

ISSN 1029-8940 (Print)  
ISSN 2524-230X (Online)  
УДК 634.739.3:736(476)  
<https://doi.org/10.29235/1029-8940-2020-65-2-220-228>

Поступила в редакцию 23.12.2019  
Received 23.12.2019

**Ж. А. Рупасова, Т. И. Василевская, Н. Б. Криницкая, В. С. Задаля,  
Н. Б. Павловский, О. В. Чижик, В. Л. Филипеня**

*Центральный ботанический сад НАН Беларуси, Минск, Республика Беларусь*

## **ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СПОСОБА ВЕГЕТАТИВНОГО РАЗМНОЖЕНИЯ СОРТОВ *VACCINIUM CORYMBOSUM* L. НА БИОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПЛОДОВ**

**Аннотация.** Приведены результаты сравнительного исследования основных показателей биохимического состава плодов одновозрастных генеративных растений 5 интродуцированных сортов *V. corymbosum* разных сроков созревания – раннеспелого *Weymouth*, среднеспелых *Bluecrop* и *Concord*, позднеспелых *Elizabeth* и *Atlantic*, полученных традиционным (стеблевым черенкованием) и микроклональными способами вегетативного размножения. Установлено существенное влияние способа размножения на биохимический состав плодов, степень которого определялась химической природой его компонентов и генотипом растений. В зависимости от последнего в плодах клонированных растений выявлены неоднозначные изменения (в пределах 5–40 % относительно традиционных растений) в содержании сухих веществ, свободных органических, аскорбиновой и гидроксицикоричных кислот, растворимых сахаров и пектиновых веществ, а также показателя сахарокислотного индекса. У большинства сортов различия между клонированными и традиционными растениями в накоплении биофлавоноидов характеризовались общей тенденцией – увеличением в первом случае их общего количества на 5–27 %, в том числе антоциановых пигментов – на 6–34 %. Установлено наибольшее позитивное влияние микроклонального способа размножения на содержание Р-витаминов в плодах позднеспелых сортов, особенно сорта *Atlantik*, при меньшей (в 3–6 раз) степени такого воздействия у сортов *Weymouth* и *Concord* на фоне доминирования отрицательного влияния у среднеспелого сорта *Bluecrop*. При относительной устойчивости соотношения компонентов Р-витаминного комплекса плодов голубики при использовании указанных способов размножения выявлены существенные сдвиги в составе антоцианового комплекса клонированных растений раннеспелого и особенно среднеспелых сортов в сторону снижения доли собственно антоцианов и увеличения таковой лейкоантоцианов по сравнению с традиционными растениями, достигавшие 1,5–1,6-кратной величины у сорта *Concord* при противоположной направленности менее выраженных сдвигов у позднеспелых сортов.

У клонированных растений (за исключением сорта *Bluecrop*) установлен в 2,6–4,4 раза более высокий, нежели у их традиционных аналогов, интегральный уровень питательной и витаминной ценности плодов по совокупности 14 показателей биохимического состава при расположении сортов в соответствии со снижением степени данных различий в ряду: *Atlantik* > *Elizabeth* > *Weymouth* > *Concord* > *Bluecrop*, в котором наибольшими преимуществами в этом плане характеризовались позднеспелые сорта голубики.

**Ключевые слова:** голубика, сорта, черенкование и микроклональные способы вегетативного размножения, плоды, биохимический состав, органические кислоты, углеводы, биофлавоноиды

**Для цитирования:** Оценка влияния способа вегетативного размножения сортов *Vaccinium corymbosum* L. на биохимический состав плодов / Ж. А. Рупасова [и др.] // Вес. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. биял. наук. – 2020. – Т. 65, № 2. – С. 220–228. <https://doi.org/10.29235/1029-8940-2020-65-2-220-228>

**Zhanna A. Rupasova, Tamara I. Vasilevskaya, Natalia B. Krinitskaya, Viktoryia S. Zadalia,  
Nikolay B. Pavlovsky, Olga V. Chizhik, Veronika L. Filipenia**

*Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Republic of Belarus*

## **ASSESSMENT OF INFLUENCE OF THE METHOD OF VEGETATIVE PROPAGATION OF VARIETIES OF *VACCINIUM CORYMBOSUM* L. ON THE BIOCHEMICAL COMPOSITION OF THE FRUITS**

**Abstract.** The results of a comparative study of the main characteristics of the biochemical composition of fruits of the same age of generative plants of 5 introduced varieties of *V. corymbosum* of different ripening dates – early ripening *Weymouth*, mid-ripening *Bluecrop* and *Concord*, late ripening *Elizabeth* and *Atlantic* obtained by traditional (stem-cuttings) and microclonal vegetative methods are presented. A significant effect of the propagation method on the biochemical composition of the fruits, the degree of which was determined by the chemical nature of its components and the plant genotype, was established. In the fruits of cloned plants, depending on the genotype, ambiguous changes in the range of 5–40 %, relative to traditional plants, in the content of solids, free organic, ascorbic and hydroxycinnamic acids, soluble sugars and pectin substances, as well as the index of sugar acid index, were revealed. For most varieties, a common trend in the nature of differences between cloned and traditional plants in the accumulation of bioflavonoids was shown, consisting in the

increase in the first case of their total number by 5–27 %, including 6–34 % of anthocyanin pigments. The greatest positive effect of the microclonal propagation method on the content of P-vitamins in fruits of late ripening varieties, especially *Atlantik*, was found, with a 3–6 times lesser degree of similar influence in *Weymouth* and *Concord* varieties, against the background of the prevailing negative effect in mid-ripening *Bluecrop*. With the relative stability of the ratio of the components of the P-vitamin complex of blueberry fruits to the tested propagation methods, significant shifts were revealed in the composition of their anthocyanin complex in cloned plants of early ripening and especially mid-ripening varieties towards a decrease in the proportion of anthocyanins proper and an increase in that of leucoanthocyanins, compared to traditional plants, reaching 1.5–1.6-fold value in *Concord* variety with the opposite direction of less pronounced shifts in late-ripening varieties.

