

УДК 634.737:581. 5:581.522.4(476)

Ж. А. Рупасова¹, С. Н. Авраменко², К. А. Добрянская³, Д. О. Сулим⁴,
Н. Б. Павловский⁵, А. В. Ральцевич⁶

Государственное научное учреждение «Центральный ботанический сад Национальной академии наук Беларуси»,
ул. Сурганова 2в, 220012 Минск, Республика Беларусь, ¹J.Rupasova@cbg.org.by, ²auramenkaslas@gmail.com,
³dobryanskaya01@gmail.com, ⁴sulimdaria@gmail.com, ⁵pavlovskiy@tut.by, ⁶and_ral@mail.com

ГЕНОТИПИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ БИОХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И АНТИОКСИДАНТНОГО КОМПЛЕКСА ПЛОДОВ СОРТОВ ЖИМОЛОСТИ СИНЕЙ (*LONICERA CAERULEAE* L.) В УСЛОВИЯХ БЕЛАРУСИ

Приведены результаты сравнительного исследования в южной агроклиматической зоне Беларуси 14 биохимических характеристик (органические кислоты, углеводы и фенольные соединения) и антиоксидантных свойств плодов 5 новых интродуцируемых сортов жимолости синей (*Lonicera caeruleae* L.) — *Aurora*, *Honeybee*, *Indigo Gem*, *Wojtek* и *Zojka* и районированного сорта *Ленинградский великан*, выбранного в качестве эталона сравнения. Выявлена зависимость их биохимического состава, а также антиоксидантной и ферментативной активности от генотипа растений. В таксономическом ряду лидирующее положение по интегральному уровню питательной и витаминной ценности ягодной продукции принадлежало сортам *Honey bee* и *Wojtek*, характеризующимся, соответственно, в 1,6 и 1,3 раза более высоким по сравнению с районированным сортом *Ленинградский великан* качеством плодов при относительной сопоставимости с ним данного признака у сорта *Indigo gem*. Выявлено отставание всех интродуцируемых сортов жимолости от районированного сорта по общему уровню антиоксидантной активности плодов на фоне более высокой ферментативной активности. Максимальная активность каталазы установлена у сортов *Zojka* и *Indigo gem*, пероксидазы — у сортов *Wojtek* и *Indigo gem*, полифенолоксидазы — у сортов *Aurora* и *Honey bee* при наименьшей активности каталазы и пероксидазы у районированного сорта *Ленинградский великан*, а полифенолоксидазы — у сорта *Indigo gem*. Выявлено сходство сортовых рядов жимолости по изменению антиоксидантных свойств и интегрального уровня питательной и витаминной ценности плодов по совокупности биохимических характеристик.

Ключевые слова: жимолость синяя; сорта; плоды; биохимический состав; органические кислоты; углеводы; биофлавоноиды; антиоксидантная активность; ферменты; каталаза; пероксидаза; полифенолоксидаза.

Табл. 6. Библиогр.: 35 назв.

Zh. A. Rupasova¹, S. N. Avramenko², K. A. Dobryanskaya³, D. O. Sulim⁴,
N. B. Pavlovsky⁵, A. V. Raltsevich⁶

State Scientific Institution “Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus”,
2B Surganova str., 220012 Minsk, the Republic of Belarus, ¹J.Rupasova@cbg.org.by, ²auramenkaslas@gmail.com,
³dobryanskaya01@gmail.com, ⁴sulimdaria@gmail.com, ⁵pavlovskiy@tut.by, ⁶and_ral@mail.com

GENOTYPICAL FEATURES OF THE BIOCHEMICAL COMPOSITION AND ANTIOXIDANT COMPLEX OF THE FRUITS OF THE BLUE HONEYSUCKLE (*LONICERA CAERULEAE* L.) VARIETIES UNDER THE CONDITIONS OF BELARUS

The results of a comparative study in the southern agroclimatic zone of Belarus of 14 biochemical characteristics (organic acids, carbohydrates and phenolic compounds) and antioxidant properties of fruits of 5 new introduced varieties of the blue honeysuckle (*Lonicera caeruleae* L.) — *Aurora*, *Honeybee*, *Indigo Gem*, *Wojtek* and *Zojka* and zoned variety *Leningrad Velikan* chosen as a comparison standard are presented. The dependence of their biochemical composition, as well as antioxidant and enzymatic activity on the plant genotype was revealed. In the taxonomic series, the leading position in terms of the integral level of nutritional and vitamin value of berry products belonged to the varieties *Honey bee* and *Wojtek*, which were characterized by 1.6 and 1.3 times higher fruit quality, respectively, compared to the zoned variety *Leningradsky Velikan*, with relative comparability of this characteristic in the *Indigo gem* variety. It was revealed that all introduced honeysuckle varieties lag behind the zoned variety in terms of the overall level of fruit AOA against the background of higher enzymatic activity. The maximum CAT activity was found in the *Zojka* and *Indigo gem* varieties, PO — in the *Wojtek* and *Indigo gem* varieties, PPO — in the *Aurora* and *Honey bee* varieties, with the lowest

CAT and PO activity in the zoned variety *Leningradsky Velikan*, and PPO in the *Indigo gem* variety. The similarity of honeysuckle varietal series was revealed in terms of changes in antioxidant properties and the integral level of nutritional and vitamin value of fruits based on a set of biochemical characteristics.

Key words: the blue honeysuckle; varieties; fruit; biochemical composition; organic acids; carbohydrates; bioflavonoids; antioxidant activity; enzymes; catalase; peroxidase; polyphenol oxidase.

Table 6. Ref.: 35 titles.

Введение. Общеизвестно, что фармакологическая коррекция окислительного стресса осуществляется с применением биологически активных соединений — антиоксидантов, прерывающих нарастающие процессы окисления с образованием малоактивных радикалов, легко выводящихся из организма. По мнению ряда авторов, одной из наиболее перспективных для использования в медицинской практике групп природных антиоксидантов являются растительные полифенолы, чрезвычайно активно накапливающиеся в плодах многих ягодных культур [1—3]. Наиболее известными природными источниками этих биологически активных соединений являются интродуцированные в условиях Беларуси растения семейства *Ericaceae*, в том числе голубика высокорослая, клюква крупноплодная и брусника обыкновенная [4—6]. Наряду с представителями данного семейства весьма богаты биофлавоноидами, особенно антоциановыми пигментами, также плоды жимолости синей (*Lonicera caerulea* L.), вызывающей в последние годы интерес у населения республики.

