

ISSN 1810-9810 (Print)
УДК 634.737:581. 5:581.522.4(476)

**Ж. А. Рупасова, К. А. Добрянская, В. С. Задаля, Д. О. Сулим, Н. Б. Павловский,
А. Г. Павловская, О. В. Дрозд, П. Н. Белый**

*Центральный ботанический сад Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь,
e-mail: J.Rupasova@cbg.org.by*

ВЛИЯНИЕ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ ВЕГЕТАЦИОННОГО ПЕРИОДА НА НАКОПЛЕНИЕ ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В ПЛОДАХ НОВЫХ ИНТРОДУЦИРОВАННЫХ СОРТОВ ГОЛУБИКИ ВЫСОКОРОСЛОЙ (*VACCINIUM CORYMBOSUM* L.) В УСЛОВИЯХ БЕЛАРУСИ

Аннотация. Приведены результаты сравнительного исследования в южной агроклиматической зоне Беларуси в контрастные по гидротермическому режиму сезоны 2021 и 2022 гг. параметров накопления основных групп биофлавоноидов и дубильных веществ в плодах шести новых интродуцированных сортов голубики высокорослой разных сроков созревания – раннеспелых Chanticleer, Hannah's Choice, среднеспелых Bluegold, Harrison и позднеспелых Aurora, Rubel, а также соответствующих данным группам спелости районированных сортов Weymouth, Bluecrop и Elliott, показавшие существенную зависимость межсезонных различий в содержании указанных соединений от сроков созревания плодов. Пониженный и весьма неравномерный температурный фон второго сезона при остром дефиците влаги в июне и августе 2022 г. способствовал активизации накопления антоциановых пигментов только у раннеспелых сортов голубики, что при отсутствии влияния на содержание катехинов и флавонолов обуславливало увеличение выхода биофлавоноидов, тогда как у таксонов с более поздними сроками созревания плодов обнаружено заметное ослабление биосинтеза всех компонентов Р-витаминного комплекса, приводившее к снижению их общего количества на 7–22 % относительно предыдущего сезона, более благоприятного по гидротермическому режиму. При этом у раннеспелых сортов голубики и ранее исследованных растений жимолости синей выявлено отчетливое сходство в обогащении антоцианового комплекса плодов, обусловленное близостью сроков их созревания и связанное в первом случае с активизацией биосинтеза лейкоантоцианов, а во втором – собственно антоцианов. В плодах раннеспелых и позднеспелых сортов голубики установлен идентичный характер неоднозначного проявления межсезонных различий в содержании дубильных веществ, обусловленный генотипом растений, на фоне усиления накопления данных соединений по сравнению с предыдущим сезоном у среднеспелых сортов, наиболее значительного у сорта Harrison. В таксономическом ряду голубики среднеспелый сорт Bluegold характеризовался наименее выраженными межсезонными различиями в содержании в плодах комплекса фенольных соединений, указывавшими на наибольшую его устойчивость к воздействию абиотических факторов.

Ключевые слова: погодные условия, голубика высокорослая, сорт, плод, дубильные вещества, биофлавоноиды, антоциановые пигменты, катехины, флавонолы

**Zh. A. Rupasova, K. A. Dobryanskaya, V. S. Zadala, D. O. Sulim, N. B. Pavlovsky, A. G. Pavlovskaya,
O. V. Drozd, P. N. Bely**

Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus, e-mail: J.Rupasova@cbg.org.by

INFLUENCE OF WEATHER CONDITIONS IN THE VEGETATION PERIOD ON THE ACCUMULATION OF PHENOLIC COMPOUNDS IN THE FRUIT OF NEW INTRODUCED VARIETIES OF NORTHERN Highbush OF BLUEBERRY (*VACCINIUM CORYMBOSUM* L.) UNDER THE CONDITIONS OF BELARUS

Abstract. The results of a comparative study in the southern agro-climatic zone of Belarus in the contrasting hydrothermal regime seasons of 2021 and 2022 are presented. Parameters of accumulation of the main groups of bioflavonoids and tannins in the fruits of six new introduced varieties of highbush blueberry of different ripening periods – early ripening Chanticleer, Hannah's Choice, mid-ripening Bluegold, Harrison and late-ripening Aurora, Rubel, as well as zoned varieties corresponding to these ripeness groups Weymouth, Bluecrop and Elliott. The results showed a significant dependence of interseasonal differences in the content of these compounds on the timing of fruit ripening periods. Reduced and very uneven temperature background of the second season with an acute moisture deficit in June and August of 2022 contributed to the activation of anthocyanin pigments accumulation only in early-ripening blueberry varieties, which, in the absence of an effect on the content of catechins and flavonols, caused an increase in bioflavonoid yield. Simultaneously, taxa with later fruit ripening dates showed a marked weakening of all components of the P-vitamin complex was found, which led to a decrease in their total number by 7–22 % relative to the previous season, more favorable in terms of hydrothermal regime. At the same time, early ripening blueberry varieties and previously studied blue honeysuckle plants showed a distinct similarity in the enrichment of anthocyanin complex of fruits due to the proximity of their ripening dates and associated in the first case with the activation of leucoanthocyanins biosynthesis, and in the second case – with anthocyanins proper. In the fruits of early-ripening and late-ripening blueberry varieties, an identical character of ambiguous manifestation of inter-seasonal differences in the content of tannins, due to the plant genotype, was established against the background of increased accumulation of these compounds compared to the previous season in mid-ripening varieties, the most significant in the variety Harrison. In the taxonomic series of blueberries, the med-maturing variety Bluegold was characterized by the least pronounced interseasonal differences in the content of phenolic compounds complex in fruits, indicating the greatest resistance to abiotic factors.

Keywords: weather conditions, highbush blueberry, varieties, fruits, tannins, bioflavonoids, anthocyanin pigments, catechins, flavonols

Ж. А. Рупасова, К. А. Дабранская, В. С. Задаля, Д. А. Сулім, М. Б. Паўлоўскі, А. Г. Паўлоўская,
В. У. Дрозд, П. М. Белы

Цэнтральны батанічны сад Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі, Мінск, Беларусь,
e-mail: J.Rupasova@cbg.org.by

УПЛЫЎ НАДВОР'Я ВЕГЕТАЦЫЙНАГА ПЕРЫЯДУ НА НАКАПЛЕННЕ ФЕНОЛЬНЫХ ЗЛУЧЭННЯЎ У ПЛАДАХ НОВЫХ ІНТРАДУЦЫРАВАННЫХ САРТОЎ БУЯКОЎ ВЫСАКАРОСЛЫХ (*VACCINIUM CORYMBOSUM L.*) ВА ЁМОВАХ БЕЛАРУСІ

