

DOI: 10.12731/2658-6649-2024-16-1-1064

УДК 581.192:634.74



Научная статья | Селекция, семеноводство и биотехнология растений

ОСОБЕННОСТИ БИОХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА СЪЕДОБНЫХ ПЛОДОВ ЖИМОЛОСТИ (LONICERA, CAPRIFOLIACEAE) В РОССИИ

В.Н. Сорокопудов, А.Г. Куклина, Н.С. Цыбулько, Д.В. Лебедев

Обоснование. Изучение биохимического состава плодов редких и нетрадиционных ягодных культур позволит создать благоприятную основу для современных селекционных работ.

Цель изучения состояла в биохимическом анализе на содержание антоцианов, аскорбиновой кислоты и каротиноидов в съедобных плодах трех видов из рода *Lonicera* L. (*Caprifoliaceae*).

Материал и методы. Объектом изучения были 13 сортов и 5 отборных форм жимолости синей *L. caerulea* L. (подсек. *Caeruleae* Rehd.), культивируемые в Москве и Белгороде. Также изучены два эндемичных вида со съедобными плодами: из Казахстана жимолость илийская *L. iliensis* Pojark. (подсек. *Caeruleae*) и из Японии жимолость стройночерешичатая *L. gracilipes* Miq. (подсек. *Pygmaeae* Rehd.). Исследование проходило в 2020-2023 гг. в лабораториях ВИЛАР (Москва) и Сахалинского филиала ботанического сада-института ДВО РАН (Южно-Сахалинск) на основе Фармакопейных статей Государственной фармакопеи (XIV издание) по общепринятым методикам.

Результаты. Установлено, что плоды *L. caerulea* ценны благодаря высокому содержанию антоцианов (870 до мг%) и других биологически активных веществ. Одновременно с аскорбиновой кислотой (до 32,3 мг% у сорта Черничка) в соке плодов *L. caerulea* присутствуют разнообразные биофлавоноиды: рутин, изокверцетин, кверцетин, лютеолин, диосмин и катехины. Эти биологически активные компоненты взаимно усиливают действие друг друга, то есть являются синергентными. При высоком содержании пектинов употребление в пищу плодов съедобных жимолостей поддерживает иммунитет и способствуют выведению из организма радионуклидов. В России давно интродуцирована *L. iliensis*, для которой благоприятен мягкий и теплый климат. Этот вид редко культивируют. Плоды *L. iliensis* темно-синего цвета,

округлые, массой 0,2-0,3 г., кисло-сладкого вкуса, без горечи. В Японии плоды *L. gracilipes* var. *glandulosa* Maxim. едят в свежем и переработанном виде. Они красно-фиолетовой окраски и кисло-сладкого вкуса.

Заключение. Получены данные о биохимическом составе съедобных плодов *L. caerulea*, а также редких в культуре видов *L. iliensis* и *L. gracilipes* var. *glandulosa*, которые могут быть использованы для целей селекции.

Ключевые слова: *Lonicera caerulea*; *Lonicera iliensis*; *Lonicera gracilipes*; плоды; биохимический состав

Для цитирования. Сорокопудов В.Н., Куклина А.Г., Цыбулько Н.С., Лебедев Д.В. Особенности биохимического состава съедобных плодов жимолости (*Lonicera*, *Caprifoliaceae*) в России // *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2024. Т. 16, №1. С. 229-245. DOI: 10.12731/2658-6649-2024-16-1-1064

Original article | Plant Breeding, Seed Production and Biotechnology

FEATURES OF THE BIOCHEMICAL COMPOSITION OF EDIBLE HONEYSUCKLE FRUITS (*LONICERA*, *CAPRIFOLIACEAE*) IN RUSSIA

V.N. Sorokopudov, A.G. Kuklina, N.S. Tsybulko, D.V. Lebedev

Background. The study of the biochemical composition of the fruits of rare and non-traditional berry crops will create a favorable basis for modern breeding work.

Purpose. The aim of the work was to biochemically analyze edible fruits of 3 species from the genus *Lonicera* L. (*Caprifoliaceae*) for the content of anthocyanins, ascorbic acid, and carotenoids.

