

УДК 634.737:581.5:581.522.4(476)

## НАКОПЛЕНИЕ ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В ПЛОДАХ НОВЫХ ИНТРОДУЦИРОВАННЫХ СОРТОВ ЖИМОЛОСТИ СЪЕДОБНОЙ (*LONICERA EDULIS* TURCZ. EX FREYN) В УСЛОВИЯХ БЕЛАРУСИ

Ж. А. РУПАСОВА<sup>1)</sup>, К. А. ДОБРЯНСКАЯ<sup>1)</sup>, Д. О. СУЛИМ<sup>1)</sup>, В. С. ЗАДАЛЯ<sup>1)</sup>, Н. Б. ПАВЛОВСКИЙ<sup>1)</sup>,  
А. Г. ПАВЛОВСКАЯ<sup>1)</sup>, В. Г. ШАТРАВКО<sup>1)</sup>, П. Н. БЕЛЫЙ<sup>1)</sup>, Л. В. ГОНЧАРОВА<sup>1)</sup>, Т. В. ШПИТАЛЬНАЯ<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Центральный ботанический сад, Национальная академия наук Беларуси,  
ул. Сурганова, 2в, 220012, г. Минск, Беларусь

Приведены результаты сравнительного анализа в южной агроклиматической зоне Беларуси в контрастные по гидротермическому режиму сезоны 2021 и 2022 годов параметров накопления основных групп биофлавоноидов и дубильных веществ в плодах 5 новых интродуцированных сортов жимолости съедобной – *Aurora*, *Honeybee*, *Indigo Gem*, *Wojtek*, *Zojka* и районированного сорта *Ленинградский великан*, выбранного в качестве эталона сравнения. Установлено, что пониженный и весьма неравномерный температурный фон второго сезона в период формирования плодов способствовал их преимущественному обогащению по сравнению с предыдущим, более теплым сезоном, на 8–50 % собственно антоцианами и на 13–43 % дубильными веществами, наиболее значительному в первом случае у сорта *Honey bee*, во втором – у сортов *Ленинградский великан* и *Indigo gem*, на фоне преимущественного обеднения на 14–38 % лейкоантоцианами и в меньшей степени (на 6–14 %) катехинами при отсутствии значимых межсезонных различий в накоплении флавонолов и в большинстве случаев в общем выходе Р-витаминов. У большинства таксонов жимолости, особенно у сорта *Honey bee*, установлено позитивное влияние неблагоприятного температурного фона

### Образец цитирования:

Рупасова ЖА, Добрянская КА, Сулим ДО, Задаля ВС, Павловский НБ, Павловская АГ, Шатравко ВГ, Белый ПН, Гончарова ЛВ, Шпитальная ТВ. Накопление фенольных соединений в плодах новых интродуцированных сортов жимолости съедобной (*Lonicera edulis* Turcz. ex Freyn) в условиях Беларуси. *Журнал Белорусского государственного университета. Экология*. 2023;1:81–89.  
<https://doi.org/10.46646/2521-683X/2023-1-81-89>

### For citation:

Rupasova ZhA, Dobryanskaya KA, Sulim DO, Zadalia VS, Pavlovsky NB, Pavlovskaya AG, Shatravko VG, Bely PN, Goncharova LV, Shpitalnaya TV. Accumulation of phenolic compounds in the fruit of new introduced varieties of (*Lonicera edulis* Turcz. ex Freyn) in the conditions of Belarus. *Journal of the Belarusian State University. Ecology*. 2023;1:81–89. Russian.  
<https://doi.org/10.46646/2521-683X/2023-1-81-89>

### Авторы:

**Жанна Александровна Рупасова** – доктор биологических наук, профессор; член-корреспондент Национальной академии наук Беларуси; заведующий лабораторией химии растений.

**Ксения Андреевна Добрянская** – младший научный сотрудник лаборатории химии растений.

**Дарья Олеговна Сулим** – младший научный сотрудник лаборатории химии растений.

**Виктория Сергеевна Задаля** – научный сотрудник лаборатории химии растений.

**Николай Болеславович Павловский** – кандидат биологических наук; заведующий лабораторией интродукции и технологии ягодных растений.

**Алла Генриховна Павловская** – научный сотрудник лаборатории интродукции и технологии ягодных растений.

**Валентин Геннадьевич Шатравко** – кандидат сельскохозяйственных наук; директор.

**Павел Николаевич Белый** – кандидат биологических наук; ученый секретарь.

**Людмила Владимировна Гончарова** – кандидат биологических наук, доцент; заместитель директора по научной и инновационной работе.

**Тамара Васильевна Шпитальная** – заведующий лабораторией интродукции древесных растений.

### Authors:

**Zhanna A. Rupasova**, doctor of science (biology), full professor; corresponding member of the National Academy of Sciences of Belarus; head of the laboratory of plant chemistry.

