актуальность.** Одним из многих этапов, которые ведут к оздоровлению нации, является здоровое питание, которое подразумевает под собой обеспечение организма человека всеми необходимыми ему элементами для его нормального функционирования. В рамках импортозамещения крайне важно выявить и популяризировать ценные культуры, которые пригодны для выращивания на территории РФ. Одной из таких малораспространенных и недостаточно изученных культур является листовая разновидность свеклы – мангольд (*Beta vulgaris* L. ssp. *cicla*). Для человека пищевой частью растения мангольда являются мясистые черешки и листья.

**Материалы и методы.** Целью проведенных исследований было выявить особенности биохимического состава мангольда и сравнить их с широко распространенной свеклой столовой. Объектом исследования послужили 44 образца столовой свеклы (*Beta vulgaris* L. ssp. *vulgaris*) и 32 образца листовой свеклы коллекции ВИР, различающиеся по фенотипу и происхождению. Опытные образцы выращивали в овощном севообороте в НПБ (научно-производственная база) «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» (г. Пушкин, Ленинградская обл.) на протяжении двух лет (2014 и 2015 годы). Биохимический анализ проводили в лаборатории биохимии и молекулярной биологии ВИР с помощью стандартных методов. Количественный и качественный состав метаболитов оценивали с применением газо-жидкостной хроматографии, сопряженной с масс-спектрометрией.

**Результаты.** Результаты исследования выявили значительную изменчивость показателей в зависимости от конкретного генотипа. К слабо варьирующими можно отнести показатели содержания аскорбиновой кислоты, белка и пигментов: бетанина у свеклы столовой и  $\beta$ -каротина у листовой. Дано подробное сравнительное описание содержания метаболитов углеводного профиля. Показано, что мангольд лучше сбалансирован по содержанию моносахаридов, отличается пониженным содержанием сахарозы. Аминокислотный состав мангольда богаче и разнообразнее, чем у свеклы столовой, по незаменимым для человека аминокислотам значительно ее опережает. Выделившиеся образцы мангольда рекомендованы к использованию в детском, диетическом и диабетическом питании. Благодаря высокому содержанию бетанина (выше столовой на 83%) культура рекомендуется как компонент для кормопроизводства. Листовая свекла обладает рядом ценных преимуществ: неприхотлива в выращивании, декоративна и, главное, имеет большой потенциал для использования в питании человека и кормопроизводстве.

**Ключевые слова:** листовая свекла, мангольд, биохимические характеристики, метаболиты.

# Comparative characteristics of the biochemical composition of chard and table beet accessions from VIR collection

## ABSTRACT

**Relevance.** Healthy eating is one of the many steps that lead to a healthy nation. It implies the provision of the human body with all the necessary elements for its normal functioning. Within the framework of import substitution, it is extremely important to identify and popularize valuable crops that are suitable for cultivation in the territory of the Russian Federation. One of these rarely studied and insufficiently studied cultures is the leaf variety of beet – chard (*Beta vulgaris* L. ssp. *cicla*). Man uses in the food the fleshy petioles and leaves of this plant.

**Material and methods.** The purpose of the research was to identify the characteristics of the biochemical composition of chard and compare them with the widespread red beet. The object of the study was 44 accessions of red beet (*Beta vulgaris* L. ssp. *vulgaris*) and 32 accessions of chard from the VIR collection, differing in phenotype and origin. The accessions were cultivated in the vegetable crop rotation in the Research and production base “Pushkin and Pavlovsk laboratories of VIR” (Pushkin, Leningrad region) for two years (2014 and 2015). Biochemical analysis was performed using standard methods. The quantitative and qualitative composition of the metabolites was assessed using GC-MS (Gas Chromatography-Mass Spectrometry).

**Results.** The results of the study revealed significant variability of indicators depending on the specific genotype. The indicators of the content of ascorbic acid, protein and pigments: betanin in beetroot and  $\beta$ -carotene in leafy can be attributed to slightly varying. A detailed comparative description of the content of carbohydrate profile metabolites is given. It is shown that chard is better balanced in terms of monosaccharides content, differs in low sucrose content. The amino acid composition of chard is richer and more diverse than that of table beet, it is significantly ahead of table beet in essential amino acids for humans. Selected accessions of chard are recommended for use in infant, dietary and diabetic nutrition. Due to the high protein content (83% higher than that of red beet), the culture is recommended as an ingredient for feed production. Leaf beet has a number of valuable advantages: unpretentious in cultivation, decorative and, most importantly, has great potential for use in human nutrition and fodder production.