Material and methods. The object of the study were 13 varieties and 5 selected forms of blue honeysuckle *L. caerulea* L. (subs. *Caeruleae* Rehd.), cultivated in Moscow and Belgorod. Two endemic species with edible fruits have also been studied: from Kazakhstan - Ili honeysuckle *L. iliensis* Pojark. (subsec. *Caeruleae*) and from Japan slender honeysuckle *L. gracilipes* Miq. (subsection *Purpurascens* Rehd.). The study was conducted in 2020-2023 in the laboratories of All-Russian Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants (Moscow) and the Sakhalin branch of the Botanical Garden-Institute of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences (Yuzhno-Sakhalinsk) according to generally accepted methods based on Pharmacopoeia articles of the State Pharmacopoeia (XIV edition).

Results. It was found that the fruits of *L. caerulea* are valuable due to the high content of anthocyanins (870 to mg%) and other biologically active substances. Simultaneously with ascorbic acid (up to 32.3 mg% in Chernichka variety), various bioflavonoids are present in the juice of *L. caerulea* fruits: rutin, isoquercetin, quercetin, luteolin, diosmin and catechins. These biologically active components mutually enhance the effect of each other, that is, they are synergistic. With a high content of pectins, eating the fruits of edible honeysuckle supports immunity and promotes the elimination of radionuclides from the body. *L. iliensis* has been introduced in Russia for a long time. A mild and warm climate is favorable for the shrub, it is rarely cultivated. The fruits of *L. iliensis* are dark blue, rounded, weighing 0.2-0.3 g, sweet and sour taste, without bitterness. In Japan, the fruits of *L. gracilipes* var. *glandulosa* Maxim. they are eaten fresh and processed, they are red-purple in color and have a sweet and sour taste. Data on the biochemical composition of edible fruits of rare species in culture *L. iliensis* and *L. gracilipes* var. *glandulosa*, which can be used for breeding purposes.

Conclusion. Data were obtained on the biochemical composition of edible fruits of *L. caerulea*, as well as species rare in cultivation *L. iliensis* and *L. gracilipes* var. *glandulosa* that can be used for breeding purposes.

Keywords: *Lonicera caerulea*; *Lonicera iliensis*; *Lonicera gracilipes*; fruits; biochemical composition

For citation. Sorokopudov V.N., Kuklina A.G., Tsybulko N.S., Lebedev D.V. Features of the Biochemical Composition of Edible Honeysuckle Fruits (*Lonicera*, *Caprifoliaceae*) in Russia. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 2024, vol. 16, no. 1, pp. 229-245. DOI: 10.12731/2658-6649-2024-16-1-1064

Введение

Особое положение в роде *Lonicera* L. (*Caprifoliaceae* Juss.) занимает подсекция *Caeruleae* Rehd. – голубые жимолости. Евразийская часть их ареала включает несколько географических рас, относящихся к варибельному виду жимолости синей *L. caerulea* L. Съедобные и сладкоплодные формы с крупными ягодами произрастают на востоке ареала, на Камчатке [8, 29]. В настоящее время *L. caerulea* стала популярной ягодной культурой не только в России, но и в ряде стран мира [9]. Жимолость известна под следующими названиями: в Словакии и Чехии - *Zimolez modrý*, Польше - *Wiciokrzew siny*, Германии – *Geißbattgewachse* и Америке - *Haskap*, *Edible Honeysuckle*.

В России выведено более 150 урожайных сортов *L. caerulea*, многие из которых получены на основе камчатских форм. В XXI веке ее селекци-

ей занялись в Чехии, Словакии [16, 22, 30], Польше [14], Китае [30, 31], Японии [26] и Канаде [15].

Вкус и фитотерапевтические достоинства *L. caerulea* обусловлены биохимическим составом плодов, благодаря которому в Японии их называют «эликсиром жизни» (elixir of life) [17]. Сочные съедобные плоды *L. caerulea* насыщены биологически активными веществами, содержат сахара, органические кислоты и витамины (табл. 1). Кроме аскорбиновой кислоты, в них найдены витамин А, тиамин (28-38 мкг%), рибофлавин (25-38 мкг%) и фолиевая кислота (72-102 мкг%) [9, 10]. Ценными компонентами плодов *L. caerulea* являются полифенолы, представленные флавоноидами (мг/100 г): рутин (20–48), изокверцетин (2,4-18,7), кверцетин (до 10), лютеолин (до 14), диосмин (до 5) [23]. Значительную часть в плодах составляют катехины (270-320 мг%) [8].