Значительное внимание к исследованию биохимического состава плодов жимолости и прежде всего их *P*-витаминного комплекса обусловлено присущей его компонентам и другим биологически активным соединениям высокой антиоксидантной активностью (далее — АОА). Вместе с тем важнейшую роль в обеспечении защиты растительных клеток от кислородных интермедиантов играют ферменты, способные обезвреживать супероксидные радикалы и перекисные соединения в клетках. Одним из важнейших компонентов антиоксидантной системы растений является каталаза (далее — КАТ) — двухкомпонентный фермент, состоящий из белка и соединенной с ним простетической группы, содержащей гематин [7]. Оптимум действия данного фермента, катализирующего дисмутацию H_2O_2 до H_2O и O_2 , установлен при рН, равным 6,5, тогда как в более кислых и щелочных средах его активность снижается. В окисленном состоянии КАТ может работать и как пероксидаза (далее — ПО), ускоряя окисление спиртов или альдегидов [8]. Вместе с тем ее активность существенно ингибируется сенильной кислотой, сероводородом, фторидами и в наибольшей степени нитрат-ионом [9; 10]. Существенную роль в метаболизме растений играет ПО, восстанавливающая, как и КАТ, перекись водорода до воды, причем осуществляет это с участием органических восстановителей [8]. Данный фермент катализирует реакции окисления органических и неорганических соединений с использованием пероксида водорода или органических перекисей в качестве акцепторов электронов. К субстратам, окисляемым ПО, могут быть отнесены практически все фенолы (пирокатехин, пирогаллол, галловая кислота, бензидин, фенилендиамин, билирубин), ароматические амины (аланин, диметилаланин, паратоллуидин), йодистый водород, аскорбиновая кислота, нитриты и ряд других соединений [11]. Доказано участие ПО в окислительно-восстановительных процессах фотосинтеза и дыхания, энергетического и азотного обмена, в образовании ауксинов и этилена, регуляции развития и органогенеза растительного организма [12]. Антиоксидантную защиту, связанную с детоксикацией пероксидов, осуществляют главным образом аскорбатпероксидаза, а также глутатион- и гваяколпероксидаза. Ингибиторами данного фермента являются вещества, способные образовывать с железом соединения, разрывающие хотя бы одну из связей в его гемпротеиновом комплексе, что делает невозможным доступ перекисей к железу, и таким образом инактивировать его работу [13]. Наряду с ПО активную роль в фенольном метаболизме растений играет терминальная оксидаза — полифенолоксидаза (далее — ПФО), катализирующая окисление различных фенольных соединений в семихиноны и хиноны с участием молекулярного кислорода, тогда как ПО осуществляет это с участием перекисей, преимущественно перекиси водорода [14]. Наличие нескольких ферментов,

выполняющих одну и ту же каталитическую функцию, — весьма ценное свойство, расширяющее адаптационные возможности растений, что особенно важно для их жизнедеятельности как организмов, не имеющих стабильной внутренней среды [15].

Анализ научных публикаций в области исследования биохимического состава плодов жимолости синей в условиях Беларуси свидетельствует о чрезвычайно высоком содержании в них широкого спектра биологически активных соединений, особенно биофлавоноидов, в том числе антоциановых пигментов, сопоставимом с таковым у вересковых [16]. Поскольку данные соединения являются общепризнанными антиоксидантами, это предполагает высокий уровень антиоксидантной и ферментативной активности плодов. В последние годы коллекционный фонд Центрального ботанического сада НАН Беларуси пополнился 5 новыми сортами жимолости синей — *Aurora*, *Honeybee*, *Indigo Gem*, *Wojtek* и *Zojka*, с которыми в настоящее время проводятся комплексные исследования разных аспектов их развития при адаптации к местным условиям.

В связи с сортоизучением интродуцируемых таксонов данного вида представлялось целесообразным проведение сравнительного исследования у обозначенных таксонов жимолости и районированного сорта *Ленинградский великан*, выбранного в качестве эталона сравнения, содержания в плодах соединений разной химической природы (ряда органических кислот, углеводов и фенольных соединений), а также уровней АОА и основных ферментов окислительно-восстановительного цикла — КАТ, ПО и ПФО, что позволило бы выявить таксоны, обладающие наиболее высокими значениями данных показателей.

Материалы и методы исследования. Исследования выполнены в 2023 году на экспериментальном участке отраслевой лаборатории интродукции и технологии нетрадиционных ягодных растений Центрального ботанического сада НАН Беларуси (Ганцевичский р-н Брестской обл.) на осушенной торфяно-болотной почве. Погодные условия в весенние месяцы характеризовались более высоким, чем обычно, температурным фоном при чрезвычайно остром дефиците влаги в мае, во время цветения растений, сопровождаемым существенными перепадами температуры воздуха, поскольку даже в июне отмечено снижение ее минимальных значений до отрицательных, тогда как вторая половина сезона характеризовалась жаркой погодой с обилием атмосферных осадков. Все это способствовало ускорению прохождения растениями жимолости основных фаз сезонного развития.

Исследование биохимического состава плодов опытных растений осуществляли по широкому спектру показателей, относящихся к разным классам действующих веществ. В период созревания плодов жимолости в свежих усредненных пробах определяли содержание: сухих веществ — по ГОСТ 28561-90 [17]; аскорбиновой кислоты (витамина С) — стандартным индофенольным методом [18]; титруемых кислот (общей кислотности) — объемным методом [18]. В высушенных при температуре 60 °С пробах растительного материала определяли содержание: гидроксикоричных кислот (в пересчете на хлорогеновую) — спектрофотометрическим методом [19]; растворимых сахаров — ускоренным полумикрометодом [20]; пектиновых веществ — кальциево-пектатным методом [21]; суммы антоциановых пигментов — по методу Т. Swain, W. E. Hillis [22] с построением градуировочной кривой по кристаллическому цианидину, полученному из плодов аронии черноплодной и очищенному по методике Ю. Г. Скориковой и Э. А. Шафтан [23]; собственно антоцианов и суммы катехинов (с использованием ванилинового реактива) — фотоэлектроколориметрическим методом [18; 24]; суммы флавонолов (в пересчете на рутин) — спектрофотометрическим методом [18]; дубильных веществ (танинов) — титрометрическим методом Левенталя [25]. Антиоксидантную активность этанольных экстрактов из свежих плодов определяли с использованием 2,2-дифенил-1-пикрилгидразида (ДФПГ) [26; 27]. Активность окислительно-восстановительных ферментов определяли следующими методами: ПО — по методу А. Н. Бояркина [28]; ПФО — с пирокатехином по методу [29]; КАТ — по методу А. Н. Баха и А. И. Опарина [30].

Все аналитические определения выполнены в 3-кратной биологической повторности. Данные статистически обработаны с использованием программы Excel.