Анотацыя. Прыведзены вынікі параўнальнага даследавання ў паўднёвай агракліматэчнай зоне Беларусі ў кантрастных па гідратэрмічнаму рэжыму сезонах 2021 і 2022 гг. назапашвання асноўных груп біафлаваноідаў і дубільных рэчываў у пладах шасці новых інтрадуцыраваных сартоў буякоў высакарослых розных тэрмінаў выспявання – ранне-спелых Chanticleer, Hannah's Choice, сярэднеспелых Bluegold, Harrison і познаспелых Aurora, Rubel, а таксама адпаведных групам спеласці раяніраваных сартоў Weymouth, Bluecrop і Elliott, якія паказалі істотную залежнасць межсезонных адрозненняў у ўтрыманні паказаных злучэнняў ад тэрмінаў выспявання пладоў. Паніжаны і вельмі нераўнамерны тэмпературны фон пры вострым дэфіцыце вільгаці ў чэрвені і жніўні 2022 г. спрыяў актывізацыі назапашвання антацыянавых пігментаў толькі ў раннеспелых сартах буякоў, што пры адсутнасці ўплыву на ўтрыманне катэхінаў і флаванолаў абумоўлівала павелічэнне выхаду біафлаваноідаў, тады як у таксонаў з больш познімі тэрмінамі выспявання пладоў выяўлена значнае паслабленне біясінтэзу ўсіх кампанентаў Р-вітаміннага комплексу, якое прыводзіць да зніжэння іх агульнай колькасці на 7–22 % у параўнанні з папярэднім сезонам, больш спрыяльным па гідратэрмічным рэжыме. Пры гэтым у раннеспелых сартах буякоў і раней даследаванага брусніцы сінга выяўлена выразнае падабенства ў абагачэнні антацыянавага комплексу пладоў, вызванае блізкасцю тэрмінаў іх выспявання і звязанае ў адным выпадку з актывацыяй біясінтэзу лейкаантацытаў, а ў другім – уласна антацыянаў. У пладах раннеспелых і познаспелых сартоў буякоў устаноўлены аднолькавы характар неадназначнага выяўлення межсезонных адрозненняў у саставе дубільных рэчываў, абумоўленых генатыпам раслін, на фоне ўзмацнення назапашвання дадзеных злучэнняў у параўнанні з папярэднім сезонам у сярэднеспелых сартах, найбольш значнага ў сорта Harrison. У таксанамічным радзе буякоў сярэднеспелы сорт Bluegold характарызаваўся найменшымі выяўленымі межсезоннымі адрозненнямі ў колькасці ў пладах фенольных злучэнняў, якія паказваюць на найбольшую яго ўстойлівасць да ўздзеяння абіятычных фактараў.

Ключавыя словы: пагодныя ўмовы, буякі высакарослыя, сорт, плод, дубільныя рэчывы, біафлаваноіды, антацыянавыя пігменты, катэхіны, флаванолы

Введение. Важнейшим аспектом интродукционных исследований, связанных с сортоизучением малораспространенных культур плодовоговодства, является сравнительная оценка биохимического состава плодов в многолетнем цикле наблюдений, дающая представление не только о его генотипических особенностях, но и о степени зависимости содержания действующих веществ от гидротермического режима сезона. В исследованиях с голубикой высокорослой особое внимание следует уделить изучению его влияния на накопление в плодах фенольных соединений, прежде всего биофлавоноидов, обладающих разносторонним позитивным физиологическим действием на организм человека [1–4]. Рассмотрение реакции новых, ранее не изучавшихся интродуцированных сортов голубики высокорослой на комплексное воздействие метеорологических факторов представляется весьма актуальным, поскольку крайне неустойчивый характер погодных условий в период вегетации растений и созревания их плодов, свойственный белорусскому региону, существенно влияет на темпы накопления тех или иных соединений и оказывает корректирующее действие на питательную и витаминную ценность ягодной продукции [5, 6]. Наши более ранние исследования с голубикой высокорослой в разных агроклиматических зонах республики показали значительное влияние данного фактора на содержание в ягодной продукции биофлавоноидов, обладающих чрезвычайно выраженным антиоксидантным Р-витаминным действием [7–11]. Изучение же данного вопроса в настоящих исследованиях позволяет выявить сорта голубики, наиболее перспективные для выращивания в Беларуси не только по вкусовым свойствам плодов, обусловленным особенностями их биохимического состава, но и по степени устойчивости их фенольного комплекса к воздействию метеорологических факторов в районе интродукции.

Материалы и методика исследований. Исследования выполнены в 2021–2022 гг. в опытных посадках голубики высокорослой на экспериментальном участке отраслевой лаборатории интродукции и технологии нетрадиционных ягодных растений Центрального ботанического сада НАН Беларуси (Ганцевичский р-н Брестской обл.), находящемся на территории южной агроклиматической зоны Беларуси в районе распространения легких песчаных дерново-подзолистых почв и осушенных верховых торфяников. Почва на экспериментальном участке – торфяно-глебовая, мелиорированная, с pH_{H_2O} 4,9–6,2 и содержанием P_2O_5 – 131 мг/кг, K_2O – 180, Са – 246, Mg – 32 мг/кг, развитая на слое пушицево-сфагнового верхового торфа, подстилаемом с глубины 50 см рыхлым, разнозернистым песком.

Объектами исследований являлись достигшие стадии съемной зрелости плоды шести новых интродуцированных сортов голубики высокорослой разных сроков созревания – ранне-спелых

Chanticleer, Hannah's Choice, среднеспелых Bluegold, Harrison и позднеспелых Aurora, Rubel, для оценки характеристик фенольного комплекса которых в качестве эталонов сравнения были использованы соответствующие районированные сорта Weymouth, Bluescop и Elliott.

В высушенных при температуре 60 °С пробах растительного материала определяли суммарное содержание антоциановых пигментов по методу Т. Swain, W. E. Hillis [12] с построением градуировочной кривой по кристаллическому цианидину, полученному из плодов аронии черноплодной и очищенному по методике Ю. Г. Скориковой и Э. А. Шафтан [13]; собственно антоцианов и суммы катехинов (с использованием ванилинового реактива) – фотозлектроколориметрическим методом [14, 15]; суммы флавонолов (в пересчете на рутин) – спектрофотометрическим методом [15]; дубильных веществ (танинов) – титрометрическим методом Левенталя [16]. Все аналитические определения выполнены в двукратной биологической и трехкратной аналитической повторности. Данные статистически обработаны с использованием программы Excel.

Результаты и их обсуждение. Сравнительный анализ погодных условий в годы исследований показал их выраженную контрастность (табл. 1).

Таблица 1. Среднемесячные характеристики гидротермического режима вегетационного периода в районе исследований в годы наблюдений (по данным Белгидромета)

Месяц	Температура воздуха, °С					Осадки, мм		
	Средняя	Норма	% от нормы	Максимальная	Минимальная	Сумма	Норма	% от нормы
2021 г.								
Апрель	6,6	7,5	88	21,3	-4,0	34	38	89
Май	12,4	13,5	92	23,8	1,5	136	63	216
Июнь	19,9	16,4	121	35,5	1,8	44	89	49
Июль	22,6	18,5	122	35,1	10,1	76	91	84
Август	17,2	17,4	99	29,3	5,9	160	62	258
Сентябрь	11,1	12,2	91	26,6	1,5	84	55	153
2022 г.								
Апрель	5,6	7,5	75	18,7	-5,1	92	38	242
Май	12,0	13,5	89	29,3	-3,1	40	63	63
Июнь	19,1	16,4	117	32,4	5,4	48	89	54
Июль	18,5	18,5	100	30,9	7,4	86	91	95
Август	20,7	17,4	119	33,0	7,7	19	62	31
Сентябрь	10,5	12,2	86	21,2	0,4	76	55	138

Так, в первый год наблюдений среднемесячная температура воздуха в апреле и мае на 12 и 8 % соответственно уступала средним многолетним значениям за 1981–2010 гг., тогда как в июне и июле установилась сухая и жаркая погода с превышением на 21–22 % многолетней нормы, а в августе и сентябре средние температурные показатели почти соответствовали последней. При этом в мае на фоне заметного похолодания количество выпавших осадков более чем вдвое превысило многолетнюю норму, что, по нашим предположениям, могло негативно сказаться на дальнейшем прохождении сезонного цикла развития растений и даже отразиться на качестве их плодов. Вместе с тем избыточное выпадение атмосферных осадков в августе и сентябре должно было способствовать успешной закладке цветковых почек, являющейся необходимой предпосылкой для получения высокого урожая ягодной продукции в следующем сезоне.