[j.rupasova@cbg.org.by](mailto:j.rupasova@cbg.org.by)

**Ksenia A. Dobryanskaya**, junior researcher at the laboratory of plant chemistry.

[k.dobryanskaya01@gmail.com](mailto:k.dobryanskaya01@gmail.com)

**Daria O. Sulim**, junior researcher at the laboratory of plant chemistry.

[sulimdaria@gmail.com](mailto:sulimdaria@gmail.com)

**Viktoriya S. Zadalia**, researcher of the laboratory of plant chemistry.

[zada@mail.ru](mailto:zada@mail.ru)

**Nikolai B. Pavlovsky**, PhD (biology); head of the laboratory of introduction and technology of berry plants.

[pavlovskiy@tut.by](mailto:pavlovskiy@tut.by)

**Alla G. Pavlovskaya**, researcher at the laboratory of berry plant introduction and technology.

[pavlovskiy@tut.by](mailto:pavlovskiy@tut.by)

**Valentin G. Shatravko**, PhD (agriculture); director.

[office@cbg.org.by](mailto:office@cbg.org.by)

**Pavel N. Belyi**, PhD (biology); scientific secretary.

[belyi@cbg.org.by](mailto:belyi@cbg.org.by)

**Lyudmila N. Goncharova**, PhD (biology), docent; deputy director for research and innovation.

[L.Goncharova@cbg.org.by](mailto:L.Goncharova@cbg.org.by)

**Tamara V. Shpitalnaya**, head of the laboratory of woody plant introduction.

[T.Shpitalnaya@cbg.org.by](mailto:T.Shpitalnaya@cbg.org.by)

на совокупность характеристик фенольного комплекса плодов и негативное у сорта Indigo gem при наиболее выраженной его устойчивости к воздействию данного фактора у сорта *Wojtek*.

**Ключевые слова:** погодные условия; жимолость съедобная; сорта; плоды; дубильные вещества; биофлавоноиды; антоциановые пигменты; катехины; флавонолы.

## ACCUMULATION OF PHENOLIC COMPOUNDS IN THE FRUIT OF NEW INTRODUCED VARIETIES OF (*LONICERA EDULIS* TURCZ. EX FREYN) IN THE CONDITIONS OF BELARUS

Zh. A. RUPASOVA<sup>a</sup>, K. A. DOBRYANSKAYA<sup>a</sup>, D. O. SULIM<sup>a</sup>, V. S. ZADALIA<sup>a</sup>, N. B. PAVLOVSKY<sup>a</sup>,  
A. G. PAVLOVSKAYA<sup>a</sup>, V. G. SHATRAVKA<sup>a</sup>, P. N. BELY<sup>a</sup>, L. V. GONCHAROVA<sup>a</sup>, T. V. SHPITALNAYA<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Central Botanical Garden, National Academy of Sciences of Belarus,  
2v Surhanava Street, Minsk 220012, Belarus  
Corresponding author: Zh. A. Rupasova (j.rupasova@cbg.org.by)

The results of a comparative study in the southern agroclimatic 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 5 new introduced varieties of edible honeysuckle – *Aurora*, *Honeybee*, *Indigo Gem*, *Wojtek*, *Zojka* and the zoned variety *Leningradsky giant*, chosen as a comparison standard. It was established that the reduced and very uneven temperature background of the second season during the period of fruit formation contributed to their preferential enrichment in comparison with the previous, warmer season by 8–50 % in anthocyanins proper and by 13–43 % in tannins, the most significant in the first case in varieties *Honey bee*, in the second – in varieties *Leningradsky giant* and *Indigo gem*, against the background of a predominant depletion of 14–38 % in leucoanthocyanins and to a lesser extent (by 6–14 %) in catechins in the absence of significant interseasonal differences in the accumulation of flavonols and in most cases in overall output of P-vitamins. In most honeysuckle taxa, especially in the *Honey bee* variety, a positive effect of an unfavorable temperature background on the totality of the characteristics of the phenolic complex of fruits and a negative one in the *Indigo gem* variety were found, with the most pronounced resistance to this factor in the *Wojtek* variety.

**Keywords:** weather conditions; edible honeysuckle; varieties; fruits; tannins; bioflavonoids; antocian pigments; catechins; flavonols.

### Введение

Важнейшим аспектом интродукционных исследований, связанных с сортоизучением малораспространенных культур плодового сада, 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 значительной мере определяющей их органолептические свойства. Рассмотрение данного аспекта ответной реакции новых, ранее не изучавшихся интродуцированных сортов *Lonicera edulis* на комплексное воздействие метеорологических факторов представляется нам весьма актуальным, поскольку крайне неустойчивый характер погодных условий в период вегетации растений и созревания их плодов, свойственный Белорусскому региону, как правило, существенно влияет на темпы накопления тех или иных соединений, оказывая тем самым корректирующее действие на питательную и витаминную ценность ягодной продукции [1; 2]. Изучение же данного вопроса позволит выявить сорта жимолости съедобной, наиболее перспективные для выращивания не только по вкусовым свойствам плодов, обусловленным особенностями их биохимического состава, но и по степени устойчивости его отдельных компонентов к комплексному воздействию метеорологических факторов в районе интродукции.

Цель исследования: определить степень зависимости от погодных условий вегетационного периода содержания дубильных веществ и основных групп биофлавоноидов, обладающих высоким уровнем биологической активности и широким спектром действия на человеческий организм [3], в плодах новых интродуцированных сортов *Lonicera edulis*.