**Keywords:** leaf beet, chard, biochemical characteristics, metabolites.

## Введение

Здоровое и правильное питание – один из многих этапов, которые ведут к оздоровлению нации. Полноценное питание подразумевает собой обеспечение организма всеми необходимыми ему витаминами и микроэлементами для его нормального функционирования. Разнообразные потребляемые продукты обеспечивают необходимыми элементами наш организм. В ВИР имени Н.И.Вавилова собрана обширная коллекция культур пищевого значения, используя которую можно эффективно создавать новые и улучшать имеющиеся источники здорового и диетического питания.

Столовая свекла в нашей стране занимает важное место в питании человека и издавна ценится за свои вкусовые качества. Содержится в свекле ценный пигмент бетанин и азотистое вещество бетаин, придающие свекле своеобразный вкус. Это уникальные, пока не обнаруженные в других овощах, алкалоидоподобные соединения, способствующие расщеплению и усвоению в организме человека белков животного и растительного происхождения [1]. Особенности вкуса столовой свеклы придает и небольшое содержание органических кислот: молочной, лимонной, яблочной, винной, щавелевой. Наличие в варёной свекле органических кислот играет важную роль в процессе переваривания пищи. Вещество бетаин способствует снижению артериального давления, участвует в липидном обмене, уменьшает количество холестериновых бляшек на стенках сосудов. Калорийность варёной свеклы составляет 40-49 ккал на 100 грамм, чем превосходит другие корнеплодные культуры. Главным образом, причина повышенной калорийности за счет содержания сахаров (6-13%), которых в ней больше, чем в моркови, и представлены они в основном сахарозой. В корнеплодах накапливается от 11 до 27% сухого вещества, белка – до 2%. Столовая свекла содержит много минеральных солей щелочного характера и витамины: С, В1, В2, В6, Вs, Р, РР, каротин, пантотеновую (В3) и фолиевую (Вс) кислоты. Среди овощей столовая свекла лидирует по накоплению солей фосфора, калия, йода, много в ней серы, кальция и магния. Она является источником важных для жизнедеятельности человека микроэлементов, таких как бор, марганец, цинк, фтор, кобальт.

Мангольд, или листовая свекла, – древнейшая форма свеклы. Культура мало известна и распространена в нашей

стране, но последнее время интерес к ней значительно возрос. Она широко распространена в Европейских странах, Грузии, Армении, Турции, США, Японии, Индии, Китае. Листья и черешки мангольда богаты белками, сахарами, в них отмечено высокое содержание витамина С (около 30 мг%) и витаминов группы В, а также они содержат минеральные соли натрия, железа, хлора, кальция, фосфора и др. Богатые витаминами листья и черешки употребляются в пищу в свежем и вареном виде. Корни мангольда не пригодны в пищу. Растение имеет высокую декоративную ценность и полезно для здоровья [2].

Целью проведенных исследований было выявить особенности биохимического состава мангольда и сравнить их со столовой свеклой.

## Материалы и методы

Объектом исследования послужили 44 образца столовой свеклы (*Beta vulgaris* L. ssp. *vulgaris*) и 32 образца листовой свеклы – мангольда (*Beta vulgaris* L. ssp. *cicla*) коллекции ВИР различного происхождения (рис. 1). Наибольшим количеством образцов в опыте представлены Нидерланды, Германия и Россия. Преобладали мангольды европейской селекции. Наибольшим количеством образцов листовой свеклы представлена Германия, столовой свеклы – Россия и Нидерланды. Отобранные для опыта образцы мангольда коллекции ВИР фенотипически различаются по цвету, форме, размерам черешка и по гладкости поверхности листа (рис.2).

Выращивали коллекционные образцы в овощном севообороте в НПБ (научно-производственная база) «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» (г. Пушкин, Ленинградская обл.). Почвы в Пушкине преимущественно дерново-подзолистые, супесчаные. Предшественник – капуста.