Температурный фон вегетационного периода 2022 г., особенно в весенние месяцы, был заметно ниже, чем в предыдущем году наблюдений, при чрезмерном избытке атмосферных осадков, в 2,4 раза превосходившем среднюю многолетнюю норму в апреле и сменившем его дефиците влаги в мае и июне. Лишь в июле их количество приблизилось к средним многолетним значениям. При этом температурные показатели на протяжении весенних и первого летнего месяцев характеризовались заметными колебаниями. В августе они оказались выше обычных при остром дефиците влаги, тогда как сентябрь, напротив, был отмечен пониженным температурным фоном при избыточном выпадении атмосферных осадков. Таким образом, вегетационный период 2022 г. характеризовался более низким, причем весьма неравномерным температурным фоном по сравнению с предыдущим сезоном, особенно во время формирования плодов опытных растений, что привело к значительному запаздыванию сроков их созревания. Разумеется, это не могло не отразиться на накоплении в них исследуемых фенольных соединений.

По нашим оценкам, приведенным в табл. 2, плоды интродуцированных сортов *V. corymbosum* характеризовались весьма высоким содержанием биофлавоноидов, изменявшимся в условиях сезона

2021 г. в ряду раннеспелых сортов от 6 756 до 7 856 мг/100 г сухой массы, среднеспелых – от 12 078 до 13 555 мг/100 г и позднеспелых – от 13 137 до 20 404 мг/100 г при расхождении крайних позиций в приведенных диапазонах соответственно в 1,2, 1,1 и 1,6 раза, что было сопоставимо с ранее полученными нами данными для других сортов голубики при их выращивании на мелиорированных землях и торфяных выработках Беларуси [8, 17, 18] и что убедительно свидетельствовало об определенных генотипических различиях в накоплении полифенолов. При этом содержание дубильных веществ (танинов) варьировалось в таксономических рядах в диапазонах 1,08–1,69, 1,85–3,60 и 2,12–2,72 % соответственно.

Доминирующее положение в составе биофлавоноидного комплекса плодов у всех исследуемых сортов голубики принадлежало антоциановым пигментам, общая доля которых в нем при суммарном содержании в анализируемых рядах составляла 4 385–5 547, 9 464–10 539 и 10 192–16 623 мг/100 г соответственно и варьировалась от 65–71 % у раннеспелых сортов до 78–81 % у среднеспелых и позднеспелых (табл. 3). Превалирующей фракцией антоциановых пигментов являлись собственно антоцианы, содержание которых в сортовых рядах составляло 3 933–4 947, 5 453–6 800 и 5 480–10 570 мг/100 г соответственно и существенно превосходило количество лейкоантоцианов, особенно у раннеспелых сортов, в 5–29 раз, тогда как у среднеспелых и позднеспелых этот разрыв был существенно меньшим и составлял лишь 1,2–1,8 раза. Подобный состав антоцианового комплекса плодов голубики был показан нами и в более ранних исследованиях [8, 17, 18]. При этом долевое участие флавонолов в Р-витаминном комплексе плодов голубики в анализируемых сортовых рядах при содержании 1 642–1 843, 1 843–23 143 и 2 096–2 598 мг/100 г сухой массы составляло соответственно 21–26, 16–17 и 13–16 %, тогда как относительная доля катехинов при содержании 641–702, 702–771 и 849–1 183 мг/100 г изменялась от 8–10 % у раннеспелых сортов до 5–6 % у среднеспелых и позднеспелых. Как видим, раннеспелые сорта голубики характеризовались заметно меньшим долевым участием антоциановых пигментов в составе Р-витаминного комплекса плодов по сравнению с сортами более поздних сроков созревания при более значительном участии в нем катехинов и особенно флавонолов.

На фоне погодных условий вегетационного периода 2022 г., как и в предыдущем сезоне, доминирующее положение в составе биофлавоноидного комплекса плодов всех исследуемых сортов голубики, обусловленное генотипом данного вида, принадлежало антоциановым пигментам, общая доля которых в нем при суммарном содержании в анализируемых рядах (4 940–6 578, 7 306–8 788 и 7 800–13 936 мг/100 г соответственно) варьировалась в сходных с предыдущим сезоном диапазонах значений – от 66–74 % у раннеспелых сортов до 72–81 % у среднеспелых и позднеспелых (табл. 3 и 4).

Таблица 2. Содержание фенольных соединений в сухой массе плодов интродуцированных сортов *Vaccinium corymbosum* в 2021 г.

Сорт	Биофлавоноиды, мг/100 г.							
	Собственно антоцианы		Лейкоантоцианы		Сумма антоциановых пигментов		Катехины	
	X ± st	t _{CT}	X ± st	t _{CT}	X ± st	t _{CT}	X ± st	t _{CT}
Weymouth (st)	4 946,7 ± 173,3		600,0 ± 37,2		5 546,7 ± 91,7		667,3 ± 6,8	
Chanticleer	3 933,3 ± 81,1	-5,3*	798,7 ± 8,1	5,2*	4 732,0 ± 120,1	-5,4*	702,0 ± 3,5	4,6*
Hannah,s Choice	4 240,0 ± 46,2	-3,9*	145,3 ± 47,2	-7,6*	4 385,3 ± 91,7	-9,0*	641,3 ± 7,3	-3,4*
Bluecrop (st)	5 453,3 ± 26,7		4 600,0 ± 53,3		10 053,3 ± 34,7		707,2 ± 15,9	
Bluegold	5 640,0 ± 23,1	5,3*	3 824,0 ± 83,1	-7,9*	9 464,0 ± 60,0	-8,5*	771,3 ± 11,8	3,2*
Harrison	6 800,0 ± 23,1	38,2*	3 738,7 ± 50,7	-11,7*	10 538,7 ± 69,3	6,3*	702,0 ± 15,0	-0,2
Elliott (st)	7 520,0 ± 122,2		4 405,3 ± 113,2		11 925,3 ± 151,1		927,3 ± 6,8	
Aurora	5 480,0 ± 5,8	-16,7*	4 712,0 ± 7,2	2,8*	10 192,0 ± 2,3	-11,5*	849,3 ± 9,8	-6,5*
Rubel	10 570,0 ± 106,9	18,8*	6 052,7 ± 227,2	6,5*	16 622,7 ± 121,3	24,2*	1 183,0 ± 52,5	4,8*
Сорт	Биофлавоноиды, мг/100 г						Дубильные вещества,%	
	Флавонолы		Флавонолы / катехины		Сумма		X ± st	t _{CT}
	X ± st	t _{CT}	X ± st	t _{CT}	X ± st	t _{CT}		
Weymouth (st)	1 641,9 ± 15,4		2,5 ± 0,1		7 855,9 ± 72,7		2,11 ± 0,01	
Chanticleer	1 842,7 ± 38,1	4,9*	2,6 ± 0,1	2,7	7 276,7 ± 113,9	-4,3*	1,62 ± 0,02	-17,8*
Hannah,s Choice	1 729,0 ± 27,5	2,8*	2,7 ± 0,1	2,4	6 755,7 ± 98,6	-9,0*	1,48 ± 0,01	-33,8*
Bluecrop (st)	2 174,6 ± 30,3		3,1 ± 0,1		12 935,1 ± 30,4		1,21 ± 0,02	
Bluegold	1 842,7 ± 38,1	-6,8*	2,4 ± 0,1	-5,0*	12 078,1 ± 52,1	-14,2*	3,06 ± 0,01	71,7*
Harrison	2 314,3 ± 18,9	3,9*	3,3 ± 0,1	1,5	13 555,0 ± 75,1	7,6*	0,83 ± 0,02	-11,6*
Elliott (st)	2 192,1 ± 9,2		2,4 ± 0,1		15 044,7 ± 152,6		2,52 ± 0,01	
Aurora	2 096,0 ± 30,3	-3,0*	2,5 ± 0,1	1,5	13 137,3 ± 19,4	-12,4*	2,73 ± 0,01	10,2*
Rubel	2 598,2 ± 76,4	5,3*	2,2 ± 0,1	-1,4	20 403,8 ± 69,1	32,0*	1,48 ± 0,01	-55,9*

Примечание: * статистически значимые по t-критерию Стьюдента различия с соответствующим стандартным сортом при p < 0,05.