In cloned plants (with the exception of the *Bluecrop* variety), the integral level of the nutritional and vitamin value of the fruits was found to be 2.6–4.4 times higher than their traditional counterparts by a total of 14 indicators of the biochemical composition when the varieties were arranged in accordance with a decrease in the degree of data differences in the series: *Atlantik* > *Elizabeth* > *Weymouth* > *Concord* > *Bluecrop*, in which late ripe varieties of blueberries were characterized by the greatest advantages.

**Keywords:** blueberries, varieties, cuttings and microclonal methods of vegetative propagation, fruits, biochemical composition, organic acids, carbohydrates, bioflavonoids

**For citation:** Rupasova Zh. A., Vasilevskaya T. I., Krinitskaya N. B., Zadalia V. S., Pavlovsky N. B., Chizhik O. V., Filipenia V. L. Assessment of influence of the method of vegetative propagation of varieties of *Vaccinium corymbosum* L. on the biochemical composition of the fruits. *Vestsi Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya biyalagichnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Biological series*, 2020, vol. 65, no. 2, pp. 220–228 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1029-8940-2020-65-2-220-228>

**Введение.** В связи с прогрессирующим увеличением в Беларуси площадей промышленных плантаций голубики высокорослой (*Vaccinium corymbosum* L.) существенно возросли потребности специализированных хозяйств в посадочном материале данной культуры. Основным способом его получения является вегетативное размножение растений посредством укоренения стеблевых черенков, наряду с которым все большее распространение получает микрклональный способ размножения (*in vitro*), обладающий рядом преимуществ по сравнению с традиционным. В частности, он значительно ускоряет процесс получения оздоровленного посадочного материала и позволяет существенно увеличить коэффициент размножения одного маточного растения. Вместе с тем научные исследования по оценке влияния традиционного и культурального способов вегетативного размножения на дальнейший рост, развитие и плодоношение интродуцированных сортов голубики в нашей стране носят весьма ограниченный и фрагментарный характер [1]. Тем не менее они, как и выполненные нами аналогичные исследования с брусникой обыкновенной и рододендромом [2, 3], выявили существенную зависимость содержания в листовой ткани фотосинтезирующих пигментов, макро- и микроэлементов, ряда органических кислот, углеводов, основных групп биофлавоноидов, а также активности окислительно-восстановительных ферментов пероксидазы и полифенолоксидазы от способа вегетативного размножения при весьма значительной сортоспецифичности ответной реакции на него данных растений. Основываясь на результатах упомянутых выше работ, логично предположить, что способ вегетативного размножения голубики может оказать определенное влияние на биохимический состав не только ассимилирующих, но и генеративных органов, что непременно скажется на интегральном уровне питательной и витаминной ценности ее ягодной продукции.

С целью установления степени возможного влияния на качество плодов голубики способа вегетативного размножения, на научно-экспериментальной базе Центрального ботанического сада НАН Беларуси (Ганцевичский р-н Брестской обл.), расположенной в центральной агроклиматической зоне Беларуси в районе распространения легких песчаных дерново-подзолистых почв и осушенных верховых торфяников, в опытной культуре проведено сравнительное исследование основных характеристик биохимического состава плодов одновозрастных генеративных растений 5 интродуцированных сортов *V. corymbosum* разных сроков созревания – раннеспелого *Weymouth*, среднеспелых *Bluecrop* и *Concord*, позднеспелых *Elizabeth* и *Atlantic*, полученных традиционным (стеблевым черенкованием) и микрклональными способами вегетативного размножения.

**Материалы и методы исследования.** Сравнительную оценку биохимического состава зрелых плодов опытных растений осуществляли по широкому спектру показателей, относящихся к разным классам действующих веществ. В свежих усредненных пробах определяли содержание сухих веществ – по ГОСТ 28561-90 [4]; аскорбиновой кислоты (витамина С) – стандартным индо-

фенольным методом [5]; титруемых кислот (общей кислотности) – объемным методом [5]. В высушенных при температуре 60 °С пробах растительного материала определяли содержание гидроксикоричных кислот (в пересчете на хлорогеновую) – спектрофотометрическим методом [6]; растворимых сахаров – ускоренным полумикрометодом [7]; пектиновых веществ – кальциево-пектатным методом [5]; суммы антоциановых пигментов – по методу T. Swain, W. E. Hillis [8] (с построением градуировочной кривой по кристаллическому цианидину, полученному из плодов аронии черноплодной и очищенному по методике Ю. Г. Скориковой и Э. А. Шафтан [9]); собственно антоцианов и суммы катехинов (с использованием ванилинового реактива) – фотоэлектроколориметрическим методом [5, 10]; суммы флавонолов (в пересчете на рутин) – спектрофотометрическим методом [5]; дубильных веществ – титрометрическим методом Левенталя [11]. Все аналитические определения выполнены в трехкратной биологической повторности. Данные статистически обработаны с использованием программы Excel.