Биохимический анализ проводили в лаборатории биохимии и молекулярной биологии ВИР. Анализ и обработку материала осуществляли по методике ВИР [3]. Методы: содержание массы сухого вещества определяли взвешиванием до и после высушивания средней пробы в сушильном шкафу при 105°C; аскорбиновой кислоты – титрованием с реактивом Тильманса; белок – по методу Кьельдаля на приборе KjeltecAuto 1030 Analyzer, Швеция; бетанин – спектрофотометрически на приборе «Ultrospec II» (Швеция), при

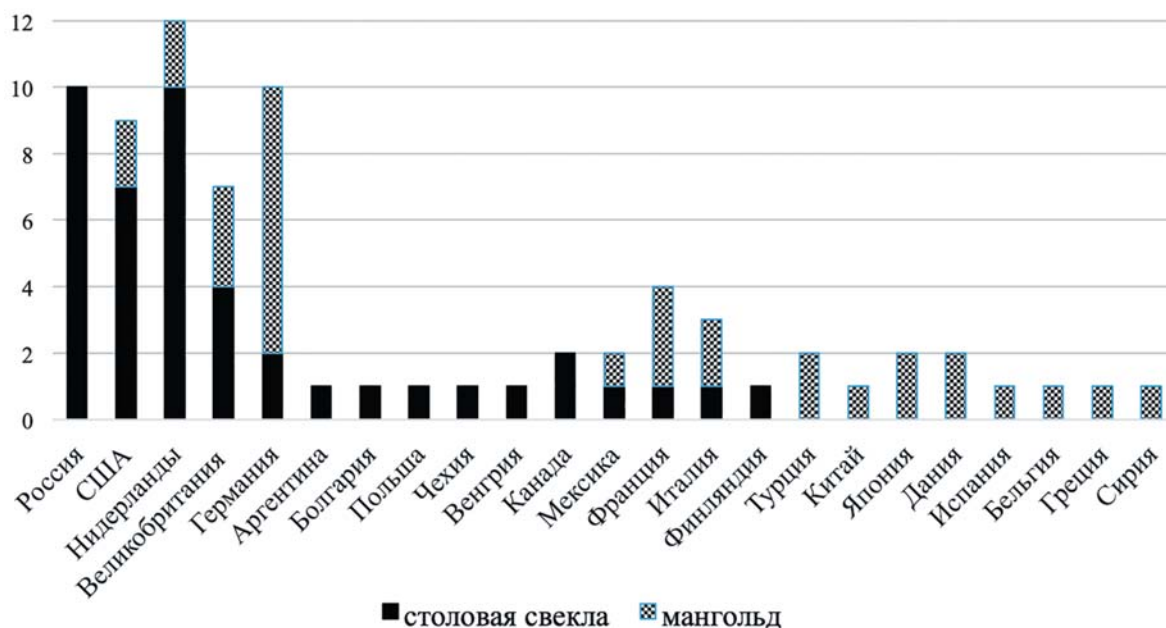


Рисунок 1. Состав опытных образцов свеклы по происхождению  
Figure 1. Set of experimental accessions of beet by origin



**Рисунок 2. Разнообразие образцов мангольда коллекции ВИР по черешкам и листьям**  
**Figure 2. Diversity of chard accessions from VIR collection on the signs of leaves and petioles**

длине волны 535 нм [4]; бета-каротин - спектрофотометрически на приборе «Ultrospec II» (Швеция), при длине волны 454 нм [3]; состав сахаров, свободных аминокислот, органических кислот, фенолкарбоновых кислот – газо-жидкостной хроматографией с масс-спектрометрией.

Для метаболомного анализа брали 10 г образца, взвешивали, гомогенизировали с адекватным количеством этанола, пробу настаивали в течение 30 дней при 5...6°C. Экстракт (200 мкл) выпаривали досуха на установке CentriVarConcentrator фирмы «Labconco» (США). Сухой остаток силилировали с помощью бис(триметилсилил)трифторацетамида. Разделение силилированных соединений проводили на капиллярной колонке HP-5MS 5% фенилметилполисилоксан (30,0 м, 250,00 мкм, 0,25 мкм) на хроматографе «Agilent 6850» с квадрупольным масс-селективным детектором Agilent 5975B VL MSD фирмы «AgilentTechnologi» (США). Условия проведения хроматографического исследования: скорость потока гелия через колонку 1,5 мл/мин. Программа нагревания колонки: от +70°C до +320°C, скорость нагревания 4°C в минуту. Температура детектора масс спектрометра – +250°C, температура инжектора – +300°C, объем пробы – 1 мкл. Внутренним стандартом служил раствор трикозана в пиридине (1 мкг/мкл) [5]. Программное обеспечение: UniChrom; AMDIS (Automated Mass Spectral Deconvolution and Identification System); «NIST/EPA/NIH 08» Mass Spectral Library [6].