Результаты исследования и их обсуждение. Сравнительное исследование 14 количественных характеристик биохимического состава плодов исследуемых сортов жимолости синей выявило весьма широкие диапазоны их варьирования в таксономическом ряду, свидетельствующие о существенном влиянии на них генотипа растений (таблица 1).

Т а б л и ц а 1. — Диапазоны варьирования в сортовом ряду жимолости синей биохимических характеристик плодов (в сухом веществе)

T a b l e 1. — Ranges of variation in the varietal range of blue honeysuckle for the biochemical characteristics of fruits (in dry matter)

| Показатель | Диапазон |
|--|---------------|
| Сухие вещества, % | 14,3—16,9 |
| Свободные органические кислоты, % | 10,2—24,4 |
| Аскорбиновая кислота, мг / 100 г | 254,9—368,2 |
| Гидроксикоричные кислоты, мг / 100 г | 410,2—674,5 |
| Растворимые сахара, % | 35,3—58,0 |
| Сахарокислотный индекс | 1,4—5,8 |
| Пектиновые вещества, % | 4,81—9,01 |
| Собственно антоцианы, мг / 100 г | 4 080—10 640 |
| Лейкоантоцианы, мг / 100 г | 379 —6 554 |
| Сумма антоциановых пигментов, мг / 100 г | 10 374—15 132 |
| Катехины, мг / 100 г | 276—819 |
| Флавонолы, мг / 100 г | 1 720—2 265 |
| Сумма биофлавоноидов, мг / 100 г | 12 596—17 673 |
| Дубильные вещества, % | 2,1—3,2 |

Согласно таблице 2, все новые интродуцируемые сорта жимолости превосходили районированный сорт *Ленинградский великан* по содержанию в плодах титруемых кислот на 55—139 % при наибольших различиях у сортов *Zojka*, *Wojtek* и *Honey bee*, которые характеризовались также на 13—26 % более высоким, чем у эталонного сорта, содержанием аскорбиновой кислоты при отставании от него в ее накоплении на 10—13 % сортов *Aurora* и *Indigo gem*. При этом сорта *Wojtek*, *Indigo gem* и *Honey bee* превосходили на 6—21 % стандартный сорт по содержанию гидроксикоричных кислот при неоднозначных и весьма незначительных различиях с ним в накоплении сухих веществ. Обращает на себя внимание отчетливо выраженное отставание тестируемых таксонов жимолости от сорта *Ленинградский великан* в содержании в плодах углеводов, составившее для растворимых сахаров 12—39 %, а для показателя сахарокислотного индекса — 48—76 %. Подобное отставание от стандартного сорта на 24—40 % выявлено и для параметров накопления пектиновых веществ. Лишь в единичном случае — у сорта *Wojtek* — их содержание оказалось на 13 % выше, чем у сорта *Ленинградский великан*. Что касается дубильных веществ, то для трех тестируемых таксонов жимолости — *Wojtek*, *Indigo gem* и *Honey bee* — показано превышение эталонного уровня их содержания на 11—22 % на фоне отставания от него на 20 % у сорта *Aurora*. Вместе с тем для сортов *Aurora*, *Wojtek* и *Zojka* показано выраженное в разной степени отставание от эталонного сорта на 3—14 % в общем накоплении в плодах биофлавоноидов.

Т а б л и ц а 2. — Относительные различия новых интродуцированных сортов жимолости синей со стандартным районированным сортом *Ленинградский великан* по характеристикам биохимического состава плодов, %

T a b l e 2. — Relative differences between new introduced varieties of blue honeysuckle and the standard zoned variety *Leningradsky Velikan* according to the characteristics of the biochemical composition of fruits, %

| Показатель | <i>Aurora</i> | <i>Zojka</i> | <i>Wojtek</i> | <i>Indigo gem</i> | <i>Honey bee</i> |
|--------------------------------|---------------|--------------|---------------|-------------------|------------------|
| Сухие вещества | -5,6 | — | — | +5,0 | -11,2 |
| Свободные органические кислоты | +67,6 | +130,4 | +139,2 | +54,9 | +123,5 |
| Аскорбиновая кислота | -12,6 | +19,7 | +26,2 | -10,3 | +13,1 |
| Гидроксикоричные кислоты | -26,2 | -17,0 | +7,1 | +5,7 | +21,3 |
| Растворимые сахара | -12,1 | -30,5 | -39,1 | -31,6 | -39,1 |
| Сахарокислотный индекс | -48,3 | -70,7 | -75,9 | -56,9 | -72,4 |
| Пектиновые вещества | -23,7 | -30,4 | +12,8 | -24,8 | -39,8 |
| Собственно антоцианы | -18,1 | -29,2 | +38,5 | +84,7 | +46,9 |
| Лейкоантоцианы | -11,8 | — | -40,7 | -29,9 | -19,4 |
| Сумма антоциановых пигментов | -14,7 | -12,6 | -3,2 | +24,4 | +12,0 |
| Катехины | -19,6 | -22,1 | -39,2 | -55,8 | +31,3 |
| Флавонолы | -7,3 | — | +10,1 | +22,0 | +4,6 |
| Сумма биофлавоноидов | -14,0 | -11,1 | -3,1 | +20,6 | +11,9 |
| Дубильные вещества | -19,8 | -5,7 | +11,1 | +15,3 | +22,1 |

Примечание — здесь и далее в таблицах прочерк означает отсутствие статистически значимых по *t*-критерию Стьюдента различий со стандартным сортом при $p < 0,05$.

Наиболее существенным оно оказалось у двух первых таксонов и было связано главным образом с более низким (на 13—15 %), чем у сорта *Ленинградский великан*, суммарным количеством доминирующих в составе *P*-витаминного комплекса антоциановых пигментов. При этом у сорта *Aurora* данные различия были обусловлены меньшим содержанием как лейкоантоцианов, так и собственно антоцианов, тогда как у сорта *Zojka* — только последних. Вместе с тем у обоих сортов жимолости установлено сходное по величине отставание от районированного сорта на 20—22 % в содержании катехинов, а у сорта *Aurora* — также и в таковом флавонолов. В конечном итоге это привело к наиболее значительному в ряду тестируемых таксонов жимолости их отставанию от сорта *Ленинградский великан* по общему выходу *P*-витаминов. Заметим, что, несмотря на более активное, чем у районированного сорта, накопление собственно антоцианов и флавонолов в плодах сорта *Wojtek* из-за меньшего содержания в них близких по химической природе лейкоантоцианов и катехинов, общее количество биофлавоноидов хотя и незначительно, но все же уступало таковому у сорта *Ленинградский великан*. В отличие от данных таксонов, сорта *Honey bee* и особенно *Indigo gem* характеризовались на 12 и 21 % более высоким по сравнению со стандартным сортом общим содержанием в плодах биофлавоноидов (см. таблицу 2). Этот позитивный эффект у обоих сортов жимолости, несмотря на ингибирование накопления в плодах лейкоантоцианов, а у второго объекта также катехинов, был обусловлен, главным образом, активизацией биосинтеза собственно антоцианов и в меньшей степени флавонолов.