**Результаты и их обсуждение.** Исследование биохимического состава плодов голубики выявило весьма существенные генотипические и межвариантные различия в содержании изучаемых соединений. По нашим оценкам, содержание сухих веществ в плодах традиционных и меристемных растений варьировалось сортовым рядом в довольно близких между собой и при этом весьма широких диапазонах значений – соответственно 13,1–16,1 и 12,5–16,2 % при содержании в сухой массе свободных органических кислот 2,44–5,48 и 2,44–5,81%, аскорбиновой кислоты – 382,0–473,1 и 344,9–516,3 мг/100 г и гидроксикоричных кислот – 473,3–657,7 и 538,4–606,7 мг/100 г. Подобный диапазон варьирования содержания растворимых сахаров в сухой массе плодов традиционных растений охватывал область более высоких, нежели у их клонированных аналогов, значений – соответственно 40,3–50,0 % против 39,7–45,3 %. Во втором случае это свидетельствовало о некотором ослаблении биосинтеза данных углеводов, что у ряда сортов голубики отрицательно сказалось на показателе сахарокислотного индекса, несмотря на относительную сопоставимость диапазонов его изменения в таксономическом ряду при данных способах размножения в пределах 8,3–17,2 и 6,8–18,6. Важнейшим компонентом углеводного пула являются также пектиновые вещества, содержание которых в сухой массе плодов у растений, полученных *in vivo*, варьировалось в сортивном ряду в диапазоне более низких, чем у их клонированных аналогов, значений – соответственно 4,40–6,69 % против 4,84–7,08 %.

Независимо от способа размножения голубики, общее содержание в сухой массе плодов биофлавоноидов (витаминов группы P), как и их отдельных соединений, изменялось в сортивном ряду в весьма широком диапазоне значений: у традиционных растений – от 9768 до 14560 мг/100 г при суммарном содержании антоциановых пигментов 6582–11436 мг/100 г (в том числе собственно антоцианов – 4107–7420 мг/100 г, лейкоантоцианов – 2032–4690 мг/100 г), катехинов – от 746 до 1198 мг/100 г, флавонолов – от 1941 до 2048 мг/100 г. При этом аналогичные диапазоны варьирования данных показателей у клонированных растений голубики составляли (в мг/100 г): для общего количества биофлавоноидов – 8644–15335, для антоциановых пигментов – 5642–12103 (из них собственно антоцианов – 3150–7560, лейкоантоцианов – 2492–6309), для катехинов – 737–1411, для флавонолов – 1819–2415. Что касается дубильных веществ, также относящихся к фенольным соединениям, то их содержание в плодах меристемных растений соответствовало области более низких, чем у обычных растений, значений – 0,96–1,83 % против 1,17–2,04 %.

Приведенные выше диапазоны варьирования в таксономическом ряду количественных характеристик биохимического состава плодов меристемных растений голубики были заметно шире, чем у растений, полученных методом стеблевого черенкования, что указывало на усиление сортовых различий в содержании изучаемых соединений. При этом наличие более высоких значений в основном на верхней границе этих диапазонов свидетельствовало о стимулирующем действии микроклонального способа размножения на процессы биосинтеза органических соединений. На наш взгляд, это связано с позитивным отдаленным влиянием на них оптимально сбалансированной, насыщенной гормонами биологически активной питательной среды на самых ранних этапах формирования меристемных растений, которая обеспечила в дальнейшем более высокий, чем у их традиционных аналогов, потенциал развития генеративной сферы.

Вместе с тем влияние способа вегетативного размножения голубики на отдельные характеристики биохимического состава плодов оказалось неоднозначным при весьма выразительных сортовых различиях ответной реакции на него опытных растений. Как следует из табл. 1, меристемные растения сортов *Weymouth* и *Bluecrop* отличались от своих аналогов, полученных из стеблевых черенков, достоверно меньшим (на 5–9 %) содержанием в плодах сухих веществ, тогда как у сорта *Concord* их количество, напротив, было на 8 % выше, а у обоих позднеспелых сортов подобные различия вообще отсутствовали.

Таблица 1. Относительные различия количественных характеристик биохимического состава плодов *V. corymbosum* при разных способах вегетативного размножения (*in vitro/in vivo*), %

Table 1. Relative differences in the quantitative characteristics of the biochemical composition of *V. corymbosum* fruits in different methods of vegetative propagation (*in vitro/in vivo*), %

Показатель	<i>Weymouth</i>	<i>Bluecrop</i>	<i>Concord</i>	<i>Elizabeth</i>	<i>Atlantik</i>
Сухие вещества	–4,6	–9,2	+8,2	–	–
Свободные органические кислоты	–	+40,0	–8,0	+27,5	–
Аскорбиновая кислота	+27,4	–	–	–9,7	+5,3
Гидроксикоричные кислоты	–	–11,9	–	+28,2	+14,8
Растворимые сахара	+7,9	–	–	–	–16,0
Сахарокислотный индекс	+8,1	–29,9	+8,4	–23,7	–16,1
Пектиновые вещества	+10,0	+13,3	+10,0	+5,5	+5,8
Собственно антоцианы	–	–30,8	–27,5	+33,7	+33,0
Лейкоантоцианы	+13,1	+22,6	+67,1	–	+34,5
Общее к-во антоциановых пигментов	+5,8	–14,3	+6,5	+16,0	+33,8
Катехины	–6,4	–	–	+20,8	+6,3
Флавонолы	+9,4	–10,5	–	+17,9	+10,0
Общее к-во биофлавоноидов	+5,3	–11,5	+4,5	+16,8	+27,1
Дубильные вещества	–13,2	–17,9	–5,2	–5,8	–6,4