### Материалы и методы исследований

Исследования выполнены в 2021–2022 гг. в опытных посадках жимолости съедобной на экспериментальном участке отраслевой лаборатории интродукции и технологии нетрадиционных ягодных растений

Центрального ботанического сада НАН Беларуси (Ганцевичский р-н Брестской обл.), находящимся на территории южной агроклиматической зоны Беларуси в районе распространения легких песчаных дерново-подзолистых почв и осушенных верховых торфяников.

Объектами биохимических исследований являлись достигшие стадии съёмной зрелости плоды 5 новых интродуцированных сортов *Lonicera edulis* – *Aurora*, *Honeybee*, *Indigo Gem*, *Wojtek*, *Zojka* и привлеченного в качестве эталона сравнения стандартного районированного сорта *Ленинградский великан*.

В высушенных при температуре 60 °С пробах растительного материала определяли суммарное содержание антоциановых пигментов по методу T. Swain, W. E. Hillis [4], с построением градуировочной кривой по кристаллическому цианидину, полученному из плодов аронии черноплодной и очищенному по методике Ю. Г. Скориковой и Э. А. Шафтан [5]; собственно антоцианов и суммы катехинов (с использованием ванилинового реактива) – фотоэлектроколориметрическим методом [6; 7]; суммы флавонолов (в пересчете на рутин) – спектрофотометрическим методом [7]; дубильных веществ (танинов) – титриметрическим методом Левенталя [8]. Все аналитические определения выполнены в двукратной биологической и трехкратной аналитической повторности. Данные статистически обработаны с использованием программы *Excel*.

### Результаты исследования и их обсуждение

Сравнительный анализ погодных условий в годы исследований показал их выраженную контрастность, что наглядно иллюстрирует табл. 1. Так, в первый год наблюдений среднемесячная температура воздуха в апреле и мае на 12 и 8 % уступала средним многолетним значениям за период 1981–2010 гг., тогда как в июне и июле установилась сухая и жаркая погода с превышением на 21–22 % средней многолетней нормы, а в августе и сентябре средние температурные показатели практически соответствовали норме. При этом в мае, в начале формирования плодов жимолости, на фоне заметного похолодания, количество выпавших осадков более чем вдвое превысило среднюю 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 предыдущий год наблюдений, при чрезмерном избытке атмосферных осадков, в 2,4 раза превосходившем многолетнюю норму в апреле и сменившем его дефиците влаги в мае и июне.

Таблица 1

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

Table 1

Average monthly characteristics of the hydrothermal regime of the growing season in the study area during the years of observation (according to Belhydromet data)

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

Лишь в июле их количество приблизилось к средним многолетним значениям. При этом довольно низкие температурные показатели на протяжении весенних и первого летнего месяцев характеризовались заметными колебаниями, тогда как в августе оказались выше обычных при остром дефиците влаги, в то время как сентябрь 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 соединений фенольной природы, в том числе биофлавоноидов.

По нашим данным (табл. 2, 3), общее количество последних в сухой массе плодов исследуемых таксонов жимолости в условиях сезонов 2021 и 2022 годов варьировалось в сортовом ряду в весьма близких диапазонах значений – 9455–13058 и 10081–12989 мг/100 г соответственно. Доминирующее положение в их биофлавоноидном комплексе принадлежало антоциановым пигментам, суммарное содержание которых в эти годы составляло 6344–9152 и 6240–9412 мг/100 г соответственно и на долю которых в нем приходилось 67–73 и 62–75 % общего количества Р-витаминов. При этом содержание собственно антоцианов, превышавшее таковое лейкоантоцианов в годы наблюдений в 1,1–2,2 и в 1,9–2,8 раза, изменялось в диапазонах 3720–6240 и 4440–6680 мг/100 г, лейкоантоцианов – 2264–4317 и 1800–4732 мг/100 г, флавонолов – 2035–3083 и 2095–3031 мг/100 г при колебании долевого участия последних в составе биофлавоноидного комплекса плодов в 2021 г. от 19 до 24 %, в 2022 г. – от 18 до 28 %. Наименьшей же относительной долей участия в нем, изменявшейся в таксономическом ряду в 2021 г. от 8 до 10 %, в 2022 г. – от 6 до 10 %, характеризовались катехины, содержание которых варьировалось в эти годы в диапазонах 849–1031 и 754–1118 мг/100 г соответственно при содержании дубильных веществ 2,10–3,06 и 2,62–3,47 %.

Таблица 2

Содержание фенольных соединений в сухой массе плодов интродуцированных сортов *Lonicera edulis* в условиях сезона 2021 г.

Table 2

The content of phenolic compounds in the dry weight of fruits of introduced varieties of *Lonicera edulis* in the conditions of the 2021 season