Представленные в таблице 3 данные, полученные на основании таблицы 2 и характеризующие направленность и степень выразительности сдвигов в биохимическом составе плодов новых интродуцируемых таксонов жимолости относительно стандартного сорта *Ленинградский великан*, показали наличие заметных генотипических различий в направленности и величине вышеуказанных сдвигов.

Т а б л и ц а 3. — Относительные размеры, амплитуды и соотношения разноориентированных различий в биохимическом составе плодов новых интродуцируемых сортов жимолости синей с районированным сортом *Ленинградский великан*, %

T a b l e 3. — Relative sizes, amplitudes and ratios of differently oriented differences in the biochemical composition of fruits of new introduced varieties of blue honeysuckle with the zoned variety *Leningradsky Velikan*, %

| Сорт | Относительные различия, % | | | |
|-------------------|---------------------------|---------------|-----------|---------------------------------|
| | положительные | отрицательные | амплитуда | положительные/ отрицательные |
| <i>Aurora</i> | 67,6 | 233,8 | 301,4 | 0,3 |
| <i>Zojka</i> | 150,1 | 229,3 | 379,4 | 0,7 |
| <i>Wojtek</i> | 245,0 | 191,2 | 436,2 | 1,3 |
| <i>Indigo gem</i> | 232,6 | 209,3 | 441,9 | 1,1 |
| <i>Honey bee</i> | 286,7 | 181,9 | 468,6 | 1,6 |

Так, при изменении в сортовом ряду амплитуды обозначенных сдвигов от 301,4 до 468,6 % наименьшей она была у сорта *Aurora*, наибольшей — у сорта *Honey bee* при расхождении крайних значений в 1,6 раза. Заметим, что у двух из пяти тестируемых сортов жимолости *Aurora* и *Zojka* относительные размеры отрицательных различий с районированным сортом по совокупности анализируемых признаков существенно превосходили таковые положительных, что указывало на более низкое, чем у сорта *Ленинградский великан*, качество их плодов. При этом у остальных тестируемых таксонов относительные размеры положительных различий с эталонным сортом по данному признаку превосходили таковые отрицательных в 1,1—1,6 раза, что однозначно указывало на более высокое качество их ягодной продукции.

В соответствии с принятым нами методическим приемом [31] кратный размер соотношения суммарных значений положительных и отрицательных различий новых интродуцируемых сортов жимолости со стандартным сортом *Ленинградский великан* по совокупности 14 анализируемых признаков позволил дать количественную оценку степени различий с ним каждого тестируемого таксона по интегральному уровню питательной и витаминной ценности плодов (см. таблицу 3). При этом в порядке снижения данного показателя новые интродуцируемые сорта жимолости синей были расположены в следующей последовательности: *Honey bee* > *Wojtek* > *Indigo gem* > *Zojka* > *Aurora*.

Как видим, лидирующее положение по данному признаку принадлежало сортам *Honey bee* и *Wojtek*, характеризовавшимся, соответственно, в 1,6 и 1,3 раза более высоким по сравнению с районированным сортом *Ленинградский великан* качеством плодов по совокупности 14 показателей при относительной сопоставимости с ним данного признака у сорта *Indigo gem* и отставании замыкавших этот ряд сортов *Zojka* и *Aurora* от лидирующих таксонов, соответственно, в 1,9—2,2 и в 4,3—5,3 раза.

Логично предположить, что при столь существенных генотипических различиях биохимического состава плодов в сортовом ряду жимолости синей должны проявиться не менее выразительные различия уровней их антиоксидантной и ферментативной активности. В пользу данного предположения свидетельствуют результаты аналогичных исследований Ж. А. Рупасовой с соавторами [5, с. 32] с плодами клюквы крупноплодной и голубики

высокорослой, показавшие отчетливую зависимость их антиоксидантного комплекса от генотипа растений. По нашим оценкам, приведенным в таблице 4, общий уровень АОА этанольных экстрактов из плодов исследуемых сортов жимолости синей, выраженный в мкмоль экв тролокса / г сухого вещества, варьировался при 10- и 30-минутной экспозициях в весьма широких, но вместе с тем довольно близких диапазонах значений, составлявших в первом случае 75,5—97,1, во втором — 75,6—97,4.

Т а б л и ц а 4. — АОА этанольных экстрактов из плодов сортов жимолости синей в опытной культуре, мкмоль экв тролокса / г сухого вещества

T a b l e 4. — Antioxidant activity of ethanol extracts from fruits of blue honeysuckle varieties in an experimental culture, μmol trolox equiv / g dry matter

| Сорт | АОА (ДФПГ) через 10 мин | | АОА (ДФПГ) через 30 мин | |
|-----------------------------------|-------------------------|----------|-------------------------|----------|
| | $\bar{x} \pm s_x$ | <i>t</i> | $\bar{x} \pm s_x$ | <i>t</i> |
| <i>Ленинградский великан (st)</i> | 95,9 ± 0,5 | | 96,5 ± 0,3 | |
| <i>Aurora</i> | 97,1 ± 0,5 | 1,8 | 97,4 ± 0,7 | 1,1 |
| <i>Zojka</i> | 78,4 ± 1,1 | -14,4* | 79,4 ± 0,9 | -18,5* |
| <i>Wojtek</i> | 75,5 ± 1,2 | -15,5* | 75,6 ± 1,0 | -20,2* |
| <i>Indigo Gem</i> | 80,6 ± 0,4 | -23,7* | 82,2 ± 0,3 | -36,4* |
| <i>Honey Bee</i> | 90,9 ± 0,3 | -8,9* | 92,0 ± 0,1 | -14,8* |

Примечание — здесь и далее в таблицах * — статистически значимые по *t*-критерию Стьюдента различия со стандартным сортом при $p < 0,05$.