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

Способ размножения не оказал достоверного влияния на содержание свободных органических кислот в плодах сортов *Weymouth* и *Atlantik*, но обусловил значительную активизацию их накопления (на 28 и 40 %) у меристемных растений сортов *Bluecrop* и *Elizabeth* при его ослаблении на 8 % у сорта *Concord*. У клонированных растений сортов *Atlantik* и особенно у *Weymouth* установлено на 5 и 27 % более высокое, а у сорта *Elizabeth*, напротив, на 10 % меньшее, чем у обычных растений, содержание в плодах аскорбиновой кислоты. В то же время у обоих среднеспелых сортов, у которых, как и у позднеспелого сорта *Elizabeth*, способ размножения не влиял на накопление в них растворимых сахаров, поскольку достоверных различий не выявлено. При этом плоды меристемных растений раннеспелого сорта *Weymouth* характеризовались на 8 % более высоким, а плоды позднеспелого сорта *Atlantik* на 16 % более низким их содержанием, чем плоды традиционных растений. Выявленные различия темпов биосинтеза титруемых кислот и растворимых сахаров, в зависимости от способа вегетативного размножения голубики, обусловили у клонированных растений сорта *Bluecrop* и у обоих позднеспелых сортов на 16–30 % более низкие, а у сортов *Weymouth* и *Concord*, напротив, на 8 % более высокие значения сахарокислотного индекса плодов, чем у растений, размноженных черенкованием (табл. 1), что свидетельствовало об ухудшении их вкусовых свойств в первом случае и улучшении – во втором. Заметим, что только для двух последних сортов не установлено влияния способа размножения на содержание в плодах гидроксикоричных кислот, тогда как клонированные растения позднеспелых сортов, особенно *Elizabeth*, характеризовались на 15–28 % более высоким, а сорта *Bluecrop*, напротив, на 12 % более низким их содержанием, чем традиционные растения. Вместе с тем плоды клонированных растений были на 6–13 % богаче плодов обычных растений пектиновыми веществами при максимальных, причем сходных различиях у раннеспелого и обоих среднеспелых сортов и минимальных, уступавших им примерно вдвое, у обоих позднеспелых сортов.

В отличие от большинства рассмотренных выше показателей биохимического состава плодов голубики, для которых у опытных сортов не было выявлено заметной общности тенденций в характере различий между меристемными и традиционными растениями, для содержания биофлавоноидов и их отдельных групп подобная общность прослеживалась весьма отчетливо. Так, в большинстве случаев клонированные растения, особенно позднеспелых сортов, характеризовались на 5–27 % более высоким общим накоплением в плодах Р-витаминов (в том числе антоциановых пигментов – на 6–34 %), чем обычные растения, и лишь для сорта *Bluecrop* было показано отставание по данным признакам соответственно на 12 и 14 %. Между меристемными и традиционным растениями обоих среднеспелых сортов голубики были выявлены противоположные по знаку различия в содержании в плодах основных компонентов антоцианового комплекса, наиболее выразительные у сорта *Concord*, состоявшие в первом случае в более низком (на 28–31 %) содержании собственно антоцианов, во втором – в более высоком (на 23–67 %) содержании лейкоантоцианов. При этом у меристемных растений позднеспелого сорта *Atlantik* более активное, чем у традиционных растений, обогащение антоцианового комплекса плодов обеспечивалось пропорциональным усилением накопления его обоих компонентов на 33–35 %, тогда как у второго позднеспелого сорта *Elizabeth* это происходило в результате активизации биосинтеза только собственно антоцианов (на 34 %), а у раннеспелого сорта *Weymouth* – лейкоантоцианов (на 13 %) (табл. 1).

Что касается катехинов и флавонолов, то в характере различий их содержания в плодах голубики в зависимости от способа размножения растений, как и содержания антоциановых пигментов, наиболее выраженное сходство тенденций было установлено у позднеспелых сортов. Оно состояло в более активном накоплении данных соединений в плодах меристемных, нежели обычных растений (у сорта *Elizabeth* – на 21 и 18 %, у сорта *Atlantik* – на 6 и 10 %). Как видим, в данном случае различия между растениями, полученными разными способами, наиболее выразительно проявились у сорта *Elizabeth*, тогда как в отношении содержания антоциановых пигментов – у сорта *Atlantik*. При этом у обоих среднеспелых сортов голубики не установлено достоверного влияния способа размножения на содержание в плодах катехинов, а у сорта *Concord* также и флавонолов, для которых у сорта *Bluecrop*, как и для антоциановых пигментов, было показано ослабление накопления в плодах меристемных растений, по сравнению с традиционными, на 11%, что, в свою очередь, негативно сказалось на общем содержании в них Р-витаминов (см. табл. 1). У клонированных растений раннеспелого сорта *Weymouth* были установлены противоположные по знаку различия с традиционными растениями в содержании катехинов и флавонолов – отставание на 6 % в первом случае и превышение на 9 % во втором, что в сочетании с упомянутой выше слабой активизацией биосинтеза антоциановых пигментов, не превышавшей 6 %, обеспечило весьма незначительное обогащение Р-витаминного комплекса его плодов, сопоставимое по величине с таковым у меристемных растений сорта *Concord*. Следует отметить, что использование микроклонального способа размножения голубики оказало наиболее существенное позитивное влияние на накопление этих самых ценных в физиологическом плане соединений в плодах позднеспелых сортов, особенно у сорта *Atlantik*, при меньшей в 3–6 раз степени его аналогичного воздействия на биофлавоноидный комплекс плодов раннеспелого и среднеспелого сорта *Concord* и при доминировании отрицательного воздействия на таковой среднеспелого сорта *Bluecrop*.