Таблица 3. Долевое участие основных групп биофлавоноидов в составе Р-витаминного комплекса плодов интродуцированных таксонов *Vaccinium corymbosum* в годы исследований, %

Сорт	Собственно антоцианы	Лейкоантоцианы	Сумма антоциановых пигментов	Катехины	Флавонолы
2021 г.					
Weymouth (st)	63	8	71	8	21
Chanticleer	54	11	65	10	25
Hannah,s Choice	63	2	65	9	26
Bluecrop (st)	42	36	78	5	17
Bluegold	47	31	78	6	16
Harrison	50	28	78	5	17
Elliott (st)	50	29	79	6	15
Aurora	42	36	78	6	16
Rubel	52	29	81	6	13
2022 г.					
Weymouth (st)	59	15	74	7	19
Chanticleer	46	20	66	9	25
Hannah,s Choice	48	24	72	8	20
Bluecrop (st)	50	22	72	7	21
Bluegold	48	28	76	6	18
Harrison	48	30	78	6	16
Elliott (st)	44	25	79	6	15
Aurora	49	25	74	8	18
Rubel	62	19	81	6	13

Таблица 4. Содержание фенольных соединений в сухой массе плодов интродуцированных сортов *Vaccinium corymbosum* в 2022 г.

Сорт	Биофлавоноиды, мг%							
	Собственно антоцианы		Лейкоантоцианы		Сумма антоциановых пигментов		Катехины	
	$X \pm st$	t_{CT}	$X \pm st$	t_{CT}	$X \pm st$	t_{CT}	$X \pm st$	t_{CT}
Weymouth (st)	5 260,0 ± 80,0		1 318,0 ± 84,0		6 578,0 ± 4,0		642,2 ± 11,3	
Chanticleer	3 440,0 ± 52,9	-19,0*	1 500,0 ± 56,7	2,8*	4 940,0 ± 104,0	-15,7*	676,0 ± 1,6	3,0*
Hannah,s Choice	3 980,0 ± 52,9	-13,3*	2 052,0 ± 119,5	5,0*	6 032,0 ± 68,8	-7,9*	634,4±6,9	-0,6
Bluecrop (st)	5 040,0 ± 34,6		2 266,0 ± 62,5		7 306,0 ± 52,0		689,0 ± 2,6	
Bluegold	5 440,0 ± 20,0	10,0*	3 140,0 ± 107,9	7,0*	8 580,0 ± 90,1	12,3*	715,0 ± 6,9	3,5*
Harrison	5 460,0 ± 69,3	5,4*	3 328,0 ± 190,3	5,3*	8 788,0 ± 137,6	10,1*	691,6 ± 6,9	0,4
Elliott (st)	7 260,0 ± 91,7		3 426,0 ± 140,1		10 686,0 ± 90,1		800,8 ± 1,6	
Aurora	5 160,0 ± 34,6	-21,4*	2 640,0 ± 55,4	-5,2*	7 800,0 ± 90,1	-22,7*	780,0 ± 4,5	-4,3*
Rubel	10 560,0 ± 69,3	28,7*	3 376,0 ± 158,0	-0,2	13 936,0 ± 226,7	13,3*	1 016,6 ± 20,3	10,6*
Сорт	Биофлавоноиды, мг%						Дубильные вещества,%	
	Флавонолы		Флавонолы / катехины		Сумма		$X \pm st$	t_{CT}
	$X \pm st$	t_{CT}	$X \pm st$	t_{CT}	$X \pm st$	t_{CT}		
Weymouth (st)	1 720,0 ± 7,6	3,4*	2,68 ± 0,06		8 940,2 ± 1,6		1,08 ± 0,05	
Chanticleer	1 873,3 ± 45,1	-2,8*	2,77 ± 0,07	1,0	7 489,3 ± 64,7	-22,4*	1,64 ± 0,01	11,8*
Hannah,s Choice	1 668,9 ± 17,6		2,63 ± 0,06	-0,6	8 335,3 ± 59,2	-10,2*	1,69 ± 0,01	12,5*
Bluecrop (st)	2 077,7 ± 17,0	-4,2*	3,02 ± 0,02		10 072,7 ± 61,6		1,85 ± 0,01	
Bluegold	1 958,5 ± 22,8	-4,6*	2,74 ± 0,02	-10,0*	11 253,5 ± 101,6	9,9*	3,60 ± 0,18	9,5*
Harrison	1 856,3 ± 45,1		2,68 ± 0,06	-5,5*	11 335,9 ± 186,2	6,4*	1,96 ± 0,01	9,5*
Elliott (st)	1 975,5 ± 17,0	-4,2*	2,47 ± 0,02		13 462,3 ± 75,0		2,12 ± 0,01	
Aurora	1 873,3 ± 17,0	6,5*	2,40 ± 0,01	-2,6	10 453,3 ± 74,1	-28,5*	2,72 ± 0,04	14,4*
Rubel	2 196,9 ± 29,5		2,16 ± 0,07	-4,0*	17 149,5 ± 222,4	15,7*	2,62 ± 0,04	12,0*

Примечание: * статистически значимые по t-критерию Стьюдента различия со стандартным сортом при $p < 0,05$.

При этом содержание собственно антоцианов – преобладающей фракции данных соединений составляло 3 440–5 260, 5 040–5 460 и 5 160–10 560 мг/100 г соответственно и значительно превосходило количество лейкоантоцианов. Следует заметить, что у раннеспелых сортов данный разрыв (в 1,9–4,0 раза) заметно уступал таковому в предыдущем сезоне, тогда как у среднеспелых и поздне-

спелых он, наоборот, оказался более значительным и составлял 1,6–3,1 раза. Долевое же участие флавонолов в Р-витаминном комплексе плодов голубики в анализируемых сортовых рядах при содержании 1 669–1 873, 1 856–2 078 и 1 873–2 197 мг/100 г сухой массы составляло соответственно 19–25, 16–21 и 13–18 %, тогда как относительная доля катехинов при содержании 634–676, 689–715 и 780–1 017 мг/100 г несколько снизилась – от 7–9 % у раннеспелых сортов до 6–8 % у среднеспелых и позднеспелых.

Нетрудно убедиться, что погодные условия вегетационного периода не оказали существенного влияния ни на содержание отдельных компонентов биофлавоноидного комплекса плодов голубики, ни на их соотношение в его составе. При этом, как и годом ранее, раннеспелые сорта характеризовались несколько меньшим долевым участием в нем антоциановых пигментов по сравнению с сортами более поздних сроков созревания при более значительном участии в нем катехинов и особенно флавонолов.

В годы наблюдений для новых тестируемых сортов голубики были показаны весьма выразительные различия в содержании в плодах фенольных соединений с соответствующими срокам их созревания стандартными районированными сортами – раннеспелым Weymouth, среднеспелым Bluescop и позднеспелым Elliott (табл. 5). Весьма обстоятельно анализ данных различий в условиях сезона 2021 г. представлен в работе Ж. А. Рупасовой и др. [19]. Во второй же год наблюдений, как и в предыдущий, для новых тестируемых сортов голубики были показаны весьма выразительные, хотя и проявившиеся в иной степени, чем годом ранее, различия со стандартными сортами в накоплении в плодах фенольных соединений. При этом все тестируемые объекты характеризовались более активным по сравнению с эталонными сортами накоплением в плодах дубильных веществ при сходной в оба сезона ориентации выявленных различий лишь у двух из них – Bluegold и Aurora (см. табл. 5). Вместе с тем в оба года исследований для компонентов биофлавоноидного комплекса плодов голубики установлено выраженное совпадение направленности, а в большинстве случаев и степени расхождений с соответствующими эталонными сортами параметров их накопления.