Сорт	Биофлавоноиды, мг/100 г							
	собственно антоцианы		лейкоантоцианы		сумма антоциановых пигментов		катехины	
	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	<i>t</i>	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	<i>t</i>	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	<i>t</i>	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	<i>t</i>
<i>Ленинградский великан</i>	4800,0 ± 92,4		4317,3 ± 156,3		9117,3 ± 69,3		1014,0 ± 14,0	
<i>Aurora</i>	3720,0 ± 46,2	-10,5*	3196,0 ± 106,2	-5,9*	6916,0 ± 60,0	-24,0*	1022,7 ± 48,3	0,2
<i>Zojka</i>	5480,0 ± 46,2	6,6*	3672,0 ± 54,5	-3,9*	9152,0 ± 60,0	0,4	1022,7 ± 48,3	0,2
<i>Wojtek</i>	6160,0 ± 46,2	13,2*	2784,0 ± 13,9	-9,8*	8944,0 ± 60,0	-1,9	1031,3 ± 52,7	0,3
<i>Indigo gem</i>	6240,0 ± 46,2	13,9*	2912,0 ± 54,5	-8,5*	9152,0 ± 60,0	0,4	996,7 ± 22,9	-0,6
<i>Honey bee</i>	4080,0 ± 46,2	-7,0*	2264,0 ± 13,0	-13,1*	6344,0 ± 60,0	-30,2*	849,3 ± 45,9	-3,4*
Сорт	Биофлавоноиды, мг/100 г						Дубильные вещества, %	
	флавонолы		флавонолы / катехины		сумма		$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	<i>t</i>
	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	<i>t</i>	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	<i>t</i>	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	<i>t</i>		
<i>Ленинградский великан</i>	2445,3 ± 14,8		2,4 ± 0,1		12576,7 ± 66,7		2,10 ± 0,01	
<i>Aurora</i>	2034,9 ± 38,1	-10,0*	2,0 ± 0,1	-5,4*	9973,5 ± 83,7	-24,3*	2,31 ± 0,01	12,9*
<i>Zojka</i>	2523,9 ± 6,9	4,8*	2,5 ± 0,1	0,6	12698,6 ± 87,7	1,1	3,06 ± 0,01	58,8*
<i>Wojtek</i>	3082,9 ± 38,1	15,6*	3,0 ± 0,1	4,2*	13058,2 ± 106,6	3,8*	2,73 ± 0,01	33,8*
<i>Indigo gem</i>	2820,9 ± 38,1	9,2*	2,8 ± 0,1	3,7*	12969,5 ± 69,0	4,1*	2,12 ± 0,01	0,8
<i>Honey bee</i>	2261,9 ± 23,1	-6,7*	2,7 ± 0,1	2,9*	9455,3 ± 83,4	-29,2*	2,91 ± 0,02	31,4*

Примечание. \*Статистически значимые по *t*-критерию Стьюдента различия со стандартным сортом при *p* < 0,05.

Содержание фенольных соединений в сухой массе плодов интродуцированных сортов *Lonicera edulis* в условиях сезона 2022 г.

Table 3

The content of phenolic compounds in the dry weight of fruits of introduced *Lonicera edulis* varieties under the conditions of the 2022 season

Сорт	Биофлавоноиды, мг/100 г							
	собственно антоцианы		лейкоантоцианы		сумма антоциановых пигментов		катехины	
	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	<i>t</i>	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	<i>t</i>	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	<i>t</i>	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	<i>t</i>
<i>Ленинградский великан</i>	4680,0 ± 41,6		4732,0 ± 12,9		9412,0 ± 35,9		988,0 ± 16,3	
<i>Aurora</i>	4820,0 ± 10,0	3,3*	2486,0 ± 265,1	-8,5*	7306,0 ± 260,0	-8,0*	962,0 ± 52,0	-0,5
<i>Zojka</i>	6080,0 ± 144,2	9,3*	3072,0 ± 155,6	-10,6*	9152,0 ± 28,9	-5,6*	1118,0 ± 16,3	5,6*
<i>Wojtek</i>	6680,0 ± 105,8	17,6*	2394,0 ± 50,3	-45,0*	9074,0 ± 55,6	-5,1*	884,0 ± 4,0	-6,2*
<i>Indigo gem</i>	4440,0 ± 46,2	-3,9*	1800,0 ± 163,2	-17,9*	6240,0 ± 135,1	-22,7*	1014,0 ± 1,2	1,6
<i>Honey bee</i>	6120,0 ± 192,9	7,3*	3110,0 ± 185,6	-8,7*	9230,0 ± 9,5	-4,9*	754,0 ± 26,0	-7,6*
Сорт	Биофлавоноиды, мг%						Дубильные вещества, %	
	флавонолы		флавонолы / катехины		сумма			
	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	<i>t</i>	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	<i>t</i>	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	<i>t</i>	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	<i>t</i>
<i>Ленинградский великан</i>	2350,2 ± 1,1		2,38 ± 0,04		12750,2 ± 52,2		2,93 ± 0,01	
<i>Aurora</i>	2094,7 ± 52,2	-4,9*	2,19 ± 0,11	-1,7	10362,7 ± 187,1	-12,3*	2,62 ± 0,02	-12,0*
<i>Zojka</i>	2452,7 ± 27,7	3,7*	2,20 ± 0,06	-2,7	12722,7 ± 40,4	-0,4	3,47 ± 0,01	33,1*
<i>Wojtek</i>	3031,4 ± 34,1	20,0*	3,43 ± 0,05	15,7*	12989,4 ± 84,4	2,4	3,12 ± 0,02	7,4*
<i>Indigo gem</i>	2827,0 ± 74,2	6,4*	2,79 ± 0,08	4,8*	10081,0 ± 208,4	-12,4*	3,04 ± 0,01	3,7*
<i>Honey bee</i>	2333,1 ± 34,1	-0,5	3,10 ± 0,10	7,0*	12317,1 ± 47,0	-6,2*	3,29 ± 0,03	12,5*