На фоне заметного сходства в характере ответной реакции Р-витаминного комплекса опытных сортов голубики на способы вегетативного размножения растений генотипические различия темпов биосинтеза в плодах основных групп полифенолов обусловили заметные изменения соотношения их долей в составе данного комплекса (табл. 2). Установлено, что у большинства сортов применение обоих способов размножения не оказало существенного влияния на относительную долю в нем антоциановых пигментов, и лишь у клонированных растений сортов *Bluecrop* и *Atlantik* отмечалось ее незначительное снижение в первом случае и увеличение – во втором. Однако в составе самого антоцианового комплекса плодов раннеспелого и особенно обоих среднеспелых сортов произошли заметные сдвиги в сторону снижения доли собственно антоцианов и увеличения таковой лейкоантоцианов по сравнению с традиционными растениями.

В наибольшей степени это проявилось у сорта *Concord*, у которого эти сдвиги достигали 1,5–1,6-кратной величины.

Отмеченные сдвиги в составе антоцианового комплекса плодов только у сорта *Bluecrop* и в меньшей степени у сорта *Weymouth* сопровождались незначительным увеличением доли катехинов и флавонолов в пуле Р-витаминов. При этом у меристемных растений позднеспелых сортов выявленные изменения в антоциановом комплексе плодов имели противоположную направленность и отличались не ослаблением, а, напротив, усилением в нем позиций собственно антоцианов при снижении относительной доли лейкоантоцианов у сорта *Elizabeth* и увеличении ее у сорта *Atlantik*, что приводило к ослаблению в составе Р-витаминов роли и катехинов, и флавонолов. Подобно биофлавоноидам, для содержания дубильных веществ в плодах всех модельных сортов голубики была выявлена отчетливая общность тенденций в характере различий между клонированными и обычными растениями. Как следует из табл. 1, в первом случае оно было на 5–18 % ниже, чем во втором, при наибольших различиях у сортов *Weymouth* и особенно *Bluecrop* и наименьших у сорта *Concord*.

Таблица 2. Долевое участие основных групп биофлавоноидов в составе Р-витаминного комплекса плодов сортов *V. corymbosum* при разных способах вегетативного размножения, %

Table 2. Share of the main groups of bioflavonoids in the P-vitamin complex of fruits of varieties *V. corymbosum* with different methods of vegetative propagation, %

Сорт	Способ размножения	Собственно антоцианы	Лейко-антоцианы	Сумма антоц. пигм.	Катехины	Флавонолы
<i>Weymouth</i>	<i>in vivo</i>	51	28	79	8	13
	<i>in vitro</i>	49	30	79	7	14
<i>Bluecrop</i>	<i>in vivo</i>	47	21	68	12	20
	<i>in vitro</i>	36	29	65	14	21
<i>Concord</i>	<i>in vivo</i>	48	27	75	7	18
	<i>in vitro</i>	33	42	75	7	18
<i>Elizabeth</i>	<i>in vivo</i>	37	35	72	10	18
	<i>in vitro</i>	42	30	72	10	18
<i>Atlantik</i>	<i>in vivo</i>	34	39	73	10	17
	<i>in vitro</i>	36	41	77	8	15

Таким образом, результаты данных исследований убедительно показали существенное влияние способа вегетативного размножения *V. corymbosum* на биохимический состав плодов, степень которого определялась химической природой его компонентов и генотипом растений. Для объективного представления о степени воздействия данного фактора на интегральный уровень питательной и витаминной ценности ягодной продукции модельных сортов, оцениваемой по совокупности 14 показателей ее биохимического состава, был применен собственный методический прием, защищенный патентом [12] и основанный на сопоставлении у тестируемых объектов количеств, относительных размеров, амплитуд и соотношений статистически достоверных положительных и отрицательных различий клонированных и традиционных растений по данному признаку. При этом показатели соотношения количества положительных и отрицательных различий, превышавшие 1, указывали на преобладание у каждого таксона голубики частоты проявления преимуществ в их биохимическом составе относительно обычных растений, тогда как при их значениях менее 1 – на преобладание случаев проявления отрицательных различий с ними. По величине суммарной амплитуды выявленных отклонений, независимо от их знака, можно было судить о степени выраженности различий клонированных и традиционных растений по совокупности исследуемых признаков, что позволяло провести ранжирование сортов голубики в порядке снижения степени данных различий. При этом по величине соотношения относительных размеров позитивных и негативных сдвигов в биохимическом составе плодов клонированных растений каждого сорта относительно растений, полученных обычным способом, можно было дать оценку степени и направленности выявленных в нем изменений.

