

**А. М. Пашкевич**<sup>1</sup>, аспирант, заведующий сектором бобовых овощных культур

**А. И. Чайковский**<sup>1</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, директор

**Ж. А. Рупасова**<sup>2</sup>, член-корреспондент НАН Беларуси, доктор биологических наук, профессор, заведующий лабораторией химии растений

**Н. Б. Криницкая**<sup>2</sup>, научный сотрудник

**В. С. Задаля**<sup>2</sup>, научный сотрудник

<sup>1</sup> РУП «Институт овощеводства», аг. Самохваловичи, Минский район

<sup>2</sup> ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси», г. Минск

## **ГЕНОТИПИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ КИСЛОТ И РАСТВОРИМЫХ САХАРОВ В МИКРОЗЕЛЕНИ ГОРОХА ОВОЩНОГО**

### **РЕЗЮМЕ**

*Приведены результаты сравнительного исследования генотипических особенностей накопления сухих веществ, аскорбиновой и свободных органических кислот, растворимых сахаров, а также показателя сахарокислотного индекса в образцах микрозелени 10 сортов гороха овощного – Павлуша, Белорусский овощной, Преладо, Фея, Прометей, Воронежский зеленый, Радован, Торнадо, Куявяк, а также Слодыч, выбранного в качестве эталонного объекта. Установлено лидирующее положение в таксономическом ряду сорта Куявяк, характеризовавшегося превышением на 187 % эталонного уровня совокупности обозначенных показателей, тогда как наименьшими ее значениями, практически сопоставимыми с эталонными, был отмечен сорт Фея при отставании от последних на 14 % сорта Белорусский овощной.*

*Ключевые слова:* горох овощной; сорта; микрозелень; сухие вещества; аскорбиновая и свободные органические кислоты; растворимые сахара; сахарокислотный индекс.

### **ВВЕДЕНИЕ**

При производстве микрозелени овощных культур, в том числе гороха овощного, как источника широкого спектра полезных веществ, немаловажное значение обретают также вкусовые свойства данной продукции, в значительной степени определяемые соотношением содержания в ней органических кислот и растворимых сахаров. В связи с этим при выявлении наиболее перспективных сортообразцов этой культуры для производства микрозелени особое внимание следует уделить сравнительному исследованию содержания в ней

титруемых и аскорбиновой кислот, а также растворимых сахаров с определением показателя сахарокислотного индекса. С этой целью на базе коллекции сортообразцов гороха овощного в РУП «Институт овощеводства» было проведено исследование влияния генотипа растений на содержание в продукции микрорезелени обозначенных соединений, что представляет особый научный и практический интерес.

## **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Биохимические исследования выполнены в лаборатории химии растений Центрального ботанического сада НАН Беларуси на образцах микрорезелени 10 сортов гороха овощного, полученных в одинаковых контролируемых условиях в растительной комнате в июне 2022 г. на торфяном субстрате – Павлуша, Белорусский овощной, Преладо, Фея, Прометей, Воронежский зеленый, Радован, Торнадо, Куявяк и районированный сорт Слодыч, выбранный в качестве эталонного объекта.

В свежих усредненных пробах растительного материала определяли содержание сухих веществ по ГОСТ 31640-2012 [1]; аскорбиновой кислоты (витамина С) – стандартным индофенольным методом [2]; титруемых кислот (общей кислотности) – объемным методом [2]. В высушенных при температуре 60 °С пробах определяли содержание растворимых сахаров ускоренным полумикрометодом [3]. Все измерения и определения выполнены в 2-кратной биологической и 3-кратной аналитической повторности с последующей статистической обработкой экспериментальных данных по методике, принятой для биологических исследований [4], с использованием программы Microsoft Office Excel 2007 [5].

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ**

На основании результатов исследований установлена существенная зависимость определявшихся характеристик биохимического состава микрорезелени гороха овощного от генотипа растений, что подтверждалось значительной шириной диапазонов их варьирования в таксономическом ряду. При этом содержание сухих веществ изменялось в интервале 8,0–13,6 % при весьма высоком содержании в сухой массе свободных органических и аскорбиновой кислот, составлявшем соответственно 5,65–10,46 %, 215,8–446,9 мг/100 г, а также растворимых сахаров, содержание которых изменялось от 4,00 до 7,33 % при соответствующих генотипических различиях показателя сахарокислотного индекса, определяемого соотношением количеств растворимых сахаров и титруемых кислот и варьировавшегося в интервале 0,4–1,3 (табл. 1).