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

Нетрудно убедиться в наличии заметных колебаний как в таксономическом ряду исследуемых сортов жимолости съедобной, так и в двулетнем цикле наблюдений не только количественного содержания, но и соотношения основных групп биофлавоноидов, что однозначно свидетельствовало о выраженной зависимости данных показателей не только от генотипа растений, но и от гидротермического режима вегетационного периода. Вместе с тем, как следует из табл. 4, в первый год наблюдений все новые интродуцированные сорта жимолости съедобной превосходили стандартный сорт *Ленинградский великан* по содержанию в плодах дубильных веществ на 10–46 % при наибольших различиях у сорта *Zojka* и наименьших у сорта *Indigo gem*. Что касается биофлавоноидов, то для сортов *Wojtek* и *Indigo gem* было показано превышение на 3–4 % эталонного уровня накопления данных соединений при отсутствии значимых различий в этом плане у сорта *Zojka*. Наиболее выразительные, причем сходные по величине, различия с сортом *Ленинградский великан* в общем количестве Р-витаминов, свидетельствовавшие об отставании от него на 21–25 %, были выявлены лишь у двух сортов – *Aurora* и *Honey bee*. Данные различия в основном были обусловлены на 24–30 % менее активным накоплением антоциановых пигментов, занимающих лидирующее положение в составе биофлавоноидного комплекса плодов жимолости.

Наряду с этим у первого тестируемого таксона отмечено отставание на 17 % от эталонного сорта также в содержании флавонолов, тогда как у второго – на 8 и 16 % в таковом не только флавонолов, но и катехинов, что заметно усиливало отрицательное влияние меньшего, чем у сорта *Ленинградский великан*, содержания антоцианов, на общий выход полифенолов. Заметим, что обеднение плодов этих сортов жимолости, особенно *Honey bee*, антоциановыми пигментами в большей степени было связано с ингибированием биосинтеза лейкоантоцианов, нежели собственно антоцианов, тогда как для остальных тестируемых сортов была показана активизация накопления собственно антоцианов на 14–30 %, сопровождавшаяся идентичным по темпам ослаблением такового лейкоантоцианов, что в совокупности приводило к нивелированию различий с эталонным объектом по общему содержанию данных соединений. При этом у большинства

тестируемых сортов жимолости съедобной (кроме сорта *Honey bee*) также не было выявлено значимых различий с сортом *Ленинградский великан* по содержанию катехинов. Однако у трех сортов – *Zojka*, *Wojtek* и *Indigo gem* установлено на 3–26 % более активное, чем у него, накопление в плодах флавонолов – второй по значимости у данного вида группы Р-витаминов, наиболее существенное у сорта *Wojtek*, что и обусловило показанное выше, хотя и незначительное, но все же достоверное превышение эталонного уровня общего выхода полифенолов.

Таблица 4

**Относительные различия новых интродуцированных сортов *Lonicera edulis* со стандартным районированным сортом *Ленинградский великан* по характеристикам биохимического состава плодов в годы исследований, %**

Table 4

**Relative differences between the new introduced varieties of *Lonicera edulis* and the standard zoned variety *Leningradsky giant* according to the characteristics of the biochemical composition of fruits during the years of research, %**

Показатель	<i>Aurora</i>	<i>Zojka</i>	<i>Wojtek</i>	<i>Indigo gem</i>	<i>Honey bee</i>
<b>2021 г.</b>					
Собственно антоцианы	-22,5	<b>+14,2</b>	<b>+28,3</b>	<b>+30,0</b>	-15,0
Лейкоантоцианы	-26,0	-14,9	-35,5	-32,6	-47,6
Сумма антоциан. пигментов	-24,1	–	–	–	-30,4
Катехины	–	–	–	–	-16,2
Флавонолы	-16,8	<b>+3,2</b>	<b>+26,1</b>	<b>+15,4</b>	-7,5
Сумма биофлавоноидов	-20,7	-	<b>+3,8</b>	<b>+3,1</b>	-24,8
Дубильные вещества	<b>+10,0</b>	<b>+45,7</b>	<b>+30,0</b>	–	+38,6
<b>2022 г.</b>					
Собственно антоцианы	<b>+3,0</b>	<b>+29,9</b>	<b>+42,7</b>	-5,1	<b>+30,8</b>
Лейкоантоцианы	-47,5	-35,1	-49,4	-62,0	-34,3
Сумма антоциан. пигментов	-22,4	-2,8	-3,6	-33,7	-1,9
Катехины	–	<b>+13,2</b>	-10,5	–	-23,7
Флавонолы	-10,9	<b>+4,4</b>	<b>+29,0</b>	<b>+20,3</b>	–
Сумма биофлавоноидов	-18,7	–	–	-20,9	-3,4
Дубильные вещества	-10,6	<b>+18,4</b>	<b>+6,5</b>	<b>+3,8</b>	<b>+12,3</b>

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

Как следует из табл. 4, на фоне погодных условий вегетационного периода 2022 г., как и годом ранее, большинство тестируемых объектов превосходили сорт *Ленинградский великан* по содержанию в плодах дубильных веществ на 7–18 %, собственно антоцианов на 3–43 % и флавонолов на 4–29 %. При этом более контрастно, чем годом ранее, проявилось отставание тестируемых объектов от сорта *Ленинградский великан* по содержанию в плодах лейкоантоцианов на 35–62 %, наиболее значительное у сорта *Indigo gem*. Заметим, что, в отличие от предыдущего сезона, во второй год исследования у сорта *Zojka* наблюдалась активизация на 13 % накопления в плодах катехинов по сравнению с эталонным объектом и отставание от него сорта *Wojtek* по данному признаку на 11 % на фоне установленного годом ранее отсутствия различий с ним у сортов *Aurora* и *Indigo gem* и отставания от него в этом плане на 24 % у сорта *Honey bee*.