Представленные в табл. 3 данные, характеризующие количество, направленность и степень выраженности сдвигов в биохимическом составе плодов клонированных растений исследуемых сортов *V. corymbosum* по 14 показателям относительно их традиционных аналогов показали наличие заметных генотипических различий в направленности и величине вышеуказанных сдвигов, свидетельствующих о разной степени влияния способа размножения растений на интегральный уровень питательной и витаминной ценности их плодов. При этом количество позитивных отклонений клонированных растений от их традиционных экспериментальных аналогов по совокупности анализируемых признаков у всех таксонов голубики, за исключением сорта *Bluecrop*, в 2–3 раза превышало таковое негативных, что в целом свидетельствовало о большей частоте проявления у первых положительных сдвигов в биохимическом составе плодов относительно вторых и в наибольшей степени характеризовало позднеспелый сорт *Atlantik*, а в наименьшей – среднеспелый сорт *Concord*. Исключением в этом ряду явился второй среднеспелый сорт *Bluecrop*, у которого количество подобных отрицательных сдвигов, напротив, превышало таковое положительных в 2,7 раза. При этом амплитуда выявленных различий, указывающая на степень их проявления, независимо от направленности, варьировалась в таксономическом ряду в весьма широком диапазоне – от 111,2 % у раннеспелого сорта *Weymouth* до 211,9 % у сорта *Bluecrop*. Вместе с тем данный показатель не может служить критерием, свидетельствующим о преимуществе клонированных растений относительно их традиционных аналогов в содержании в плодах исследуемых соединений, поскольку указывает лишь на величину и направленность выявленных расхождений. Наиболее же объективное представление в этом плане может дать кратный размер соотношения относительных величин совокупностей достоверных положительных и отрицательных сдвигов в биохимическом составе плодов, варьировавшийся в таксономическом ряду в диапазоне значений от 0,6 у сорта *Bluecrop* до 4,3–4,4 у позднеспелых сортов *Elizabeth* и *Atlantik*. На основании сопоставления значений данного признака у тестируемых объектов проведено их ранжирование в пределах таксономического ряда в соответствии со снижением степени различий между клонированными и обычными растениями по интегральному уровню питательной и витаминной ценности плодов, позволившее расположить их в следующей последовательности: *Atlantik* > *Elizabeth* > *Weymouth* > *Concord* > *Bluecrop*.

Т а б л и ц а 3. Значения количеств, относительных размеров, амплитуд и соотношений разноориентированных различий клонированных и традиционных растений сортов *V. corymbosum* по биохимическому составу плодов, %

Table 3. Values of quantities, relative sizes, amplitudes and ratios of differently oriented differences between cloned and traditional plants of *V. corymbosum* varieties by the biochemical composition of fruits, %

Сорт	К-во сдвигов, шт.			Относительные размеры сдвигов, %			
	полож.	отриц.	полож/отриц.	полож.	отриц.	амплитуда	полож/отриц.
<i>Weymouth</i>	8	3	2,7	87,0	24,2	111,2	3,6
<i>Bluecrop</i>	3	8	0,4	75,9	136,0	211,9	0,6
<i>Concord</i>	6	3	2,0	104,7	40,7	145,4	2,6
<i>Elizabeth</i>	8	3	2,7	166,4	39,2	205,6	4,3
<i>Atlantik</i>	9	3	3,0	170,6	38,5	209,1	4,4

Как видим, наибольшими преимуществами по данному признаку характеризовались клонированные растения наиболее урожайных позднеспелых сортов *V. corymbosum*, что было обусловлено главным образом более высоким, чем у их традиционных аналогов, содержанием в плодах гидроксикоричных кислот, пектиновых веществ и основных компонентов биофлавоноидного комплекса. В то же время подобные преимущества у сортов *Weymouth* и *Concord*, уступавших по качеству плодов лидирующим сортам в 1,2 и 1,7 раза, обеспечивались в основном более высокими, чем у обычных растений, значениями их сахарокислотного индекса, а также содержанием пектиновых веществ и лейкоантоцианов, а в первом случае – также содержанием аскорбиновой кислоты, растворимых сахаров и флавонолов. При этом клонированные растения сорта *Bluecrop*, замыкавшего приведенный ряд, напротив, уступали традиционным аналогам в содержании в плодах большинства исследуемых соединений, за исключением титруемых кислот, пектиновых веществ и лейкоантоцианов.

**Заклучение.** В результате исследований установлено, что вегетативный способ размножения *V. corymbosum* оказывает существенное влияние на биохимический состав плодов, степень которого определяется химической природой его компонентов и генотипом растений. В плодах клонированных растений выявлены позитивные изменения (относительно традиционных растений) в пределах 5–40 % в содержании сухих веществ у сорта *Concord*, титруемых кислот у сортов *Bluecrop* и *Elizabeth*, аскорбиновой кислоты у сортов *Weymouth* и *Atlantic*, гидроксикоричных кислот у обоих позднеспелых сортов, растворимых сахаров у сорта *Weymouth*, пектиновых веществ у всех без исключения сортов при увеличении сахарокислотного индекса у сортов *Weymouth* и *Concord* на фоне снижения на 5–31 % содержания сухих веществ у сортов *Weymouth* и *Bluecrop*, титруемых кислот у сорта *Concord*, аскорбиновой кислоты у сорта *Elizabeth*, гидроксикоричных кислот у сорта *Bluecrop*, растворимых сахаров у сорта *Atlantic*, дубильных веществ у всех без исключения сортов при снижении сахарокислотного индекса у сорта *Bluecrop* и обоих позднеспелых сортов.