Вместе с тем влияние сортовой специфики на исследуемые показатели микрорезелени гороха оказалось весьма неоднозначным, что следует из таблицы 2. Так, наиболее высоким содержанием в ней сухих веществ, превышавшим таковое у эталонного сорта Слодыч на 10 %, был отмечен сорт Павлуша, тогда как для одной половины остальных тестируемых сортов были установлены на 16–36 % более низкие значения данного показателя, а для

Таблица 1 – Содержание органических кислот и растворимых сахаров в сухом веществе микрозелени сортообразцов гороха овощного

Таксон	Свободные органические кислоты, %		Аскорбиновая кислота, мг/100 г		Растворимые сахара, %		Сахарокислотный индекс	
	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	<i>t</i>	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	<i>t</i>	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	<i>t</i>	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	<i>t</i>
Слодыч – эталон	6,31 ± 0,04	–	215,8 ± 1,2	–	4,83 ± 0,17	–	0,8 ± 0,01	–
Павлуша	5,81 ± 0,04	–8,4*	264,2 ± 7,2	6,7*	7,33 ± 0,17	10,6*	1,3 ± 0,02	12,7*
Белорусский овощной	6,91 ± 0,09	6,2*	227,8 ± 2,1	4,7*	4,83 ± 0,33	0	0,7 ± 0,02	–2,8*
Прелудо	5,65 ± 0,04	–10,7*	243,3 ± 4,3	6,2*	6,67 ± 0,33	4,9*	1,2 ± 0,11	6,6*
Фея	10,46 ± 0,07	52,3*	302,3 ± 15,9	5,4*	4,00 ± 0,01	–5,0*	0,4 ± 0,02	–13,0*
Прометей	8,83 ± 0,07	31,8*	446,9 ± 21,3	10,8*	6,00 ± 0,03	7,0*	0,7 ± 0,01	–2,9*
Воронежский зеленый	5,85 ± 0,05	–7,1*	319,6 ± 15,4	6,7*	6,83 ± 0,17	8,5*	1,2 ± 0,04	8,9*
Радован	9,47 ± 0,12	24,1*	364,3 ± 13,9	10,6*	6,33 ± 0,17	6,4*	0,7 ± 0,01	–3,1*
Торнадо	6,53 ± 0,05	3,6*	342,7 ± 11,0	11,5*	6,83 ± 0,17	8,5*	1,0 ± 0,01	8,1*
Кузяк	6,20 ± 0,05	–1,6	400,3 ± 3,1	55,2*	7,33 ± 0,17	10,6*	1,2 ± 0,03	9,5*

\* Статистически значимые по *t*-критерию Стьюдента различия с эталонным сортом при  $p < 0,05$ .

Таблица 2 – Относительные различия сортообразцов гороха овощного с эталонным сортом Слодыч по содержанию органических кислот и растворимых сахаров в сухом веществе микрозелени, %

Показатели	Павлуша	Белорусский овощной	Прелудо	Фея	Прометей	Воронежский зеленый	Радован	Торнадо	Кузяк
Сухие вещества	+9,7	–16,1	–	–34,7	–34,7	–	–35,5	–	–
Свободные органические кислоты	–7,9	+9,5	–10,5	+65,8	+39,9	–7,3	+50,1	+3,5	–
Аскорбиновая кислота	+22,4	+5,6	+12,7	+40,1	+107,1	+48,1	+68,8	+58,8	+85,5
Растворимые сахара	+51,8	–	+38,1	–17,2	+24,2	+41,4	+31,1	+41,4	+51,8
Сахарокислотный индекс	+62,5	–12,5	+50,0	–50,0	–12,5	+50,0	–12,5	+25,0	+50,0
Суммарный эффект	+138,5	–13,5	+90,3	+4,0	+124,0	+132,2	+102,0	+128,7	+187,3

Примечание. Прочерк означает отсутствие статистически значимых по *t*-критерию Стьюдента различий с эталонным сортом при  $p < 0,05$ .