Наряду с этим нашли подтверждение выявленные в предыдущем сезоне различия тестируемых объектов с эталонным сортом по содержанию в плодах флавонолов, проявившиеся в более активном – на 4–29 %, особенно у сорта *Wojtek*, их накоплении и наименее активном – у сорта *Aurora*. Вместе с тем в направленности и степени различий сортов *Aurora*, *Zojka* и *Wojtek* с сортом *Ленинградский великан* в общем содержании биофлавоноидов установлено отчетливое сходство с предыдущим сезоном, тогда как показанное выше обеднение антоцианового комплекса плодов сорта *Indigo gem* обусловило его отставание от эталонного объекта по данному признаку на 21 %. Активизация же биосинтеза собственно антоцианов в плодах сорта *Honey bee* привела к заметному ослаблению подобного отставания с 25 до 3 % по сравнению с предыдущим сезоном (см. табл. 4).

Отметим, что погодные условия вегетационного периода оказывали значительное влияние на темпы биосинтеза фенольных соединений в плодах жимолости съедобной, о степени которого можно судить по данным табл. 5.

Межсезонные (2022–2021 гг.) различия показателей накопления фенольных соединений в плодах интродуцированных сортов *Lonicera edulis*, %

Table 5

Off-season (2022–2021) differences in the accumulation of phenolic compounds in fruits of introduced varieties *Lonicera edulis*, %

Показатель	<i>Ленинградский великан</i>	<i>Aurora</i>	<i>Zojka</i>	<i>Wojtek</i>	<i>Indigo gem</i>	<i>Honey bee</i>
Собственно антоцианы	–	<b>+29,6</b>	<b>+10,9</b>	<b>+8,4</b>	-28,8	<b>+50,0</b>
Лейкоантоцианы	<b>+9,6</b>	-22,2	-16,3	-14,0	-38,2	<b>+37,4</b>
Сумма антоцианового пигмента	–	<b>+5,6</b>	–	–	-31,8	<b>+45,5</b>
Катехины	–	-5,9	<b>+9,3</b>	-14,3	–	-11,2
Флавонолы	–	–	–	–	–	–
Сумма биофлавоноидов	–	–	–	–	-22,3	<b>+30,3</b>
Дубильные вещества	<b>+39,5</b>	<b>+13,4</b>	<b>+13,4</b>	<b>+14,3</b>	<b>+43,4</b>	<b>+13,1</b>
<b>Суммарный эффект</b>	<b>+49,1</b>	<b>+20,5</b>	<b>+17,3</b>	-5,6	-77,7	<b>+165,1</b>

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

Вместе с тем у большинства таксонов обнаружена явная общность тенденций в характере межсезонных различий параметров их накопления. Так, в 2022 г. пониженный и весьма неравномерный температурный фон в период формирования плодов жимолости способствовал их обогащению по сравнению с предыдущим сезоном на 8–50 % собственно антоцианами и на 13–43 % дубильными веществами, наиболее значительному в первом случае у сорта *Honey bee*, во втором – у сортов *Ленинградский великан* и *Indigo gem*, у которого наблюдалось обеднение плодов на 29 % не только собственно антоцианами, но и наиболее выраженное в таксономическом ряду (на 38 %) лейкоантоцианами, активизация накопления которых выявлена лишь у сортов *Ленинградский великан* и *Honey bee*. При этом у сортов *Aurora*, *Zojka* и *Wojtek* изменения в содержании в плодах собственно антоцианов и лейкоантоцианов отличались противоположной направленностью, что обусловило нивелирование межсезонных различий в суммарном количестве антоциановых пигментов. Подобная картина, обусловленная незначительным усилением накопления лейкоантоцианов на фоне отсутствия значимых межсезонных различий в содержании собственно антоцианов, наблюдалась и у районированного сорта *Ленинградский великан*. Лишь у двух таксонов жимолости – *Aurora* и особенно у *Honey bee* погодные условия второго сезона способствовали обогащению антоцианового комплекса плодов на 6 и 46 % соответственно относительно предыдущего сезона.

Для параметров накопления второго по значимости компонента биофлавоноидного комплекса плодов – флавонолов ни в одном случае не было установлено достоверных межсезонных различий. Что касается катехинов, то влияние погодных условий на их содержание в основном было маловыразительным и неоднозначным, а у сортов *Ленинградский великан* и *Indigo gem* оно и вовсе не нашло статистического подтверждения. Наличие в ряде случаев разнонаправленных тенденций в изменении темпов биосинтеза компонентов антоцианового комплекса под действием абиотических факторов при незначительном их влиянии на таковые катехинов и особенно флавонолов объясняет отсутствие у большинства таксонов жимолости значимых межсезонных различий в общем содержании в плодах биофлавоноидов. Лишь в двух случаях – у сортов *Indigo gem* и *Honey bee* влияние погодных условий второго сезона на их накопление оказалось весьма выразительным и противоположным по знаку, что подтверждалось обеднением плодов первого таксона и обогащением второго на 22 и 30 % соответственно относительно предыдущего сезона.