Представляется вполне объяснимым соответствие уровня АОА при 30-минутной экспозиции области хотя и незначительно, но все же более высоких, нежели при 10-минутной, значений, поскольку соединения, обладающие активностью, в процессе взаимодействия с катион-радикалами при менее продолжительной экспозиции обеспечивали хотя и основную, но все же неполный вклад в формирование антиоксидантных свойств ягодной продукции, тогда как на последующей замедленной стадии, скорее всего, протекала реакция с катион-радикалами продуктов окисления биологически активных соединений, образовавшихся на начальной стадии данного процесса. Заметим, что подобная закономерность была обнаружена ранее в аналогичных исследованиях А. М. Макаревич и В. Н. Решетникова [32], а также Ж. А. Рупасовой с соавторами [33]. Вместе с тем значительная ширина приведенных диапазонов варьирования уровня АОА в сортовом ряду жимолости синей косвенно свидетельствовала о существенной зависимости данного показателя от генотипа растений, причем наиболее высоким уровнем антиоксидантной активности плодов при обеих экспозициях характеризовался районированный сорт *Ленинградский великан*, а среди тестируемых таксонов, как ни странно, — наиболее бедный по питательной и витаминной ценности ягодной продукции сорт *Aurora* и в меньшей степени *Honey bee*. Наименьшим же значением данного показателя, уступавшим таковому у сорта *Aurora* в 1,3 раза, был отмечен один из лидирующих по богатству биохимического состава сорт *Wojtek*.

Результаты определения активности основных окислительно-восстановительных ферментов в сухом веществе плодов сортов жимолости синей на фоне погодных условий вегетационного периода 2023 года, приведенные в таблице 5, показали, что значения исследуемых показателей варьировались в сортовом ряду в следующих диапазонах значений: для КАТ — 11,8—15,8 мкмоль H_2O_2 / (г · мин), ПО — 2,6—6,3 ед. опт. плотн. / (г · мин.), ПФО — 340,7—561,8 ед. опт. плотн. / (г · мин). Наиболее высоким уровнем активности КАТ в плодах характеризовались сорта *Zojka* и *Indigo gem*, ПО — *Wojtek* и *Indigo gem*, ПФО, как и АОА, — *Aurora* и *Honey bee*.

Т а б л и ц а 5. — Активность окислительно-восстановительных ферментов в плодах сортов жимолости синей в опытной культуре (в сухом веществе)

T a b l e 5. — Activity of redox enzymes in fruits of blue honeysuckle varieties in an experimental culture (in dry matter)

| Сорт | Активность КАТ, мкмоль H ₂ O ₂ / (г · мин) | | Активность ПО, ед. опт. плотн. / (г · мин) | | Активность ПФО, ед. опт. плотн. / (г · мин) | |
|-----------------------------------|---|----------|---|----------|--|----------|
| | $\bar{x} \pm s_x$ | <i>t</i> | $\bar{x} \pm s_x$ | <i>t</i> | $\bar{x} \pm s_x$ | <i>t</i> |
| <i>Ленинградский великан (st)</i> | 11,8 ± 0,2 | | 2,6 ± 0,1 | | 438,1 ± 1,8 | |
| <i>Aurora</i> | 12,6 ± 0,1 | 3,0* | 3,3 ± 0,2 | 4,7* | 549,3 ± 1,7 | 45,0* |
| <i>Zojka</i> | 15,8 ± 0,3 | 10,0* | 2,9 ± 0,1 | 5,0* | 398,4 ± 3,7 | -9,7* |
| <i>Wojtek</i> | 12,9 ± 0,3 | 3,1* | 6,3 ± 0,1 | 25,0* | 380,5 ± 1,0 | -28,6* |
| <i>Indigo Gem</i> | 13,8 ± 0,3 | 5,0* | 4,1 ± 0,1 | 14,5* | 340,7 ± 1,7 | -39,2* |
| <i>Honey Bee</i> | 12,5 ± 0,1 | 2,9* | 3,6 ± 0,1 | 11,3* | 561,8 ± 2,3 | 42,2* |

При этом наименьшая в сортовом ряду активность КАТ и ПО установлена у районированного сорта *Ленинградский великан*, обладавшего, как показано выше, максимальным уровнем АОА, тогда как минимальная активность ПФО выявлена у сорта *Indigo gem*.

Как видим, и АОА, и ферментативная активность плодов жимолости синей, как и их биохимический состав, в значительной мере определялись генотипом растений, о степени влияния которого на исследуемые характеристики антиоксидантного комплекса можно судить по данным таблицы 6.

Т а б л и ц а 6. — Относительные различия новых интродуцируемых сортов жимолости синей с районированным сортом *Ленинградский великан* по характеристикам антиоксидантного комплекса плодов (в сухом веществе), %

T a b l e 6. — Relative differences between new introduced varieties of blue honeysuckle and the zoned variety *Leningradsky Velikan* according to the characteristics of the antioxidant complex of fruits (in dry matter), %

| Показатель | Сорт | | | | |
|-------------------------|---------------|--------------|---------------|-------------------|------------------|
| | <i>Aurora</i> | <i>Zojka</i> | <i>Wojtek</i> | <i>Indigo Gem</i> | <i>Honey Bee</i> |
| АОА (ДФПГ) через 10 мин | — | -18,2 | -21,3 | -16,0 | -5,2 |
| АОА (ДФПГ) через 30 мин | — | -17,7 | -21,7 | -14,8 | -4,7 |
| Активность КАТ | +6,8 | +33,9 | +9,3 | +17,0 | +5,9 |
| Активность ПО | +26,9 | +11,5 | +142,3 | +57,7 | +38,5 |
| Активность ПФО | +25,4 | -9,1 | -13,1 | -22,2 | +28,2 |
| Совокупный эффект | 59,1 | +18,6 | +116,8 | +37,7 | +67,9 |

Оказалось, что почти все новые интродуцируемые таксоны уступали сорту *Ленинградский великан* по уровню АОА на 5—22 % при наиболее выраженных различиях у сорта *Wojtek* и наименьших — у лидирующего по богатству биохимического состава плодов сорта *Honey bee*. Вместе с тем трудно поддается объяснению тот факт, что для сорта *Aurora*, в наибольшей степени уступавшего районированному сорту по питательной и витаминной ценности плодов, показана сопоставимость с ним уровня их АОА.

Несмотря на преимущественное отставание интродуцируемых таксонов жимолости от районированного сорта по данному показателю, все без исключения тестируемые объекты характеризовались на 6—34 % и 12—142 % более высокой, чем у него, активностью КАТ

и ПО при наибольших различиях в первом случае у сорта *Zojka*, а во втором — у сорта *Wojtek*. Наименее выраженными и примерно одинаковыми данные расхождения с сортом *Ленинградский великан* по каталазной активности были у сортов *Aurora*, *Wojtek* и *Honey bee*, а по пероксидазной — у сорта *Zojka*. При этом у сортов *Zojka*, *Wojtek* и особенно *Indigo gem* выявлено отставание на 9—22 % от стандартного сорта по активности ПФО, тогда как для сортов *Aurora* и *Honey bee*, напротив, примерно одинаковое превышение эталонного значения данного показателя на 25—28 % (см. таблицу 6).