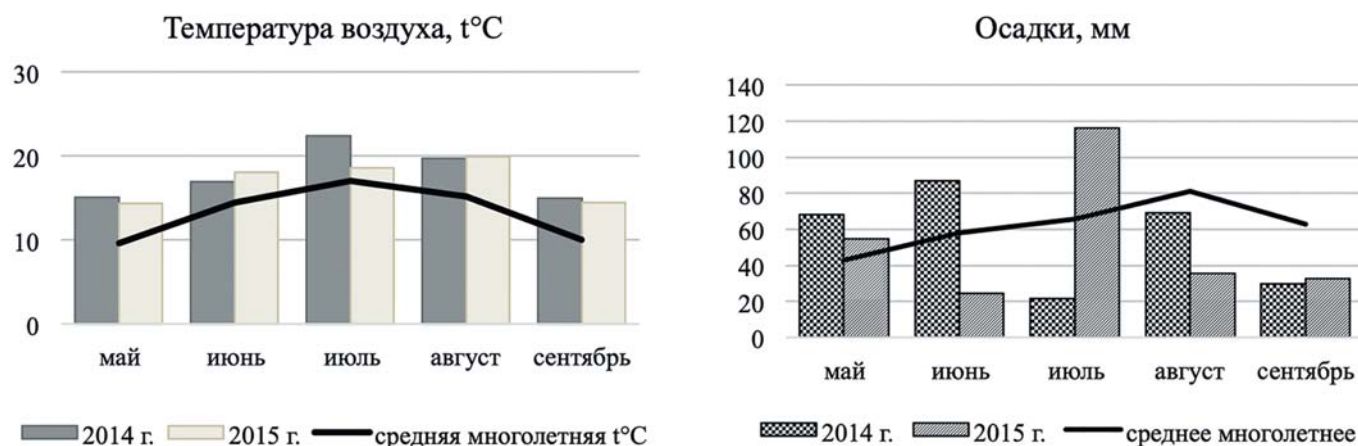
Полученные экспериментальные данные обрабатывали стандартными методами статистического анализа с использованием программ Excel и Statistica 7,0.

Годы исследований (2014-2015) характеризовались разным соотношением температурного режима и влагообеспечения (Рис.3). Vegetационный период 2014 года отличался повышенной температурой воздуха в течение всего лета: среднемесячные температуры на 2–5°C выше среднемноголетних. При этом в июле высокая дневная температура воздуха (22,4°C) и недостаток влаги в почве сдерживали рост растений. В 2015 году температура воздуха держалась на уровне среднемноголетних данных. 2015 год характеризовался нестабильными осадками: нехватка влаги в июне (-33,5 мм) и избыточное увлажнение в июле (+50,5 мм). По сумме осадков за вегетационный период 2015 года отклонение в меньшую сторону от среднемноголетних данных составило 35 мм, 2015 года – 47 мм. Надо отметить, что периоды проливных дождей чередовались с засушливыми периодами, что негативно сказывалось на росте растений.

### Результаты исследования

Биохимический состав столовой свёклы анализировали у корнеплодов, собранных непосредственно перед уборкой на хранение. Масса одного корнеплода колебалась от 90 до 440 г, диаметр не превышал 11 см, длина корнеплода зависела от сорта типа и не превышала 22 см для образцов цилиндрической формы. Взятие листовой массы мангольдов на анализ проводили в середине сентября, перед уборкой.

Содержание сухого вещества – один из важнейших показателей, по которому судят о качестве растительного сырья. Его значения тесно связаны с погодными условиями вегетационного периода. В наших исследованиях содержа-



**Рисунок 3. Характеристика погодных условий вегетационных периодов (2014-2015 гг., Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР)**  
**Figure 3. Description of weather conditions in the growing seasons (2014-2015, Pushkin and Pavlovsk Laboratories of VIR)**

Таблица 1. Сравнительная характеристика биохимических показателей образцов столовой свеклы и мангольда  
Table 1. Comparative characteristics of biochemical indicators of beet and chard accessions