другой – отсутствие достоверных различий с ним по данному признаку. Расхожденья с эталонным сортом по содержанию в микрозелени свободных органических кислот также отличались разновекторной направленностью. При этом если для большей половины сортов был показан на 4–66 % более высокий, чем у сорта Слодыч, уровень их накопления, особенно у сортов Радован и Фея, то сорта Павлуша, Преладо и Воронежский зеленый, напротив, уступали ему в этом плане на 7–11 % при отсутствии различий с ним у сорта Куявяк.

Следует заметить, что все без исключения тестируемые объекты, особенно сорта Куявяк и Прометей, характеризовались на 6–107 % более высоким, чем у эталонного сорта, содержанием в микрозелени аскорбиновой кислоты, то есть витамина С, что косвенно свидетельствовало о более высоком уровне ее антиоксидантной активности. Вместе с тем практически для всех тестируемых сортов гороха овощного было показано на 24–52 % более значительное, чем у сорта Слодыч, содержание в микрозелени растворимых сахаров при лидирующем положении в этом плане сортов Павлуша и Куявяк (см. табл. 2). Лишь в единичном случае – у сорта Фея обнаружено отставание на 17 % по данному признаку от эталонного сорта при отсутствии достоверных различий с ним сорта Белорусский овощной.

Поскольку показатель сахарокислотного индекса продукции, определяемый соотношением количеств растворимых сахаров и свободных органических кислот, в значительной мере характеризует ее вкусовые свойства, то наиболее сладкой следовало признать микрозелень сорта Павлуша, превосходящую в этом плане таковую сорта Слодыч на 63 %. Незначительно, причем в равной степени уступавшие лидирующему сорту по сладости продукции сорта Преладо, Воронежский зеленый и Куявяк превышали на 50 % эталонные значения сахарокислотного индекса, тогда как наименьшим размером данного превышения (на 25 %) был отмечен сорт Торнадо. Для остальных тестируемых объектов, особенно сорта Фея, было характерно отставание от сорта Слодыч по сладости микрозелени на 13–50 %.

На основании сопоставления относительных различий исследуемых сортов гороха с эталонным сортом по анализируемым показателям были выявлены таксоны с наибольшими и соответственно наименьшими их значениями (табл. 3). Как видим, лидирующее положение в накоплении сухих веществ, растворимых сахаров и показателе сахарокислотного индекса принадлежало сорту Павлуша, свободных органических кислот – сорту Фея, аскорбиновой кислоты – сорту Прометей. При этом сорт Куявяк характеризовался столь же высоким, как у сорта Павлуша, содержанием в микрозелени растворимых сахаров. Вместе с тем минимальным содержанием в ней сухих веществ были отмечены сорта Фея, Прометей и Радован, свободных органических кислот – сорт Преладо, аскорбиновой кислоты – эталонный сорт Слодыч, растворимых сахаров и наименьшим значением сахарокислотного индекса – сорт Фея.

Таким образом, выявленные сортовые различия исследуемых биохимических характеристик микрозелени гороха овощного свидетельствовали

Таблица 3 – Сорта гороха овощного с наибольшими (*max*) и наименьшими (*min*) в таксономическом ряду значениями исследуемых характеристик биохимического состава микрозелени

Показатели	Слодыч	Павлуша	Белорусский овощной	Прелудо	Фея	Прометей	Воронежский зеленый	Радован	Торнадо	Кузяк
Сухие вещества	–	<i>max</i>	–	–	<i>min</i>	<i>min</i>	–	<i>min</i>	–	–
Свободные органические кислоты	–	–	–	<i>min</i>	<i>max</i>	–	–	–	–	–
Аскорбиновая кислота	<i>min</i>	–	–	–	–	<i>max</i>	–	–	–	–
Растворимые сахара	–	<i>max</i>	–	–	<i>min</i>	–	–	–	–	<i>max</i>
Сахарокислотный индекс	–	<i>max</i>	–	–	<i>min</i>	–	–	–	–	–

о существенной их зависимости от генотипа опытных растений. С целью определения сортов с максимальной и минимальной степенью выявленных различий с эталонным сортом Слodyч по набору анализируемых показателей для каждого таксона были установлены суммарные значения относительных размеров положительных и отрицательных различий с ним по содержанию в микрoзелени сухих веществ, аскорбиновой и свободных органических кислот, растворимых сахаров и величине сахарокислотного индекса. Почти все тестируемые сорта гороха овощного в разной степени (от 4 до 187 %) превосходили эталонный сорт Слodyч по набору вышеобозначенных признаков, и лишь сорт Белорусский овощной уступал ему в этом плане на 14 %.