Как видим, в сортовом ряду жимолости синей весьма отчетливо проявились заметные, причем неоднозначные, различия со стандартным сортом по исследуемым характеристикам антиоксидантного комплекса плодов, что указывает на их выраженную сортоспецифичность. На наш взгляд, для оценки влияния генотипа растений на общую величину выявленных различий, представлялось целесообразным для каждого тестируемого объекта произвести суммирование расхождений с районированным сортом по всем исследуемым показателям, с учетом их знака. При этом вклад АОА в этот суммарный показатель оценивался по результатам 30-минутной продолжительности реакции. Оказалось, что общая величина данных расхождений при положительной направленности, обеспеченной исключительно более высокой, чем у районированного сорта, ферментативной активностью плодов, позволила расположить исследуемые таксоны жимолости в порядке снижения последней следующим образом: *Wojtek* > *Honey bee* > *Aurora* > *Indigo gem* > *Zojka* > *Ленинградский великан*.

Приведенная последовательность в значительной степени дублировала показанную выше для интегрального уровня питательной и витаминной ценности плодов по совокупности 14 биохимических характеристик. Исключением в этом плане явилось лишь смещение позиции сорта *Aurora* с последнего места в центральную часть обозначенного ряда, а сорта *Wojtek* — в его начало. На наш взгляд, отмеченное совпадение обозначенных сортовых рядов обусловлено значительным сходством у исследуемых таксонов жимолости содержания в плодах широкого спектра органических соединений, в том числе *C*- и *P*- витаминов с высоким уровнем антирадикальной и ферментативной активности, а выявленные различия могут быть обусловлены индивидуальными генотипическими особенностями обеспечения последней за счет активности иных органических соединений, не охваченных настоящими исследованиями. Ведь общеизвестно, что в биологических системах в качестве антиоксидантов, наряду с биофлавоноидами, обладающими данными свойствами, могут выступать соединения разной химической природы, способные ингибировать процессы свободнорадикального окисления, в том числе терпеноиды, каротиноиды, белки, органические кислоты и даже пектиновые вещества [34; 26; 35].

Заключение. В результате сравнительного исследования в южной агроклиматической зоне Беларуси 14 биохимических характеристик (органические кислоты, углеводы и фенольные соединения) и антиоксидантных свойств плодов 5 новых интродуцируемых сортов жимолости синей — *Aurora*, *Honeybee*, *Indigo Gem*, *Wojtek* и *Zojka* и районированного сорта *Ленинградский великан*, выбранного в качестве эталона сравнения, выявлено наличие зависимости их биохимического состава, а также антиоксидантной и ферментативной активности от генотипа растений. Установлено, что в таксономическом ряду лидирующее положение по интегральному уровню питательной и витаминной ценности ягодной продукции по совокупности анализируемых признаков принадлежало сортам *Honey bee* и *Wojtek*, характеризовавшимся, соответственно, в 1,6 и 1,3 раза более высоким по сравнению с районированным сортом *Ленинградский великан* качеством плодов при относительной сопоставимости с ним данного признака у сорта *Indigo gem* и отставании от лидирующих таксонов замыкавших этот ряд сортов *Zojka* и *Aurora*, соответственно, в 1,9—2,2 и в 4,3—5,3 раза. Выявлено отставание всех интродуцируемых сортов жимолости от районированного сорта по общему уровню АОА на фоне более высокой ферментативной активности при максимальной величине активности КАТ у сортов *Zojka* и *Indigo gem*, ПО — у сортов *Wojtek* и *Indigo gem*, ПФО — у сортов *Aurora*

и *Honey bee*, наименьших показателях активности КАТ и ПО у районированного сорта *Ленинградский великан*, а ПФО — у сорта *Indigo gem*. Установлено сходство сортовых рядов жимолости синей по изменению антиоксидантных свойств и интегрального уровня питательной и витаминной ценности плодов по совокупности биохимических характеристик

Список цитируемых источников

1. Прида, А. И. Природные антиоксиданты полифенольной природы (антирадикальные свойства и перспективы использования) / А. И. Прида, Р. И. Иванова // Пищевые ингредиенты: сырье и добавки. — 2004. — № 2. — С. 76—78.
2. Влияние водных извлечений из лекарственных растений на процессы свободно-радикального окисления / М. А. Рыжикова [и др.] // Эксперим. и клин. фармакология. — 1999. — Т. 62, № 2. — С. 36—38.
3. Карабанов, И. А. Флавоноиды в мире растений / И. А. Карабанов. — Минск : Ураджай, 1981. — 80 с.
4. Голубика высокорослая. Оценка адаптационного потенциала при интродукции в условиях Беларуси / Ж. А. Рупасова [и др.]. — Минск : Беларус. навука, 2007. — 442 с.
5. Возделывание голубики на торфяных выработках Припятского Полесья: физиолого-биохимические аспекты развития / Ж. А. Рупасова [и др.]. — Минск : Беларус. навука, 2016. — 242 с.
6. Клюква крупноплодная в Беларуси / Е. А. Сидорович [и др.]. — Минск : Наука и техника, 1987. — 238 с.
7. Келети, Т. Основы ферментативной кинетики / Т. Келети. — М. : Мир, 1990. — 348 с.
8. Меньщикова, Е. Б. Антиоксиданты и ингибиторы радикальных окислительных процессов / Е. Б. Меньщикова, Н. К. Зенков // Успехи соврем. биологии. — 1993. — Т. 113, № 4. — С. 442—455.
9. Иванов, Б. Н. Восстановление кислорода в хлоропластах и аскорбатный цикл / Б. Н. Иванов // Биохимия. 1998. — Т. 63, № 2. — С. 165—170.
10. Кретович, В. Л. Биохимия растений / В. Л. Кретович. — М. : Высш. шк., 1986. — 503 с.
11. Рубин, Б. А. Об изоферментах пероксидазы в клубнях картофеля / Б. А. Рубин, Е. В. Будилова // Докл. АН СССР. — 1970. — Т. 190, № 3. — 722 с.
12. Андреева, В. А. Фермент пероксидазы. Участие в защитном механизме растений / В. А. Андреева. — М. : Наука. 1988. — 129 с.
13. Диксон, М. Ферменты / М. Диксон, Э. Уэбб. — М. : Мир, 1988. — 515 с.
14. Медведев, С. С. Физиология растений : учебник / С. С. Медведев. — СПб. : Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2004. — 336 с.
15. Моргун, В. В. Экофизиологические и генетические аспекты адаптации культурных растений к глобальным изменениям климата / В. В. Моргун, Д. А. Киризий, Т. М. Шадчина // Физиология и биохимия культур. растений. — 2010. — Т. 42, № 1. — С. 3—23.
16. Научное обоснование перспективности новых высоковитаминных интродуцированных сортов жимолости синей для любительского садоводства Беларуси / Ж. А. Рупасова [и др.]. — Минск : Право и экономика, 2023. — 24 с.
17. Методы определения сухих веществ или влаги : ГОСТ 28561-90. — Введ. 01.07.1991. — М. : Стандартиформ, 1991. — 11 с.
18. Методы биохимического исследования растений / под ред. А. И. Ермакова. — 3-е изд., перераб. и доп. — Л., 1987. — 430 с.
19. Марсов, Н. Г. Фитохимическое изучение и биологическая активность брусники, клюквы и черники : дис. канд. фармацевт. наук / Н. Г. Марсов. — Пермь, 2006. — С. 99—101.
20. Большой практикум «Биохимия»: лабораторные работы : учеб. пособие / сост. М. Г. Кусакина, В. И. Суворов, Л. А. Чудинова ; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. — Пермь, 2012. 148 с.
21. Марх, А. Т. Технохимический контроль консервного производства / Т. Ф. Зыкина, В. Н. Голубев. — М. : Агропромиздат, 1989. — 304 с.
22. 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, no. 1. — P. 63—68.
23. Скорикова, Ю. Г. Методика определения антоцианов в плодах и ягодах / Ю. Г. Скорикова, Э. А. Шафтан // Тр. 3 Всесоюз. семинара по биол. активным (лечеб.) веществам плодов и ягод. — Свердловск, 1968. — С. 451—461.
24. Методика определения антоцианов в плодах аронии черноплодной / В. Ю. Андреева [и др.] // Фармация. — 2013. — № 3. — С. 19—21.
25. Определение содержания дубильных веществ в лекарственном растительном сырье // Государственная фармакопея СССР. — М. : Медицина, 1987. — Вып. 1 : Общие методы анализа. — С. 286—287.
26. Домаш, В. И. Антиоксидантная активность белков отдельных видов дикорастущих растений Беларуси и Монголии / В. И. Домаш, О. А. Иванов // Ботаника (исследования) : сб. науч. тр. / Ин-т эксперим. ботаники НАН Беларуси. — Минск, 2017. — Вып. 46. — С. 190—200.