Показатели	Столовая свекла	Мангольд
	M±Sx (Cv, %), Median (minч max)*	
	M± Sx	M± Sx
Сухое вещество, %	20,8±0,4 (13,6%)	11,5±0,2 (11%)
Аскорбиновая кислота, мг/100 г	35,2±1,4 (25,7%)	46,6±1,9 (23,2%)
Моносахара, %	0,17 (0,04÷1,75)*	4,24±0,3 (33,6%)
Дисахара, %	6,59 (2,2÷15,3)*	1,42±0,1 (43,1%)
Сумма сахаров, %	7,6±0,75 (52,5%)	5,66±0,35 (33,5%)
Органические кислоты, %	0,37 (0,16÷1,88)*	2,18±0,1 (27,2%)
Белок, %	7,6±0,2 (16,5%)	13,9±0,6 (22,5%)
Аминокислоты, мг/100г	238,2±39,6 (88%)	214,4±22,6 (56,7)
Фенольные соединения, мг/100г	3,1 (0,1÷20,0)*	1,2 (0ч16,4)*
Жирные кислоты, мг/100г	31,0 (0,72÷438,7)*	52,0±3,6 (37,4%)
β-каротин, мг/100г	-	3,9±0,18 (25,3%)
Бетанин, мг/100г	182,9±3,1 (9,2%)	-

\*- данные имеют распределение отличное от нормального

ние сухого вещества у столовой свеклы составило в среднем 20,8%, у листовой свеклы – 11,5% (табл.1). У всех опытных образцов отмечена незначительная вариабельность этого признака (Cv=13,6-11,0%). В отличие от других представителей вида *Beta vulgaris* L., у листовой свеклы для питания используются сочные черешки и листья растения, чем объясняется и меньшее содержание в них сухого вещества, чем в корнеплодах столовой свеклы.

К слабо варьирующим можно также отнести и показатели содержания аскорбиновой кислоты, белка и пигментов: бетанина у столовой свеклы и β-каротина у листовой. Следует отметить значительное превосходство мангольда по содержанию белка и аскорбиновой кислоты – на 83 и 32% соответственно. Среди мангольдов выделились сорта «Листовая» (κ-3665, Сирия) и «Goldgelb gerippt» (κ-42, Германия) с максимально отмеченным содержанием аскорбиновой кислоты в 2014 году – 72 и 62 мг/100 г соответственно.

Содержащийся в листьях мангольда бета-каротин является одним из 600 природных каротиноидов. Бета-каротин служит предшественником витамина А (ретинол) и является мощным антиоксидантом, обладает иммуностимулирующим действием. Среднее содержание этого растительного пигмента в черешках и листьях мангольда составило 3,9 мг/100 г. Самым высоким содержанием β-каротина отличались образцы: «Fordnooir gigante» (κ-4148, Мексика) – 5,5 мг/100 г, «Monika Selesma» (κ-3009, Испания) – 5,2 мг/100 г и старинный образец, привезенный из экспедиции по Малой Азии в 1926 году (κ-150) – 5,1 мг/100 г.

В составе корнеплодов столовой свеклы присутствует красящий пигмент бетанин. Его содержание в среднем

составило 182,9 мг/100 г и слабо варьировало в зависимости от сорта. Максимальное количество пигмента (320 мг/100г) за годы исследования отмечено в 2015 году у старинного сорта селекции французской компании «Vilmorin» – Rouge grosse (κ-1).

Большая часть растворимых в воде веществ представлена углеводами, которые являются источником энергии, особенно моносахариды: глюкоза, фруктоза и дисахарид сахароза. Важнейшие процессы метаболизма, таких как фотосинтез, дыхание, брожение, синтез крахмала, гликогена и другие, протекают при наличии многоатомных спиртов, гликозидов и сложных эфиров, которые, в свою очередь, образуются при восстановлении моносахаридов [7]. Углеводный состав вида *Beta vulgaris* L. изучен достаточно хорошо, т.к. самым распространённым источником сахаров для промышленности является сахарная свекла. Известно, что основная часть углеводов свеклы – сахара. Их содержание в корнеплодах сахарной свеклы обычно составляет 16-19%, у кормовой свеклы – 6-11%, у столовой – 7-12% [8]. Мангольд относится к малораспространённым культурам и его углеводный состав изучен меньше. Как видно из таблицы 1, общее содержание углеводов у мангольда на 26% ниже, чем у столовой свеклы. Более подробное сравнительное содержание метаболитов углеводного профиля приведено в таблице 2.