Таблица 5. Относительные различия интродуцированных сортов *Vaccinium corymbosum* с соответствующими срокам их созревания районированными сортами Weymouth, Bluescop и Elliott по характеристикам биохимического состава плодов в годы исследований, %

Показатель	Раннеспелые сорта Weymouth		Среднеспелые сорта Bluescop		Позднеспелые сорта Elliott	
	Chanticleer	Hannah,s Choice	Bluegold	Harrison	Aurora	Rubel
2021 г.						
Собственно антоцианы	-20,5	-14,3	+3,4	+24,7	-27,1	+40,6
Лейкоантоцианы	+33,1	-75,8	-16,9	-18,7	+7,0	+37,4
Сумма антоциановых пигментов	-14,7	-20,9	-5,9	+4,8	-14,5	+39,4
Катехины	+5,2	-3,9	+9,1	-	-8,4	+27,6
Флавонолы	+12,2	+5,3	-15,3	+41,0	-4,4	+18,5
Сумма биофлавоноидов	-7,4	-14,0	-6,6	+4,8	-12,7	+35,6
Дубильные вещества	-23,2	-29,9	+152,9	-31,4	+8,3	-41,3
2022 г.						
Собственно антоцианы	-34,6	-24,3	+7,9	+8,3	-28,9	+45,5
Лейкоантоцианы	+13,8	+55,7	+38,6	+46,9	-22,9	-
Сумма антоциановых пигментов	-24,9	-8,3	+17,4	+20,3	-27,0	+30,4
Катехины	+5,3	-	+3,8	-	-2,6	+26,9
Флавонолы	+8,9	-3,0	-5,7	-10,7	-5,2	+11,2
Сумма биофлавоноидов	-16,2	-6,8	+11,7	+12,5	-22,4	+27,3
Дубильные вещества	+51,9	+56,5	+94,6	+5,9	+28,3	+23,6

Примечание: прочерк означает отсутствие статистически значимых по *t*-критерию Стьюдента различий с соответствующими стандартными сортами при $p < 0,05$.

Исключением в этом плане явились лишь лейкоформы антоциановых пигментов, для которых в условиях сезона 2022 г. в отличие от предыдущего была показана на 39–56 % более выраженная, чем у районированных сортов, активизация накопления у обоих среднеспелых сортов и раннеспелого Hannah,s Choice на фоне значительного отставания позднеспелого сорта Aurora от сорта Elliott по данному признаку. При этом межсезонные различия темпов биосинтеза лейкоантоцианов в плодах тестируемых таксонов голубики не повлияли на направленность расхождений с эталонными объектами по общему содержанию в них антоциановых пигментов, однако заметно отразились на степени их проявления. Так, у обоих среднеспелых сортов усиление биосинтеза лейкоантоцианов во второй год наблюдений обусловило не только превышение на 17–20 % суммарного количества антоциано-

вых пигментов относительно сорта Bluecrop, но и на 12 % более значительный, чем у него, общий выход полифенолов.

В отличие от среднеспелых у тестируемых позднеспелых сортов голубики неблагоприятные по гидротермическому режиму погодные условия вегетационного периода 2022 г. способствовали обеднению плодов биофлавоноидами по сравнению с предыдущим сезоном, что подтверждалось усилением их отставания от сорта Elliott по данному признаку. Аналогичная картина наблюдалась и у раннеспелого сорта Chanticleer, плоды которого на 16 % уступали таковым сорта Weymouth по общему количеству Р-витаминов. Но, как и годом ранее, в ряду тестируемых таксонов голубики лидирующее положение по содержанию последних занимал позднеспелый сорт Rubel.

На основании результатов биохимического скрининга в пределах соответствующих групп спелости сортов *V. corymbosum* были выявлены объекты с наибольшим и соответственно наименьшим содержанием в плодах фенольных соединений (табл. 6). Оказалось, что в условиях сезона 2021 г. среди раннеспелых районированный сорт Weymouth характеризовался наибольшим содержанием дубильных веществ и биофлавоноидов, в том числе собственно антоцианов и катехинов, тогда как Chanticleer – лейкоантоцианов и флавонолов. Среди среднеспелых районированный сорт Bluecrop занимал лидирующие позиции в накоплении в плодах лейкоантоцианов, сорт Bluegold – катехинов и дубильных веществ, а сорт Harrison – в общем количестве биофлавоноидов, в том числе собственно антоцианов и флавонолов. Среди таксонов голубики с поздними сроками созревания плодов сорт Aurora был отмечен наибольшим содержанием дубильных веществ, сорт Rubel – всех компонентов биофлавоноидного комплекса, что косвенно свидетельствовало о чрезвычайно высоком уровне их антиоксидантной активности.

Таблица 6. Интродуцированные сорта *Vaccinium corymbosum* с наибольшими (*max*) и наименьшими (*min*) в пределах групп спелости характеристиками биохимического состава плодов в годы исследований

Показатель	Раннеспелые сорта			Среднеспелые сорта			Позднеспелые сорта		
	Weymouth (st)	Chanticleer	Hannah,s Choice	Bluecrop (st)	Bluegold	Harrison	Elliott (st)	Aurora	Rubel
2021 г.									
Собственно антоцианы	<i>max</i>	<i>min</i>		<i>min</i>		<i>max</i>		<i>min</i>	<i>max</i>
Лейкоантоцианы		<i>max</i>	<i>min</i>	<i>max</i>		<i>min</i>	<i>min</i>		<i>max</i>
Сумма антоциановых пигментов	<i>max</i>		<i>min</i>		<i>min</i>	<i>max</i>		<i>min</i>	<i>max</i>
Катехины	<i>max</i>		<i>min</i>	<i>min</i>	<i>max</i>	<i>min</i>		<i>min</i>	<i>max</i>
Флавонолы		<i>max</i>	<i>min</i>		<i>min</i>	<i>max</i>		<i>min</i>	<i>max</i>
Сумма биофлавоноидов	<i>max</i>		<i>min</i>		<i>min</i>	<i>max</i>		<i>min</i>	<i>max</i>
Дубильные вещества	<i>max</i>		<i>min</i>		<i>max</i>	<i>min</i>		<i>max</i>	<i>min</i>
2022 г.									
Собственно антоцианы	<i>max</i>	<i>min</i>		<i>min</i>	<i>max</i>	<i>max</i>		<i>min</i>	<i>max</i>
Лейкоантоцианы	<i>min</i>		<i>max</i>	<i>min</i>		<i>max</i>	<i>max</i>	<i>min</i>	<i>max</i>
Сумма антоциановых пигментов	<i>max</i>	<i>min</i>		<i>min</i>		<i>max</i>		<i>min</i>	<i>max</i>
Катехины	<i>min</i>	<i>max</i>	<i>min</i>	<i>min</i>	<i>max</i>	<i>min</i>		<i>min</i>	<i>max</i>
Флавонолы		<i>max</i>	<i>min</i>	<i>max</i>		<i>min</i>		<i>min</i>	<i>max</i>
Сумма биофлавоноидов	<i>max</i>	<i>min</i>	<i>min</i>	<i>min</i>	<i>max</i>	<i>max</i>		<i>min</i>	<i>max</i>
Дубильные вещества	<i>min</i>	<i>max</i>	<i>max</i>	<i>min</i>	<i>max</i>		<i>min</i>	<i>max</i>	

Наряду с этим в соответствующих сортовых рядах голубики выявлены таксоны с минимальными значениями исследуемых биохимических характеристик. Так, в группе ранних сортов для сорта Chanticleer установлено наименьшее содержание в плодах собственно антоцианов, а для сорта Hannah,s Choice – дубильных веществ и биофлавоноидов, в том числе лейкоантоцианов, флавонолов и катехинов. Среди среднеспелых районированный сорт Bluecrop характеризовался минимальным накоплением собственно антоцианов и катехинов, сорт Bluegold – антоциановых пигментов и флавонолов, а сорт Harrison был отмечен самым низким в этой группе содержанием дубильных веществ, лейкоантоцианов и сопоставимым с установленным у стандартного сорта Bluecrop минимальным содержанием катехинов. Среди позднеспелых сортов районированный сорт Elliott в наибольшей степени отставал от сравниваемых с ним сортов лишь в содержании в плодах лейкоантоцианов, сорт Aurora был отмечен наиболее выраженным отставанием от них в общем накоплении биофлавоноидов, в том числе собственно антоцианов, катехинов и флавонолов, а сорт Rubel отличался минимальным содержанием дубильных веществ.