У большинства модельных сортов голубики выявлена общность тенденций в характере различий между меристемными и традиционными растениями в накоплении биофлавоноидов, состоявшая в увеличении в первом случае их общего количества на 5–27 %, в том числе на 6–34 % антоциановых пигментов. Установлено наиболее существенное позитивное влияние микроклонального способа размножения на содержание полифенолов в плодах позднеспелых сортов, особенно сорта *Atlantik*, при в 3–6 раз меньшей степени подобного влияния на биофлавоноидный комплекс сортов *Weymouth* и *Concord* на фоне доминирования отрицательного влияния на него у среднеспелого сорта *Bluecrop*. При относительной устойчивости соотношения компонентов Р-витаминного комплекса плодов голубики к испытываемым способам размножения выявлены существенные сдвиги в составе их антоцианового комплекса у клонированных растений раннеспелого и особенно среднеспелых сортов в сторону снижения доли собственно антоцианов и увеличения таковой лейкоантоцианов по сравнению с традиционными растениями, достигавшие 1,5–1,6-кратной величины у сорта *Concord* при противоположной направленности менее выраженных аналогичных сдвигов у позднеспелых сортов.

У клонированных растений (за исключением сорта *Bluecrop*) выявлен в 2,6–4,4 раза более высокий, нежели у их традиционных аналогов, интегральный уровень питательной и витаминной ценности плодов по совокупности 14 показателей биохимического состава (ряд органических кислот, углеводов и биофлавоноидов) при расположении сортов в соответствии со снижением степени данных различий в ряду: *Atlantik* > *Elizabeth* > *Weymouth* > *Concord* > *Bluecrop*, в котором наибольшими преимуществами в этом плане характеризовались позднеспелые сорта голубики.

#### Список использованных источников

1. Влияние способов размножения на химический состав листьев растений семейства Брусничные. Сообщение 2. – Голубика высокая / Ж. А. Рупасова [и др.] // Вес. Акад. аграр. навук Беларусі. – 1998. – № 1. – С. 44–49.
2. Влияние способов размножения на химический состав листьев растений семейства Брусничные. Сообщение 2. – Брусника обыкновенная / Ж. А. Рупасова [и др.] // Вес. Акад. аграр. навук Беларусі. – 1997. – № 3. – С. 48–52.
3. Влияние способов размножения на химический состав листьев рододендрона (*Rhododendron L.*) / Ж. А. Рупасова [и др.] // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. біял. навук. – 2000. – № 3. – С. 11–16.
4. Методы определения сухих веществ: ГОСТ 8756.2-82. – Введен 01.01.1983. – М. : Изд-во стандартов, 1982. – 5 с.
5. Методы биохимического исследования растений / под ред. А. И. Ермакова. – 3-е изд., перераб. и доп. – Ленинград : Агропромиздат. Ленингр. отд-ние, 1987. – 430 с.
6. Марсов, Н. Г. Фитохимическое изучение и биологическая активность брусники, клюквы и черники : дис. ... канд. фармацевт. наук : 15.00.02 / Н. Г. Марсов. – Пермь, 2006. – 200 л.
7. Плешков, Б. П. Практикум по биохимии растений / Б. П. Плешков. – 3-е изд., доп. и перераб. – М. : Колос, 1985. – 255 с.
8. Swain, T. The phenolic constituents of *Prunus Domestica*. 1. – The quantitative analysis of phenolic constituents / T. Swain, W. Hillis // J. Sci. Food Agric. – 1959. – Vol. 10, N 1. – P. 63–68. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740100110>
9. Скорикова, Ю. Г. Методика определения антоцианов в плодах и ягодах / Ю. Г. Скорикова, Э. А. Шафтан // Тр. III Всесоюз. семинара по биологически активным (лечебным) веществам плодов и ягод (27–30 сент. 1966 г.) / Урал. лесотехн. ин-т. – Свердловск, 1968. – С. 451–461.
10. Методика определения антоцианов в плодах аронии черноплодной / В. Ю. Андреева [и др.] // Фармация. – 2013. – № 3. – С. 19–21.
11. Определение содержания дубильных веществ в лекарственном растительном сырье // Государственная фармакопея СССР. – М., 1987. – Вып. 1: Общие методы анализа. – С. 286–287.
12. Способ ранжирования таксонов растения: пат. на изобретение №17648 / Ж. А. Рупасова, В. Н. Решетников, А. П. Яковлев ; дата публ. 08.07.2013.