При столь разноплановой картине влияния погодных условий вегетационного периода на накопление фенольных соединений в плодах исследуемых сортов жимолости съедобной для интегральной оценки степени данного влияния был определен суммарный эффект. С этой целью для каждого таксона было осуществлено суммирование относительных размеров межсезонных различий исследуемых показателей с учетом их знака. Как следует из табл. 5, у большинства сортов значения данного показателя имели положительную направленность, варьируясь от 17 у сорта *Zojka* до 165 % у сорта *Honey bee*, что свидетельствовало о преобладании позитивного влияния гидротермического режима второго сезона на совокупность исследуемых биохимических характеристик их плодов. Вместе с тем для двух сортов жимолости – *Wojtek* и особенно *Indigo gem* влияние на нее данного фактора в этом плане оказалось неблагоприятным, поскольку значения суммарного эффекта, составлявшие соответственно 6 и 78 %, имели отрицательную направленность, что свидетельствовало об определенном обеднении фенольного комплекса их плодов. Вместе с тем нельзя не признать, что наименее

выраженными в таксономическом ряду межсезонными различиями данного признака, несмотря на их отрицательную направленность, был отмечен сорт *Wojtek*, что указывало на наибольшую устойчивость у него спектра исследуемых показателей к воздействию погодных условий вегетационного периода.

Вместе с тем, несмотря на значительное влияние данного фактора на темпы биосинтеза в плодах фенольных соединений, в большинстве случаев в оба сезона отчетливо прослеживалась определенная общность тенденций в характере различий тестируемых сортов жимолости съедобной с эталонным сортом *Ленинградский великан* по исследуемым показателям. Это однозначно свидетельствовало об устойчивости проявления их зависимости от генотипа растений, что нашло подтверждение и при выявлении таксонов *Lonicera edulis* с наибольшими и соответственно наименьшими значениями исследуемых характеристик биохимического состава плодов (табл. 6).

Так, на фоне погодных условий 2022 г. в большинстве случаев обнаружено совпадение с установленными годом ранее подобными полярными оценками в качестве плодов интродуцированных сортов жимолости съедобной. К примеру, в таксономическом ряду подтвердилось лидирующее положение районированного сорта *Ленинградский великан* в накоплении в них лейкоантоцианов и общем количестве антоциановых пигментов. При этом весьма устойчивым в двухлетнем цикле наблюдений оказалось минимальное накопление в плодах флавонолов у сорта *Aurora* и катехинов у сорта *Honey bee*. Наряду с этим, как и годом ранее, максимальным содержанием в плодах дубильных веществ и катехинов был отмечен сорт *Zojka*, а собственно антоцианов, флавонолов и Р-витаминов – сорт *Wojtek*. При этом лишь в отдельных случаях имели место межсезонные различия по данным критериям оценки качества плодов тестируемых объектов (табл. 6). Так, на фоне погодных условий вегетационного периода 2022 г. у сорта *Ленинградский великан* впервые установлено максимальное в таксономическом ряду содержание в них Р-витаминов, а у сорта *Aurora* – минимальное количество дубильных веществ. При этом у сорта *Zojka* в данном сезоне обнаружено повышение до максимального уровня, сопоставимого с таковым у сортов *Ленинградский великан* и *Wojtek*, общего количества биофлавоноидов. Наряду с этим у сорта *Indigo gem* наблюдалось снижение до минимального уровня содержания в плодах обеих групп антоциановых пигментов и общего количества Р-витаминов.

Таблица 6

**Интродуцированные сорта *Lonicera edulis* с наибольшим (max) и наименьшим (min) в сортовом ряду содержанием в плодах фенольных соединений в годы исследований**

Table 6

**Introduced varieties of *Lonicera edulis* with the highest (max) and lowest (min) content of phenolic compounds in fruits in the variety range during the years of research**

Показатель	Ленинградский великан	<i>Aurora</i>	<i>Zojka</i>	<i>Wojtek</i>	<i>Indigo gem</i>	<i>Honey bee</i>
<b>2021г.</b>						
Собственно антоцианы		<i>min</i>		<b>max</b>	<b>max</b>	
Лейкоантоцианы	<b>max</b>					<i>min</i>
Сумма антоциановых пигментов	<b>max</b>	<i>min</i>	<b>max</b>		<b>max</b>	<i>min</i>
Катехины	<b>max</b>	<b>max</b>	<b>max</b>	<b>max</b>	<b>max</b>	<i>min</i>
Флавонолы		<i>min</i>		<b>max</b>		
Сумма биофлавоноидов		<i>min</i>		<b>max</b>	<b>max</b>	<i>min</i>
Дубильные вещества	<i>min</i>		<b>max</b>		<i>min</i>	
<b>2022 г.</b>						
Собственно антоцианы				<b>max</b>	<i>min</i>	
Лейкоантоцианы	<b>max</b>				<i>min</i>	
Сумма антоциан. пигментов	<b>max</b>				<i>min</i>	
Катехины			<b>max</b>			<i>min</i>
Флавонолы		<i>min</i>		<b>max</b>		
Сумма биофлавоноидов	<b>max</b>		<b>max</b>	<b>max</b>	<i>min</i>	
Дубильные вещества		<i>min</i>	<b>max</b>			