Как видим, в условиях сезона 2021 г. среди новых тестируемых сортов голубики высокорослой наибольшим богатством биофлавоноидного комплекса плодов с его выраженным Р-витаминным

действием выделялись сорта Harrison и особенно Rubel, а наименее обеспеченными ими были признаны сорта Hannah,s Choice, Bluegold и Aurora.

На фоне менее благоприятных погодных условий сезона 2022 г. среди раннеспелых сортов голубики высокорослой районированный сорт Weymouth, как и годом ранее, характеризовался наибольшим накоплением в плодах Р-витаминов преимущественно за счет наиболее активного биосинтеза антоциановых пигментов, но минимальным содержанием дубильных веществ, лейкоантоцианов и близких им по химической природе катехинов (см. табл. 6). Заметим, что тестируемый раннеспелый сорт Chanticleer подтвердил выявленное годом ранее лидирующее положение лишь в содержании флавонолов при наиболее выраженном отставании в накоплении собственно антоцианов. При этом на фоне наиболее высокой активности в накоплении катехинов и дубильных веществ данный сорт был отмечен минимальным содержанием в плодах антоциановых пигментов и биофлавоноидов в целом. Среди раннеспелых сорт Hannah,s Choice характеризовался, как и в предыдущем сезоне, наименьшим содержанием катехинов, флавонолов и биофлавоноидов в целом, но при этом наиболее активным накоплением лейкоантоцианов и дубильных веществ (см. табл. 6).

Среднеспелый районированный сорт Bluescor подтвердил установленное годом ранее наиболее выраженное отставание от тестируемых объектов в накоплении собственно антоцианов и катехинов. При этом во втором сезоне у него выявлено максимальное содержание в плодах флавонолов при минимальном накоплении дубильных веществ, лейкоантоцианов и биофлавоноидов. Для сорта Bluegold в оба года наблюдений отмечено наиболее высокое содержание в плодах катехинов и дубильных веществ, а во втором сезоне – также собственно антоцианов и биофлавоноидов в целом. Для сорта Harrison также было показано значительное совпадение в оба сезона темпов биосинтеза ряда соединений, что подтверждалось максимальным содержанием в плодах собственно антоцианов и биофлавоноидов, сопоставимым с таковым у предыдущего объекта, и минимальным катехинов, сопровождавшимся в условиях сезона 2022 г. наиболее активным накоплением лейкоантоцианов и наименее активным флавонолов (см. табл. 6).

В группе позднеспелых во втором сезоне эталонный сорт Elliott характеризовался наименьшим содержанием в плодах дубильных веществ, сочетавшимся с максимальным количеством лейкоантоцианов. В то же время для двух других сортов из этой группы было отмечено наибольшее число совпадений в оба сезона темпов биосинтеза фенольных соединений, что косвенно свидетельствовало о менее выраженной их зависимости от погодных условий вегетационного периода по сравнению с раннеспелыми и среднеспелыми сортами. Так, сорт Augusto, как и в предыдущем сезоне, отличался самым высоким содержанием в плодах дубильных веществ при минимальных параметрах накопления всех компонентов биофлавоноидного комплекса. В отличие от данного таксона сорт Rubel в оба года исследований занимал лидирующие позиции в накоплении последних, что косвенно подтверждало чрезвычайно высокий уровень антиоксидантной активности его плодов (см. табл. 6).

Нетрудно убедиться, что в условиях сезона 2022 г. среди новых тестируемых сортов голубики высокорослой разных сроков созревания наряду с сортами Harrison и Rubel, подтвердившими выявленное годом ранее наиболее высокое содержание в плодах биофлавоноидов с их чрезвычайно выраженным Р-витаминным антиоксидантным действием, столь же значительным, как и у сорта Harrison, их накоплением был отмечен также сорт Bluegold. При этом, как и в предыдущем сезоне, наименее обеспеченными данными соединениями в соответствующих сортовых рядах голубики следовало признать сорта Hannah,s Choice, Aurora и Chanticleer.

Как видим, погодные условия вегетационного периода оказывали весьма значительное влияние на накопление фенольных соединений в плодах голубики высокорослой, о степени которого можно судить по данным табл. 7. При этом значительные перепады пониженных температур воздуха на протяжении сезона 2022 г. на фоне острого дефицита влаги в июне и августе обусловили не только запаздывание сроков созревания плодов относительно предыдущего сезона, но и оказали весьма существенное, причем неоднозначное влияние на темпы биосинтеза данных соединений. У сортов разных групп спелости обозначились весьма выразительные различия в изменении содержания биофлавоноидов по сравнению с предыдущим сезоном. Как следует из табл. 7, только для раннеспелых сортов было показано усиление накопления в плодах лейкоантоцианов на 88–1312 % (наиболее существенное – у сорта Hannah,s Choice), сопровождавшееся незначительным снижением у обоих тестируемых объектов из этой группы (в пределах 6–13 %) содержания в них собственно антоцианов. Лишь у стандартного сорта Weymouth отмечено весьма слабое, не превышавшее 6–7 %, обогащение плодов данными соединениями. На наш взгляд, столь выраженная активизация во втором сезоне биосинтеза лейкоформ антоциановых пигментов, скорее всего, обусловлена их физиологической ролью в создании механизмов защиты растительного организма от неблагоприятных факторов среды [1]. В нашем случае пониженный и весьма неравномерный температурный фон в период формирова-

ния плодов раннеспелых сортов голубики способствовал заметному обогащению их антоцианового комплекса лейкоантоцианами. В свою очередь, сдерживание процесса их превращения в собственно антоцианы указывало на запаздывание окрашивания плодов из-за смещения в этот год наблюдений сроков их созревания на более поздний период.

Заметим, что в проводимых в эти же годы аналогичных исследованиях с интродуцированными сортами жимолости синей, несмотря на более ранние, чем у большинства сортов голубики, сроки плодоношения, на фоне погодных условий сезона 2022 г. у ряда таксонов данного вида со сходными с раннеспелыми сортами голубики сроками созревания плодов также наблюдалось увеличение выхода антоциановых пигментов по сравнению с предыдущим сезоном, но в отличие от них это происходило в основном за счет фракции собственно антоцианов (табл. 8). У обоих видов растений это сопровождалось значительным обеднением плодов сухими и пектиновыми веществами, а также растворимыми сахарами (у жимолости) и гидроксикоричными кислотами (у голубики), расходуемыми на построение молекул соединений их антоцианового комплекса.