## References

1. Rupasova Zh. A., Kutas E. N., Ignatenko V. A., Rusalenko V. A., Rudakovskaya R. N., Varavina N. P., Matyushevskaya E. N. The influence of breeding methods on the chemical composition of leaves of plants of the Cowberry family. Message 2. – Blueberries high. *Vestsi Akademii agrarnykh navuk Belarusi* [Proceedings of the Academy of agricultural sciences of Belarus], 1998, no. 1, pp. 44–49 (in Russian).
2. Rupasova Zh. A., Kutas E. N., Ignatenko V. A., Rusalenko V. A., Rudakovskaya R. N., Varavina N. P., Matyushevskaya E. N. The influence of breeding methods on the chemical composition of leaves of plants of the Cowberry family. Message 2. – Lingonberry ordinary. *Vestsi Akademii agrarnykh navuk Belarusi* [Proceedings of the Academy of agricultural sciences of Belarus], 1997, no. 3, pp. 48–52 (in Russian).
3. Rupasova Zh. A., Kutas E. N., Ignatenko V. A., Rusalenko V. A., Rudakovskaya R. N., Varavina N. P., Matyushevskaya E. N. The influence of breeding methods on the chemical composition of leaves of *Rhododendron L.* *Vestsi Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya biyalagichnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Biological series*, 2000, no. 3, pp. 11–16 (in Russian).
4. State Standard 8756.2-82. *Methods for determination of dry substances*. Moscow, Publishing House for Standards, 1982. 5 p. (in Russian).
5. Yarosh N. I., Ikonnikova M. I., Ermakov A. I., Peruanskii Yu. V., Lukovnikova G. A., Arasimovich V. V. *Methods of biochemical research of plants. 3rd ed.* Leningrad, Agropromizdat. Leningradskoe otdelenie Publ., 1987. 430 p. (in Russian).
6. Marsov N. G. *Phytochemical study and biological activity of cranberries, cranberries and blueberries*. Ph. D. Thesis. Perm', 2006. 200 p. (in Russian).
7. Pleshkov B. P. *Practical work on plant biochemistry. 3rd ed.* Moscow, Kolos Publ., 1985. 255 p. (in Russian).
8. Swain T., Hillis W. The phenolic constituents of *Prunus Domestica*. 1. – The quantitative analysis of phenolic constituents. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 1959, vol. 10, no. 1, pp. 63–68. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740100110>
9. Skorikova Yu. G., Shaftan E. A. Method for the determination of anthocyanins in fruits and berries. *Trudy III Vsesoyuznogo seminar po biologicheski aktivnym (lechebnym) veshchestvam plodov i yagod (27–30 sentyabrya 1966 goda)* [Proceedings of the III All-Union seminar on biologically active (medicinal) substances of fruits and berries (September 27–30, 1966)]. Sverdlovsk, 1968, pp. 451–461 (in Russian).
10. Andreeva V. Yu., Kalinkina G. I., Kolomiets N. E., Isaikina N. V. Method for the determination of anthocyanins in the fruit of chokeberry aronia. *Farmatsiya* [Pharmacy], 2013, no. 3, pp. 19–21 (in Russian).
11. Determination of the content of tannins in medicinal plant raw materials. *Gosudarstvennaya farmakopeya SSSR* [State pharmacopoeia of the USSR]. Moscow, 1987, iss. 1, pp. 286–287 (in Russian).
12. Rupasova Zh. A., Reshetnikov V. N., Yakovlev A. P. *Method for ranking plant taxa: Patent Rep. of Belarus no. 17648*, 2013 (in Russian).

## Информация об авторах

*Рупасова Жанна Александровна* – член-корреспондент, д-р биол. наук, профессор, заведующий лабораторией. Центральный ботанический сад НАН Беларуси (ул. Сурганова, 2в, 220012, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: J.Rupasova@cbg.org.by

*Василевская Тамара Ивановна* – канд. биол. наук, ст. науч. сотрудник. Центральный ботанический сад НАН Беларуси (ул. Сурганова, 2в, 220012, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: T.Vasileuskaya@cbg.org.by

*Криницкая Наталья Болеславовна* – науч. сотрудник. Центральный ботанический сад НАН Беларуси (ул. Сурганова, 2в, 220012, г. Минск, Республика Беларусь).

*Задаля Виктория Сергеевна* – науч. сотрудник. Центральный ботанический сад НАН Беларуси (ул. Сурганова, 2в, 220012, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: zada.93@mail.ru

*Павловский Николай Болеславович* – канд. биол. наук, заведующий лабораторией. Центральный ботанический сад НАН Беларуси (ул. Сурганова, 2в, 220012, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: pavlovskiy@tut.by

*Чижик Ольга Владимировна* – канд. биол. наук, заведующий лабораторией. Центральный ботанический сад НАН Беларуси (ул. Сурганова, 2в, 220012, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail chizhikolga17@gmail.com

*Филипеня Вероника Леонидовна* – ст. науч. сотрудник. Центральный ботанический сад НАН Беларуси (ул. Сурганова, 2в, 220012, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: veronika\_filipenia@yahoo.com

## Information about the authors

*Zhanna A. Rupasova* – Corresponding Member, D. Sc. (Biol.), Professor, Head of the Laboratory. Central Botanic Garden of the National Academy of Sciences of Belarus (2v, Surganov Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: J.Rupasova@cbg.org.by

*Tamara I. Vasilevskaya* – Ph. D. (Biol.), Senior researcher. Central Botanic Garden of the National Academy of Sciences of Belarus (2v, Surganov Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: T.Vasileuskaya@cbg.org.by

*Natalia B. Krinitskaya* – Researcher. Central Botanic Garden of the National Academy of Sciences of Belarus (2v, Surganov Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus).

*Viktoryia S. Zadalafilia* – Researcher. Central Botanic Garden of the National Academy of Sciences of Belarus (2v, Surganov Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: zada.93@mail.ru

*Nikolay B. Pavlovsky* – Ph. D. (Biol.), Head of the Laboratory. Central Botanic Garden of the National Academy of Sciences of Belarus (2v, Surganov Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: pavlovskiy@tut.by

*Olga V. Chizhik* – Ph. D. (Biol.), Head of the Laboratory. Central Botanic Garden of the National Academy of Sciences of Belarus (2v, Surganov Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail chizhikolga17@gmail.com

*Veronika L. Filipenia* – Senior researcher. Central Botanic Garden of the National Academy of Sciences of Belarus (2v, Surganov Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: veronika\_filipenia@yahoo.com