27. *Nguyen Thi Dung*. Chemical composition, antimicrobial and antioxidant activities of the essential oil and the ethanol extract of *Cleistocalyx (Roxb.) Merr and Perry buds* / *Nguyen Thi Dung, Jung Min Kim, Sun Chul Kang* // *Food and chemical toxicology*. — 2008. — Vol. 46, no. 12. — P. 3632—3639.
28. Физиологические и биохимические методы анализа растений : практикум / авт.-сост. Г. Н. Чупахина ; Калинингр. ун-т. — Калининград, 2000. — 59 с.
29. Кинетические, биохимические и биологические методы анализа : метод. указания к выполнению лаборатор. работ по дисциплине специализации «Кинетические, биохимические и биологические методы анализа» для студентов спец. 04.05.01 «Фундаментальная и прикладная химия» / сост. Л. В. Мосталыгина ; Кург. гос. ун-т. — Курган, 2016. — 30 с.
30. *Воскресенская, О. Л.* Большой практикум по биоэкологии: учеб. пособие / *О. Л. Воскресенская, Е. А. Алябышева, М. Г. Половникова*. — Йошкар-Ола : Мар. гос. ун-т, 2006. — Ч. 1. — 107 с.
31. Способ ранжирования таксонов растения : пат. ВУ17648 / *Ж. А. Рупасова, В. Н. Решетников, А. П. Яковлев* ; дата публ.: 30.10.2013.
32. *Макаревич, А. М.* Антиоксидантная активность плодов *Vaccinium corymbosum L.* и *Vaccinium uliginosum L.* / *А. М. Макаревич, В. Н. Решетников* // Докл. НАН Беларуси. — 2011. — Т. 55, № 5. — С. 76—80.
33. Физиолого-биохимические основы применения микроклонального способа размножения голубики высокорослой для получения оздоровленного посадочного материала / *Ж. А. Рупасова [и др.]* ; под ред. акад. *В. Н. Решетникова*. — Минск : Белорус. наука, 2022. — 185 с.
34. Активность компонентов антиоксидантной системы дикорастущих видов растений Беларуси / *В. И. Домаш [и др.]* // Современные проблемы естествознания в науке и общеобразовательном процессе : материалы Респ. науч.-практ. конф., Минск. 24 нояб. 2017 г. — Минск, 2017. — С. 77—79.
35. *Злобин, А. А.* Антиоксидантная и антимикробная активность пектинов ряда растений европейского севера России / *А. А. Злобин, Е. А. Мартинсон, Ю. С. Оводов* // Изв. Коми НЦ УрО РАН. — 2011. — Вып. 3 (7). — С. 33—37.

References

1. *Prida A. I., Ivanova R. I.* [Natural antioxidants of polyphenolic nature (antiradical properties and prospects for use)]. *Pishchevye ingridienty. Syre i dobavki*, 2004, no. 2, pp. 76—78. (in Russian)
2. *Ryzhikova M. A., Farkhutdinova R. R., Sibiryak S. V., Zagudillin Sh. Z.* [The influence of aqueous extracts from medicinal plants on the processes of free radical oxidation]. *Eksperimental'naya i klinicheskaya farmakologiya*, 1999, vol. 62, no. 2, pp. 36—38. (in Russian)
3. *Karabanov I. A.* [Flavonoids in the plant world]. Minsk, Urajai, 1981, 80 p. (in Russian)
4. *Rupasova, Zh. A., Reshetnikov V. N., Ruban N. N., Ignatenko V. A., Yakovlev A. P., Pyatnitsa F. S.* [Highbush blueberry. Assessment of adaptation potential during introduction in the conditions of Belarus]. Minsk, Belarusian Science, 2007, 442 p. (in Russian)
5. *Rupasova Zh. A., Yakovlev A. P., Reshetnikov V. N., Lishtvan I. I., Vasilevskaya T. I., Krinitskaya, N. B.* [Cultivation of blueberries in peat workings of Pripyat Polesie: (physiological and biochemical aspects of development)]. Minsk, Belarusian Science, 2016, 242 p. (in Russian)
6. *Sydorovich E. A., Kudynov M. A., Ruban N. N., Sherstenyukina A. V., Rupasova Z. A., Shapiro D. K., Horlenko S. V., Yurkevich I. D.* [Large-fruited cranberries in Belarus]. Minsk, Science and Technology, 1987, 238 p. (in Russian)
7. *Keleti T.* [Fundamentals of enzymatic kinetics]. Moscow, Mir, 1990, 348 p. (in Russian)
8. *Menytsikova E. B., Zenkov N. K.* [Antioxidants and inhibitors of radical oxidative processes]. *Uspekhi sovremennoj biologii*, 1993, vol. 113, no. 4, pp. 442—455. (in Russian)
9. *Ivanov B. N.* [Reduction of oxygen in chloroplasts and the ascorbate cycle]. *Biohimiya*, 1998, vol. 63, no. 2, pp. 165—170. (in Russian)
10. *Kretovich V. L.* [Biochemistry of plants]. Moscow, Higher school, 1986, 503 p. (in Russian)
11. *Rubin B. A., Budilova E. V.* [About peroxidase isoenzymes in potato tubers]. *Doklad AN SSSR*. Moscow, 1970, vol. 190, no. 3, 722 p. (in Russian)
12. *Andreeva V. A.* [Peroxidase enzyme. Participation in the defense mechanism of plants]. Moscow, Science, 1988, 129 p. (in Russian)
13. *Dixon M., Webb E.* [Enzymes]. Moscow, Mir, 1988, 515 p. (in Russian)
14. *Medvedev S. S.* [Plant physiology: Textbook]. Saint Petersburg, Publishing House of St. Petersburg University, 2004, 336 p. (in Russian)
15. *Morgun V. V., Kiriziy D. A., Shadchina T. M.* [Ecophysiological and genetic aspects of adaptation of cultivated plants to global climate change]. *Fiziologiya i biohimiya kul'turnyh rastenij*, 2010, vol. 42, no. 1, pp. 3—23. (in Russian)
16. *Rupasova Zh. A., Pavlovsky N. B., Raltsevich A. V., Sulim D. O., Dobryanskaya K. A., Avramenko S. N., Bely P. N.* [Scientific substantiation of the prospects of new high-vitamin introduced varieties of blue honeysuckle for amateur gardening in Belarus]. Minsk, Law and Economics, 2023, 24 p. (in Russian)