Т а б л и ц а 7. Межсезонные (2022/2021 гг.) различия количественных показателей биохимического состава плодов интродуцированных сортов *Vaccinium corymbosum* (в сухом веществе), %

Показатели	Раннеспелые сорта			Среднеспелые сорта			Позднеспелые сорта		
	Weymouth (st)	Chanticleer	Hannah,s Choice	Bluecrop (st)	Bluegold	Harrison	Elliott (st)	Aurora	Rubel
Сухие вещества	-25,4	-	-8,9	-16,0	-21,4	-35,4	-	-	-10,1
Свободно органические кислоты	+252,0	+137,9	+51,8	+17,5	+27,6	+188,5	-44,8	-47,3	+116,2
Аскорбиновая кислота	+32,2	-20,9	+16,4	-	+34,1	+43,4	+8,6	+12,3	+18,0
Гидроксикоричные кислоты	-15,3	-27,3	-25,5	-13,6	-	-17,4	-14,1	-	+6,7
Растворимые сахара	-	-11,9	-18,2	-	+9,3	-	-	+8,6	-
Сахарокислотный индекс	-73,0	-63,4	-45,9	-12,9	+13,0	-66,0	+87,8	+106,9	-52,6
Пектиновые вещества	-8,0	-9,5	-4,7	-7,1	-	-6,0	-4,6	-	-10,4
Суммарный эффект	+162,5	+4,9	-35,0	-32,1	+62,6	+107,1	+32,9	+80,5	+67,8
Собственно антоцианы	+6,3	-12,5	-6,1	-7,6	-	-19,7	-	-5,8	-
Лейкоантоцианы	+119,7	+87,8	+1 312,3	-50,7	-17,9	-11,0	-22,2	-44,0	-44,2
Сумма антоциановых пигментов	+18,6	-	+37,6	-27,3	-9,3	-16,6	-10,4	-23,5	-16,2
Катехины	-	-	-	-	-7,3	-	-13,6	-8,2	-14,1
Флавонолы	-	-	-	-	+6,3	-19,8	-9,9	-10,6	-15,4
Сумма биофлавоноидов	+13,8	-	+23,4	-22,1	-6,8	-16,4	-10,5	-20,4	-15,9
Дубильные вещества	-48,8	-	+14,2	+52,9	+17,6	+136,1	-15,9	-	+77,0
Суммарный эффект	+109,6	+75,3	+1381,4	-54,8	-17,4	+52,6	-82,5	-112,5	-28,8

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

Т а б л и ц а 8. Межсезонные (2022/2021 гг.) различия количественных показателей биохимического состава плодов интродуцированных сортов *Lonicera edulis*, %

Показатель	Сорт					
	Ленинградский великан	Aurora	Zojka	Wojtek	Indigo gem	Honey bee
Сухие вещества	-30,6	-25,0	-22,1	-27,7	-30,0	-7,5
Свободные органические кислоты	+125,0	+59,5	+33,0	+92,6	+49,2	-
Аскорбиновая кислота	+36,1	+18,0	-	+17,0	+33,5	-
Гидроксикоричные кислоты	-	-	-	-	-	-
Растворимые сахара	-14,3	-20,8	-12,6	-9,7	-6,9	+6,6
Сахарокислотный индекс	-61,8	-51,4	-34,8	-52,0	-37,5	+11,1
Пектиновые вещества	-15,8	-13,4	-	-	-20,4	-10,9
Суммарный эффект	+38,6	-33,1	-36,5	+20,2	-12,1	-0,7
Собственно антоцианы	-	+29,6	+10,9	+8,4	-28,8	+50,0
Лейкоантоцианы	+9,6	-22,2	-16,3	-14,0	-38,2	+37,4
Сумма антоциановых пигментов	-	+5,6	-	-	-31,8	+45,5
Катехины	-	-5,9	+9,3	-14,3	-	-11,2

Показатель	Сорт					
	Ленинградский великан	Aurora	Zojka	Wojtek	Indigo gem	Honey bee
Флавонолы	–	–	–	–	–	–
Сумма биофлавоноидов	–	–	–	–	–22,3	+30,3
Дубильные вещества	+39,5	+13,4	+13,4	+14,3	+43,4	+13,1
Суммарный эффект	+49,1	+20,5	+17,3	–5,6	–77,7	+165,1

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

Несмотря на существенную активизацию биосинтеза лейкоантоцианов в плодах голубики относительно предыдущего сезона, из-за доминирующего положения в составе данного комплекса собственно антоцианов достоверное увеличение общего выхода антоциановых пигментов на 19 и 38 % обнаружено только у сортов Weymouth и Hannah,s Choice. В свою очередь, это способствовало увеличению у этих таксонов общего выхода биофлавоноидов даже при отсутствии межсезонных различий в содержании катехинов и флавонолов, что косвенно свидетельствовало о повышении уровня Р-витаминной активности их ягодной продукции (см. табл. 7). Заметим, что и в плодах упомянутой выше жимолости синей влияние погодных условий на накопление катехинов и флавонолов оказалось также малозначительным и существенного влияния на общий выход биофлавоноидов не оказало (см. табл. 8).

В отличие от данной группы сортов голубики для таксонов с более поздними сроками созревания плодов во второй год наблюдений показано заметное ослабление биосинтеза в них всех компонентов биофлавоноидного комплекса, что привело к сопоставимому по относительным размерам снижению на 7–22 и 11–20 % соответственно общего количества этих соединений, наиболее значительному у среднеспелого сорта Bluecgor и позднеспелого Aurora и обусловленному преимущественным ингибированием биосинтеза в них антоциановых пигментов. Как видим, если у раннеспелых сортов, созревание плодов которых приходилось на период со значительными перепадами температуры воздуха, способствовавшими активизации биосинтеза в них защитных антоциановых пигментов, то у средне- и позднеспелых сортов в трансформации биофлавоноидного комплекса доминировали уже негативные тенденции.

Что касается дубильных веществ, то влияние гидротермического режима сезона на их накопление в плодах исследуемых сортов голубики оказалось также весьма выразительным, хотя и неоднозначным. На фоне погодных условий сезона 2022 г. в таксономических рядах с ранними и поздними сроками созревания плодов для стандартных районированных сортов было установлено снижение их содержания относительно предыдущего сезона, тогда как у тестируемых объектов в обоих случаях выявлено либо его увеличение, либо отсутствие межсезонных различий по данному признаку (см. табл. 7). Лишь у всех среднеспелых сортов голубики обнаружено усиление накопления дубильных веществ на 18–136 % по сравнению с предыдущим сезоном, наиболее значительное у сорта Harrison.

При столь разноплановой картине трансформации фенольного комплекса плодов голубики в зависимости от гидротермического режима сезона для интегральной оценки степени влияния на него данного фактора, как и у жимолости съедобной, был определен суммарный эффект. При этом для каждого таксона было осуществлено суммирование относительных размеров межсезонных различий исследуемых показателей с учетом их знака (см. табл. 7). Как и следовало ожидать, только у раннеспелых сортов значения данного показателя имели положительную направленность, варьируясь от 75 % у сорта Chanticleer до 1 381 % у сорта Hannah,s Choice, что свидетельствовало о преобладании позитивного влияния гидротермического режима второго сезона на совокупность характеристик фенольного комплекса плодов. Вместе с тем для большинства сортов с более поздними сроками их созревания влияние данного фактора на результирующий показатель оказалось весьма неблагоприятным, поскольку значения суммарного эффекта, варьировавшиеся в диапазоне 17–113 %, имели отрицательную направленность, что свидетельствовало об определенном обеднении фенольного комплекса их плодов. Лишь в единичном случае (для среднеспелого сорта Harrison) установлено увеличение данного показателя, обусловленное исключительно активизацией накопления в них дубильных веществ. Вместе с тем нельзя не признать, что наименее выраженными в таксономическом ряду межсезонными различиями совокупности исследуемых характеристик, несмотря на их отрицательную направленность, был отмечен среднеспелый сорт Bluegold, что указывало на наибольшую устойчивость у него фенольного комплекса плодов к воздействию погодных условий вегетационного периода.