Как видно из таблицы 2, все моносахара столовой свеклы не имели нормального распределения данных. Их показатели варьировали в широком диапазоне. Например, содержание фруктозы у столовой свеклы колебалось в диапазоне от 5 до 473,4 мг/100 г, галактозы – от 0 до 386,3 мг/100 г, глюкозы – от 24,8 до 695

Таблица 2. Сравнительный состав углеводов столовой свеклы и мангольда (мг/100 г)  
Table 2. Comparative composition of beet and chard carbohydrates (mg / 100 g)

	Столовая свекла	Мангольд
	Median (minч max), M±Sx (Cv, %) **	
<b>моносахара</b>		
арабиноза	0 (0÷26,4)	0 (0÷242)
рамноза	0 (0÷10,6)	0 (0÷32)
рибоза	0 (0÷5,9)	0 (0÷1,96)
люксоза	0 (0÷30,1)	0,24 (0÷3,0)
ксилоза	0 (0÷160,8)	1,59(0÷7,7)
альтроза	0 (0÷47,5)	не обнаружен
фруктоза	23,1 (5÷473,4)	147,1±16,3 (59,5%) **
сорбоза	24,2 (0÷219,1)	279,6±33,9 (65,4%) **
галактоза	0 (0÷386,3)	43,7 (9,6±923,7)
манноза	0 (0÷107,7)	1460,6±108,9 (40,0%) **
глюкоза	113,1 (24,8÷695,0)	2232,4±139,2 (33,6%) **
глюкозамин	не обнаружен	0 (0÷3,0)
<b>дисахара</b>		
сахароза	7115,1±795,8 (59,0%) **	1406,9±112,7 (43,1%) **
мальтоза	0 (0÷4,9)	0,17(0÷6,8)
<b>олигосахариды</b>		
раффиноза	84,9±13,2 (57,9%) **	9,76 (1,3÷43,6)
стахиоза	0 (0÷2,04)	не обнаружен

\*\* - данные имеют нормальное распределение

мг/100 г и зависело от конкретного генотипа. Более стабильными оказались показатели у мангольда. Так, среднее содержание фруктозы составило 147,1 мг/100 г (Cv 59,5%). Значительно превышали показатели сорбозы, маннозы и глюкозы. В целом слабо варьирующих показателей углеводного профиля изученных образцов (Cv, %) не выявлено. Можно отметить превышение более чем в 5 раз содержания уровня сахарозы у столовой свеклы над этим показателем у мангольда, что снижает возможность ее употребления в диетическом питании. Значительный уровень моносахаров у мангольда, вероятно, объясняется тем, что запасающим органом у всех разновидностей свеклы является корень и процессы трансформации моносахаров в дисахариды происходят именно там. Поскольку мы исследовали химический состав черешков и листьев, то содержание ди- и олигосахаров в них оказалось ниже, чем в корнеплодах. Такой состав углеводов объясняет и низкую калорийность мангольда (19 ккал/100 г) в отличие от столовой свеклы (43 ккал/100 г).

Особого внимание требует аминокислотный состав сравниваемых видов свеклы. Основным «созидатель-

ным» процессом метаболизма, происходящего в процессе жизнедеятельности растительного организма, является ассимиляция. Важнейшим блоком этого процесса является синтез белков из аминокислот. В нашей работе общее содержание белка у мангольда в среднем на 82% превышало этот показатель у столовой свеклы (табл.1), что повышает ценность этой культуры для кормопроизводства. Максимальных показателей достигли сорта «Fordnoir gigante» (к-3148, Мексика) и «Goldgelb gerippt» (к-48, Германия) – 20,9 и 20,4 мг/100 г (на сухое вещество), соответственно.

Аминокислотный состав изученных образцов представлен в таблице 3. Из восьми незаменимых для человека аминокислот в свекле обнаружены семь: валин, лейцин, лизин, метионин, треонин, триптофан и фенилаланин.

Как видно из таблицы 3, аминокислотный состав мангольда разнообразнее и по большинству позиций превышал показатели у столовой свеклы. Так, содержание валина в 3 раза превышает этот показатель у столовой свеклы, лейцина и триптофана – в 2 раза.