### Заключение

В результате сравнительного анализа 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 5 новых интродуцированных сортов жимолости съедобной – *Aurora*, *Honeybee*, *Indigo Gem*, *Wojtek*, *Zojka* и районированного сорта *Ленинградский великан*, выбранного в качестве эталона сравнения, установлено следующее. Пониженный и весьма неравномерный температурный фон второго сезона в период формирования плодов способствовал их преимущественному обогащению по сравнению с предыдущим более теплым сезоном на 8–50 % собственно антоцианами и на 13–43 % дубильными веществами, наиболее значительному в первом случае у сорта *Honey bee*, во втором – у сортов *Ленинградский великан* и *Indigo gem*, на фоне преимущественного обеднения на 14–38 % лейкоантоцианами и в меньшей степени (на 6–14 %) катехинами при отсутствии значимых межсезонных различий в накоплении флавонолов, в большинстве случаев в общем выходе Р-витаминов. У большинства таксонов жимолости, особенно у сорта *Honey bee*, установлено позитивное влияние неблагоприятного температурного фона на совокупность характеристик фенольного комплекса плодов и негативное у сорта *Indigo gem* при наиболее выраженной его устойчивости к воздействию данного фактора у сорта *Wojtek*.

Несмотря на выявленные изменения в составе фенольного комплекса плодов жимолости во второй год наблюдений, обусловленные погодными условиями периода их формирования, в большинстве случаев в оба сезона отчетливо прослеживалась определенная общность тенденций в характере различий тестируемых объектов с эталонным сортом *Ленинградский великан* по исследуемым показателям, что однозначно свидетельствовало об устойчивости проявления их зависимости от генотипа растений.

### Библиографические ссылки

1. Рупасова ЖА, и др. Влияние погодных условий вегетационного периода на биохимический состав плодов шиповника и калины обыкновенной при интродукции в Беларусь. *Плодоводство*. 2013;25:309–325.
2. Рупасова ЖА, и др. Межсезонные различия биохимического состава плодов рябины обыкновенной (*Sorbus aucuparia* L.) при интродукции в Беларусь. *Плодоводство*. 2016;28:227–236.
3. Карabanов ИА. *Флавоноиды в мире растений*. Минск: Ураджай; 1981. 80 с.
4. Swain T, Hillis W. The phenolic constituents of *Prunus Domenstica*. 1. The quantitative analysis of phenolic constituents. *Journal Science Food Agriculture*. 1959;10(1):63–68.
5. Скорикова ЮГ, Шафтан ЭА. Методика определения антоцианов в плодах и ягодах. В: *Труды 3 Всесоюзного семинара по биологически активным (лечебным) веществам плодов и ягод*. Свердловск: [б. и.]; 1968. с. 451–461.
6. Андреев ВЮ, и др. Методика определения антоцианов в плодах аронии черноплодной. *Фармация*. 2013;3:19–21.
7. Ермаков АИ, редактор. *Методы биохимического исследования растений*. Ленинград: [б. и.]; 1987. 430 с.
8. Определение содержания дубильных веществ в лекарственном растительном сырье. Общие методы анализа. *Государственная фармакопея СССР. Медицина*. Москва: [б. и.]; 1987. с. 286–287.

### References

1. Rupasova ZhA, et al. Influence of weather conditions of the growing season on the biochemical composition of rose hips and *viburnum vulgare* during introduction to Belarus. *Plodovodstvo*. 2013;25:309–325. Russian.
2. Rupasova ZhA, et al. Interseasonal differences in the biochemical composition of the fruits of mountain ash (*Sorbus aucuparia* L.) when introduced into Belarus. *Plodovodstvo*. 2016;28:227–236. Russian.
3. Karabanov IA. *Flavonoids in the plant world*. Minsk: Urajay; 1981. 80 p. Russian.
4. Swain T, Hillis W. The phenolic constituents of *Prunus Domenstica*. 1. The quantitative analysis of phenolic. *Journal Science Food Agriculture*. 1959;10(1):63–68.
5. Skorikova YuG, Shaftan EA. Method for determining anthocyanins in fruits and berries. In: *Trudy 3 All-Union. seminar on biologically active (medicinal) substances of fruits and berries*. Sverdlovsk: [publisher unknown]; 1968. p. 451–461. Russian.
6. Andreev VYu, et al. Method for determination of anthocyanins in the fruits of black chokeberry. *Farmactsia* [Pharmacy]. 2013;3:19–21. Russian.
7. Ermakov AI, editor. *Metody biokhimicheskogo issledovaniya rasteniy* [Methods of biochemical research of plants]. Leningrad: [publisher unknown]; 1987. 430 p. Russian.
8. Determination of the content of tannins in medicinal plant materials. General methods of analysis. *Gosudarstvennaya farmakopeya SSSR. Meditsina* [State Pharmacopoeia of the USSR. Medicine]. Moscow: [publisher unknown]; 1987. p. 286–287. Russian.

Статья поступила в редколлегию 04.01.2023.  
Received by editorial board 04.01.2023.