Заключение. В результате сравнительного исследования в южной агроклиматической зоне Беларуси в контрастные по гидротермическому режиму сезоны 2021 и 2022 гг. параметров накопления дубильных веществ и основных групп биофлавоноидов – антоциановых пигментов, флавонолов и катехинов в плодах шести новых интродуцированных сортов голубики высокорослой разных сроков созревания – раннеспелых Chanticleer, Hannah's Choice, среднеспелых Bluegold, Harrison и позднеспелых Aurora, Rubel, а также соответствующих данным группам спелости районированных сортов Weymouth, Bluescop и Elliott, установлена отчетливо выраженная зависимость межсезонных различий в содержании указанных соединений от сроков созревания плодов.

В условиях сезона 2022 г. с неблагоприятным по гидротермическому режиму характером погодных условий вегетационного периода среди новых тестируемых сортов с разными сроками созревания наряду с сортами Harrison и Rubel, подтвердившими выявленное годом ранее наиболее высокое содержание в плодах биофлавоноидов, столь же значительным, как и у сорта Harrison, их накоплением, был отмечен также сорт Bluegold. Наименее обеспеченными данными соединениями в соответствующих сортовых рядах голубики, как и в предыдущем сезоне, признаны сорта Hannah's Choice и Aurora, наряду с которыми минимальным их содержанием в плодах характеризовался сорт Chanticleer.

Пониженный и весьма неравномерный температурный фон сезона 2022 г. при остром дефиците влаги в июне и августе способствовал активизации накопления в плодах антоциановых пигментов только у раннеспелых сортов голубики, что при отсутствии его влияния на содержание катехинов и флавонолов обеспечивало более высокий общий выход биофлавоноидов, тогда как у таксонов с более поздними сроками созревания плодов обнаружено заметное ослабление биосинтеза всех компонентов Р-витаминного комплекса, обусловившее снижение их общего количества на 7–22 % относительно предыдущего, более благоприятного по гидротермическому режиму сезона.

В условиях сезона 2022 г. у раннеспелых сортов голубики и одновременно изучавшихся растений жимолости синей выявлено отчетливое сходство в обогащении антоцианового комплекса плодов, обусловленное близостью сроков их созревания и связанное в первом случае с активизацией биосинтеза лейкоантоцианов, тогда как во втором – собственно антоцианов. В плодах раннеспелых и позднеспелых сортов голубики установлен идентичный характер неоднозначного проявления межсезонных различий в содержании дубильных веществ, обусловленный генотипом растений, на фоне усиления накопления данных соединений по сравнению с предыдущим сезоном у среднеспелых сортов, наиболее значительного у сорта Harrison.

В таксономическом ряду голубики высокорослой наименее выраженными межсезонными различиями в содержании в плодах комплекса фенольных соединений, указывавшими на наибольшую его устойчивость к воздействию погодных условий вегетационного периода, характеризовался среднеспелый сорт Bluegold.

Список использованных источников

1. Карабанов, И. А. Флавоноиды в мире растений. / И. А. Карабанов. – Минск: Ураджай, 1981. – 80 с.
2. Шмерко, Е. П. Лечение и профилактика растительными средствами / Е. П. Шмерко, И. Ф. Мазан. – Баку: Азербайджан, 1992. – 316 с.
3. Ballington, J. R. The deerberry [Vaccinium stamineum L.] Vaccinium section Polycodium (Raf.) Sleumer / J. R. Ballington: A potential new small fruit crop: [Pap] 7th N. Amer. Blueberry Res. Extens. Work. Conf., Beltsville, Md, July 5–8, 1994. Pt 1. // J. Small Fruit and Viticult. – 1995. – Vol. 3, № 2–3. – P. 21–28.
4. Haffner, K. Qualität – seigenschaften von Kulturheidelbeersorten Vaccinium corymbosum L. / K. Haffner, S. Vestrheim, K. Gronnerod // Erwerbs – Obstbau. – 1998. – Bd. 40, № 4. – S. 112–116.
5. Влияние погодных условий вегетационного периода на биохимический состав плодов шиповника и калины обыкновенной при интродукции в Беларусь / Ж. А. Рупасова [и др.] // Плодоводство. – 2013. – Т. 25, № 1. – С. 309–325.
6. Межсезонные различия биохимического состава плодов рябины обыкновенной (Sorbus aucuparia L.) при интродукции в Беларусь / Ж. А. Рупасова [и др.] // Плодоводство. – 2016. – Т. 28, № 1. – С. 227–236.
7. Сравнительная оценка влияния биотического и абиотических факторов на биохимический состав плодов интродуцированных в Беларусь видов сем. Ericaceae / Ж. А. Рупасова [и др.] // Докл. Нац. акад. наук Беларуси. – 2011. – Т. 55, № 1. – С. 81–85.
8. Формирование биохимического состава плодов видов семейства Ericaceae (Вересковые) при интродукции в условиях Беларуси / Ж. А. Рупасова [и др.]; под ред. акад. В. И. Парфенова. – Минск: Беларуская навука, 2011. – 307 с.
9. Влияние метеорологических факторов на изменчивость количественных характеристик биохимического состава плодов голубики при внесении удобрений на севере Беларуси / Ж. А. Рупасова [и др.] // Плодоводство. – 2019. – Т. 31, № 1. – С. 188–199.
10. Влияние метеорологических факторов на изменчивость биохимического состава плодов интродуцированных видов семейств Ericaceae и Actinidiaceae в условиях Беларуси / Ж. А. Рупасова [и др.] // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. біял. навук. – Т. 65, № 1. – С. 59–70.

11. Влияние абиотических факторов на антиоксидантную и ферментативную активность плодов голубики на выработанном торфянике низинного типа / Ж. А. Рупасова [и др.] // Вестн. Фонда фундам. исслед. – 2020. – № 4 (94). – С. 15–28.
12. Swain, T. The phenolic constituents of *Prunus Domenstica*. 1. The quantitative analysis of phenolic constituents / T. Swain, W. Hillis // J.Sci. Food Agric. – 1959. – Vol. 10, № 1. – P. 63–68.
13. Скорицова, Ю. Г. Методика определения антоцианов в плодах и ягодах / Ю. Г. Скорицова, Э. А. Шафтан // Труды 3-го Всесоюзного семинара по биологически активным (лечебным) веществам плодов и ягод. – Свердловск: [б. и.], 1968. – С. 451–461.
14. Методика определения антоцианов в плодах аронии черноплодной / В. Ю. Андреев [и др.] // Фармация. – 2013. – № 3. – С. 19–21.
15. Методы биохимического исследования растений / под ред. А. И. Ермакова. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л.: Агропромиздат. Ленингр. отд-ние, 1987. – 430 с.
16. Определение содержания дубильных веществ в лекарственном растительном сырье. Общие методы анализа // Государственная фармакопея Союза Советских Социалистических Республик. – М.: Медицина, 1987. – С. 286–287.
17. Голубика высокорослая. Оценка адаптационного потенциала при интродукции в условиях Беларуси / Ж. А. Рупасова [и др.]; под ред. В. И. Парфенова. – Минск: Беларуская наука, 2007 – 442 с.
18. Возделывание жимолости и голубики на рекультивируемых торфяниках низинного типа с использованием органических удобрений и микроэлементного стимулятора Наноплант / Ж. А. Рупасова [и др.]. – Минск: Беларуская наука, 2021. – 229 с.
19. Биохимический состав плодов интродуцированных сортов голубики высокорослой (*Vaccinium corymbosum* L.) в условиях южной агроклиматической зоны Беларуси / Ж. А. Рупасова [и др.] // Ботаника: сб. науч. тр. / Ин-т эксперим. ботаники НАН Беларуси. – Минск: Колорград, 2022. – Вып 51. – С. 202–211.

Поступила 17.03.2023