Таблица 3. Аминокислотный профиль опытных образцов столовой свеклы и мангольда (мг/100 г)  
 Table 3. Amino acid profile of beet and chard accessions (mg / 100g)

Аминокислоты	столовая свекла		мангольд	
	М	S <sub>x</sub>	М	S <sub>x</sub>
аланин	9,09	2,2	13,13	1,99
аргинин	0,76	0,29	не обнаружен	
аспарагин	0,03	0,02	4,79	0,67
аспарагиновая кистота	1,27	0,62	35,81	2,16
валин***	3,59	1,81	10,66	1,27
гамма-аминомасляная кислота	3,35	0,64	6,51	0,65
глицин	1,7	0,66	0,44	0,12
глутамин	69,09	17,74	44,08	6,7
глутаминовая кислота	10,04	1,7	30,55	2,47
лейцин	3,35	2,25	7,78	0,88
лизин	не обнаружен		0,16	0,08
метионин	не обнаружен		0,31	0,13
оксипролин	75,89	9,83	21,76	3,38
пролин	4,13	1,66	2,15	1,33
серин	13,43	2,72	23,01	2,75
тирозин	2,18	0,95	9,26	1,48
треонин	6,59	1,2	5,72	0,58
триптофан	1,18	0,4	2,27	0,44
фенилаланин	2,87	0,72	не обнаружен	

\*\*\* - курсивом выделены незаменимые для человека аминокислоты



Рисунок 4. Мангольды с максимальными показателями по сумме аминокислот: Gruner Schmitt, к-1605 (а), Gruner Schmitt 883, к 1609 (б), Klettganer druner Riesen, к-1612 (с), Германия  
 Figure 4. Chard with the maximum amount by the sum of amino acids: Gruner Schmitt, K-1605 (a), Gruner Schmitt 883, K 1609 (b), Klettganer druner Riesen, K-1612 (s), Germany

В столовой свекле не были обнаружены лизин и метионин - особо дефицитные для организма человека аминокислоты. Лизин тесно связан с процессами кроветворения, сохранением азотистого равновесия, кальцификацией костей. В наибольших количествах содержится он в твороге, мясе, рыбе. В растительных продуктах лизин содержится в основном в бобовых. Недостаток лизина в питании вызывает задержку роста, процессов биосинтеза белка. Метионин улучшает пищеварение, ускоряет процесс переработки липидов, уменьшает отложения в области печени, спасает от негативного действия радиации, от химической аллергии. Эти крайне важные аминокислоты присутствовали у некоторых опытных образцов мангольда. Особый интерес вызвал сорт «Klettganer druner Riesen» (к-1612, Германия), в котором обнаружены лизин (1,34 мг/100 г) и метионин (2,15 мг/100 г) одновременно. Обращает на себя внимание группа образцов немецкой селекции (рис.4), с наиболее разнообразным составом и максимальными в опыте показателями аминокислотного состава. Сумма аминокислот у этих образцов составила от 313,04 до 554,78 мг/100 г, что на 42-151% выше среднего по группе ( $M=220,48\pm 22,13$  мг/100 г). Эти образцы поступили в коллекцию ВИР в 1947 году, фенотипически очень схожи и имеют одну генетическую основу.

У мангольда не обнаружена аминокислота фенилаланин, незаменимая для здоровья центральной нервной системы. В целом, аминокислотный состав листовой свеклы богаче по составу и количеству, чем у столовой свеклы.

### Заключение

Сравнительный анализ биохимического состава 44 образцов столовой свеклы (*Beta vulgaris* L. ssp. *vulgaris*) и 32 образцов мангольда (*Beta vulgaris* L. ssp. *cicla*) выявил значительную изменчивость показателей в зависимости от конкретного генотипа и, возможно, от условий выращивания. К слабо варьирующими (Cv до 33%) можно отнести показатели содержания аскорбиновой кислоты (Cv =23,2-25,7%), белка (Cv =16,5-22,5) и пигментов: бетанина – у столовой свеклы (Cv=9,2%) и β-каротина – у листовой (Cv=25,3%).

Углеводный состав листовой разновидности свеклы лучше сбалансирован по содержанию моносахаров, отличается пониженным содержанием сахарозы. Аминокислотный состав мангольда богаче и разнообразнее, чем у столовой свеклы, по незаменимым для человека аминокислотам значительно опережает столовую свеклу. Это дает право рекомендовать выделенные образцы мангольда к использованию в детском, диетическом и диабетическом питании. Высокое содержание белка в листовой свекле позволяет рекомендовать культуру как компонент для кормопроизводства.

Листовая свекла, к сожалению, мало распространена в РФ. При этом она обладает рядом преимуществ: неприхотлива в выращивании, декоративна и, главное, имеет богатый потенциал для использования в питании человека и кормопроизводстве.