В соответствии со снижением значений суммарного эффекта, указывающим на обеднение микрoзелени сортообразцов гороха совокупностью исследуемых соединений, было проведено распределение опытных объектов следующим образом:

Куявяк > Павлуша > Воронежский зеленый > Торнадо > Прометей >  
Радован > Преладо > Фея > Слodyч > Белорусский овощной.

Как видим, лидирующее положение в приведенном ряду принадлежало сорту Куявяк, а для четырех следующих за ним сортов были установлены довольно близкие между собой различия с эталонным сортом по спектру исследуемых показателей в пределах 124–139 %, причем наименьшими они оказались у сорта Фея. При этом для замыкавшего ряд сорта Белорусский овощной выявлено отставание в этом плане от сорта Слodyч на 14 %.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В результате сравнительного исследования генотипических особенностей накопления сухих веществ, свободных органических и аскорбиновой кислот, растворимых сахаров, а также показателя сахарокислотного индекса в образцах микрoзелени 10 сортов гороха овощного – Павлуша, Белорусский овощной, Преладо, Фея, Прометей, Воронежский зеленый, Радован, Торнадо, Куявяк, а также Слodyч, выбранного в качестве эталонного объекта, установлено лидирующее положение в таксономическом ряду сорта Куявяк, характеризовавшегося превышением на 187 % эталонного уровня совокупности обозначенных показателей, тогда как наименьшими ее значениями, практически сопоставимыми с эталонными, был отмечен сорт Фея при отставании от последних на 14 % сорта Белорусский овощной.

## **Список использованных источников**

1. Корма. Методы определения содержания сухого вещества : ГОСТ 31640-2012. – Введ. 01.07.2013. – М. : Стандартинформ, 2012. – 11 с.
2. Методы биохимического исследования растений / под ред. А. И. Ермакова. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л., 1987. – 430 с.
3. Большой практикум «Биохимия». Лабораторные работы : учеб. пособие / Пермский гос. нац. исслед. ун-т. ; сост. М. Г. Кусакина, В. И. Суворов, Л. А. Чудинова. – Пермь, 2012. – 148 с.

4. Боровиков, В. П. STATISTICA: Искусство анализа данных на компьютере. Для профессионалов / В. П. Боровиков. – Изд. 2-е. – СПб. : Питер, 2003. – 686 с., ил.

5. Теория вероятностей и математическая статистика. Математические модели : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / В. Д. Мятлев [и др.]. – М. : Академия, 2009. – 320 с.

*Поступила в редакцию 22 ноября 2022 г.*

**A. M. Pashkevich, A. I. Chaykovskiy, Zh. A. Rupasova,  
N. B. Krinitckaya, V. S. Zadalya**

**GENOTYPIC FEATURES OF THE ACCUMULATION OF ORGANIC  
ACIDS AND SOLUBLE SUGARS IN THE MICROGREENS OF  
GARDEN PEAS**

**SUMMARY**

*The results of a comparative study of the genotypic features of the accumulation of solids, ascorbic and free organic acids, soluble sugars, as well as the indicator of the sugar acid index in samples of microgreens of 10 varieties of vegetable peas – Pavlusha, Beloruskiy ovochnoy, Prelado, Feya, Prometey, Voronezhskiy zeleny, Radovan, Tornado, Kuyavyak, as well as Slodych, selected as a reference object. The leading position in the taxonomic series of the Kuyavyak variety was established, characterized by an excess of 187 % of the reference level of the totality of the set indicators, while the Feya variety was marked by its lowest values, practically comparable to the reference ones, while the Beloruskiy ovochnoy variety lagged behind the latter by 14 %.*

*Key words:* garden peas; varieties; microgreens; dry substances; ascorbic and free organic acids; soluble sugars; sugar acid index.