17. [State Standard 28561-90-1991. Methods for determining dry substances or moisture]. Moscow, Standartinform publ., 1991, 11 p.
18. Ermakov A. I., Arasimovich V. V., Yarosh N. P. [Methods of biochemical research of plants]. Leningrad, 1987, 430 p. (in Russian)
19. Marsov N. G. [Phytochemical study and biological activity of cranberries, cranberries and blueberries]. Perm, 2006, pp. 99—101. (in Russian)
20. Kusakina M. G., Suvorov V. I., Chudinova L. A. [Large workshop “Biochemistry” Laboratory work]. Perm, Perm. gos. nac. issled. un-t, 2012, 148 p. (in Russian)
21. Markh A. T., Zykina T. F., Golubev V. N. [Technochemical control of canning production]. Moscow, Agropromizdat, 1989, 304 p. (in Russian)
22. Swain T., Hillis W. The phenolic constituents of *Prunus Domestica*. 1. The quantitative analysis of phenolic constituents. *J. Sci. Food Agric*, 1959, vol. 10, no. 1, pp. 63—68. DOI: 10.1002/JSFA.2740100110
23. Skorikova Yu. G., Shaftan E. A. [The method of determining anthocyanins in fruits and berries]. *Tr. 3 Vsesoyuz. seminarov po biologicheski aktivnym (lechebnym) veshchestvam plodov i yagod*. Sverdlovsk, 1968, pp. 451—461. (in Russian)
24. Andreeva V. Yu., Kalinkina G. I., Kolomiets N. E., Isaikina N. V. [The method of determining anthocyanins in the fruits of *aronia pruniferata*]. *Farmaciya*, 2013, pp. 19—21. (in Russian)
25. [Determination of the content of tannins in medicinal plant raw materials]. *Gosudarstvennaya farmakopeya SSSR*. Moscow, Medicina, 1987, vol. 1, pp. 286—287. (in Russian)
26. Domash V. I., Ivanov O. A. [Antioxidant activity of proteins of certain species of wild plants of Belarus and Mongolia]. *Botanika (issledovaniya). Sbornik nauchnyh trudov*. Minsk, 2017, no. 46, pp. 190—200. (in Russian)
27. Nguyen Thi Dung, Jung Min Kim, Sun Chul Kang. [Chemical composition, antimicrobial and antioxidant activities of the essential oil and the ethanol extract of *Cleistocalyx (Roxb.) Merr and Perry buds*]. *Food and chemical toxicology*. 2008, vol. 46, no. 12, pp. 3632—3639. DOI: 10.1016/j.fct.2008.09.013
28. Chupakhina G. N. [Physiological and biochemical methods of plant analysis: A practical course]. Kaliningradskiy universitet, 2000, p. 59. (in Russian)
29. Mostaligina L. V. [Kinetic, biochemical and biological methods of analysis. Methodological guidelines for the performance of laboratory work in the discipline of specialization “Kinetic, biochemical and biological methods of analysis” for students of the specialty 04.05.01 “Fundamental and applied Chemistry”]. Kurganskij gos. un-t, 2016, p. 30. (in Russian)
30. Voskresenskaya O. L., Alyabisheva E. A., Polovnikova M. G. [A large workshop on bioecology. Part 1: studies. stipend]. *Joshkar-Ola, Mar. gos. un-t*, 2006, p. 107. (in Russian)
31. Rupasova Zh. A., Reshetnikov V. N., Yakovlev A. P. [The method of ranking plant taxa]. Patent BY no. 17648 (2013).
32. Makarevich A. M., Reshetnikov V. N. [Antioxidant activity of *Vaccinium corymbosum* L. and *Vaccinium uliginosum* L. fruits]. *Doklady NAN Belarusi*, 2011, vol. 55, no. 5, pp. 76—80. (in Russian)
33. Rupasova Zh. A., Chizhik O. V., Reshetnikov V. N., Kutas E. N., Vasilevskaya T. I., Kurlovich T. V., Krinitskaya N. B., Zadalya V. S., Yuhimuk A. N., Drozd O. V., Pavlovskaya A. G., Goncharova L. V. [Physiological and biochemical bases of the application of the microclonal method of reproduction of tall blueberries to obtain healthy planting material]. Minsk, Belarus. nauka, 2022, 185 p. (in Russian)
34. Domash V. I., Handogiy A. V., Derevinskiy A. V. [Activity of components of the antioxidant system of wild plant species of Belarus]. *Sovremennye problemy estestvoznaniya v nauke i obshcheobrazovatelnom protsesse. Respublikanskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya*. Minsk, 2017, pp. 77—79. (in Russian)
35. Zlobin A. A., Martinson E. A., Ovodov Yu. S. [Antioxidant and antimicrobial activity of pectins of a number of plants in the European north of Russia]. *Izvestiya Komi nauchnogo centra UrO RAN*, 2011, vol. 3, no. 7, pp. 33—37. (in Russian)

Поступила в редакцию 29.04.2024.