#### Об авторах:

**Соколова Диана Викторовна** – кандидат биол. наук, старший научный сотрудник отдела Генетических ресурсов овощных и бахчевых культур, куратор коллекции свеклы и амаранта  
<https://orcid.org/0000-0002-9967-7454>, ResearcherID: L-3340-2017, Scopus ID: 57204728728

**Соловьева Алла Евгеньевна** – кандидат биол. наук, старший научный сотрудник отдела биохимии и молекулярной биологии  
<https://orcid.org/0000-0002-6201-4294>, ResearcherID: B-8742-2017

**Шеленга Татьяна Васильевна** – кандидат биол. наук, старший научный сотрудник отдела биохимии и молекулярной биологии  
<https://orcid.org/0000-0003-3992-5353>

#### About the authors:

**Diana V. Sokolova** – PhD in Biological sciences, Senior Researcher  
<https://orcid.org/0000-0002-9967-7454>

**Alla E. Solovieva** – PhD in Biological sciences, Senior Researcher  
<https://orcid.org/0000-0002-6201-4294>

**Tatiana V. Shelenga** – PhD in Biological sciences, Senior Researcher  
<https://orcid.org/0000-0003-3992-5353>

#### ● Литература

- Herbach K.M., Stintzing E.C., Carle R. Impact of Thermal Treatment on Color and Pigment Pattern of Red Beet (*Beta vulgaris* L.) Preparations. *J. Food Sci.* 2004;(69):491–498.
- Аблязов Д.Г., Ефремова К.Н., Сокольская О.Б., Опыт использования семейства Chenopodiaceae в озеленении населенных пунктов Саратовской области. Ландшафтная архитектура и природообустройство: от проекта до экономики – 2018, Материалы международной научно-технической конференции. Под научной ред. О.Б. Сокольской и И.Л. Воротникова. Саратов, 2018. С.11-14.
- Ермаков А.И., Арасимович В.В., Ярош Н.П. Методы биохимического исследования растений. Л., 1987. С.63-91.
- Pucher G. W., L.C. Curtis and H.B. Vickery. The red pigment of the root of the beet (*Beta vulgaris*). II A method to determine betanin. *J. Biol. Chem.* 1938;123:71-75.
- Jonsson P., Gullberg J., Nordstrom A., et al. A strategy for identifying differences in large series of metabolomics samples analyzed by GS/MS. *Anal.Chem.* 2004;7:1738-1745.
- Смоликова Г.Н., Шаварда А.Л., Алексейчук И.В., и др. Метаболомный подход к оценке сортовой специфичности семян *Brassica napus* L. Вавиловский журнал генетики и селекции. 2015;19(1):121-127.
- Плешков Б.П. Биохимия сельскохозяйственных растений. М.:Колос. 1980. 495 с.
- Буренин В.И., Пивоваров В.Ф. Свекла. СПб.: ВИР, 1998. С.79.

#### ● References

- Herbach K.M., Stintzing E.C., Carle R. Impact of Thermal Treatment on Color and Pigment Pattern of Red Beet (*Beta vulgaris* L.) Preparations. *J. Food Sci.* 2004;69:491–498.
- Abyazov D.G., Efremova K.N., Sokolskaya O.B., Experience of using the Chenopodiaceae family in landscaping settlements of the Saratov region. Landscape architecture and environmental engineering: from the project to the economy – 2018, Materials of the international scientific and technical conference. Under the scientific ed. O.B. Sokolskaya and I.L. Vorotnikova. Saratov, 2018. P.1-14.
- Ermakov A. I., Arasimovich V. V., Jarosh N. P. et. al. Methods of biochemical research in plants. Leningrad, 1987. P.63-71
- Pucher G. W., L.C. Curtis and H.B. Vickery. The red pigment of the root of the beet (*Beta vulgaris*). II A method to determine betanin. *J. Biol. Chem.* 1938;123:71-75.
- Jonsson P., Gullberg J., Nordstrom A., et al. A strategy for identifying differences in large series of metabolomics samples analyzed by GS/MS. *Anal.Chem.* 2004;7:1738-1745.
- Smolikova G.N., Shavarda A.L., Alekseychuk I.V. Metabolic approach to assessing the varietal specificity of seeds of *Brassica napus* L. Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2015;19(1):121-127.
- Pleshkov B.P. Biochemistry of agricultural plants. M.: Kolos. 1980. 495 p.
- Burenin V.I., Pivovarov V.F. Beet. St. Petersburg: VIR, 1998. P.79.