Яркую окраску мякоти плодов *L. caerulea* обеспечивают антоцианы, причем превалирует 3-рутинозид цианидин (60 мг%) [30], в меньшей степени глюкозиды пеларгонидина, пеонидина и дельфинидина [23, 31]. Плоды *L. caerulea* насыщены минеральными веществами: калием (70,3 мг%), магнием (21,7 мг%), натрием (35,2 мг%); фосфором (35,7 мг%), кальцием (19,3 мг%), железом (0,816 мг%) и содержат микроэлементы: йодом марганцем, медью, кремнием [10, 18].

Таблица 1.

**Химический состав плодов *L. caerulea*,
согласно литературным источникам [8, 9, 28]**

| Компоненты | Содержание |
|----------------------|----------------------|
| Сухое вещество | 10,5–15,9 % [9] |
| Фруктоза | 0,9–2,9 г/100 г [28] |
| Глюкоза | 0,8–3,4 г/100 г [28] |
| Лимонная кислота | 30–58 % [28] |
| Яблочная кислота | 28–50 % [28] |
| Хинная кислота | 10–32 % [28] |
| Аскорбиновая кислота | 45–88 мг % [8] |
| Белок | 4,6–8,4 % [28] |

В подсемью *Saeruleae* входит жимолость илийская *L. iliensis* Pojark., как самостоятельный и хорошо различимый вид. Естественный ареал его расположен в Казахстане и Китае (бассейн р. Или). Вид относится к эндемикам и включен в «Красную книгу Казахстана» [2]. Съедобные плоды *L. iliensis* представляют интерес для селекции. Хотя *L. iliensis*

была интродуцирована в XX веке, ее редко культивируют. Кустарнику требуется мягкий и теплый климат [3, 5]. Биохимический состав плодов изучен слабо.

В последние годы ботаники заинтересовались жимолостью стройночешуйчатой *L. gracilipes* Miq. (Miyama-uguisukagura) из Японии. Она является эндемиком, естественный ареал находится в южной части островов Хокайдо, Хонсю и Сикоку. Этот вид относится к подсекции *Purpurascens* Rehd., которую основатель рода *Lonicera* A. Редер считал, близкородственной к подсекции *Caeruleae*, благодаря плодам и форме чешуй у зимующих почек [13]. Возможно, что среди природных популяций *L. gracilipes* имеются формы, дающие плоды наиболее хорошего вкуса. Такой пример известен у высоко варьируемых голубых жимолостей [8], представленных в западной части евроазиатского ареала, в основном, горькоплодными формами, тогда, как восточные территории ареала стали базой для отбора десятков продуктивных сортов [10].

У жимолости стройночешуйчатой отметили съедобную форму *L. gracilipes* var. *glandulosa* Maxim. В Японии ее плоды едят в свежем виде, из них готовят крепленое вино и варенье [13]. В плодах кисло-сладкого вкуса присутствуют флавоновые гликозиды апигенина и лютеолина [24]. В России вид интродуцирован в Ростове-на Дону [12], Южно-Сахалинске [14] и Москве, где кустарник страдает от весенних заморозков и имеет невысокую урожайность.

В селекционных целях в Японии проведены эксперименты по гибридизации, направленные на увеличение диапазона генетической изменчивости полезных признаков. Плоды межвидового гибрида *L. caerulea* subsp. *edulis* (Turcz. ex Herder) Hultén и *L. gracilipes* var. *glandulosa* имеют красно-фиолетовую окраску, обеспеченную 5 антоцианами, основным среди которых является цианидин-3,5-диглюкозид [19, 20]. Содержание β-каротина в плодах этого гибрида составляет 0,49-0,77 мг% сырой массы, что выше чем у родительских форм [21]. При скрещивании *L. caerulea* var. *emphyllocalyx* (Maxim.) Nakai с *L. gracilipes* var. *glandulosa* получены ослабленные альбиносы [26]. Поскольку информации о свойствах съедобных плодов жимолостей, особенно редких и эндемичных видов, недостаточно, мы решили восполнить этот пробел.

Цель работы – изучить содержание антоцианов, витамина С и каротиноидов в плодах культивируемых образцов *L. caerulea*, *L. iliensis* и *L. gracilipes*.

Материал и методы исследования

Исследования проводятся с использованием биообъектов Уникальной научной установки «Биоколлекции ФГБНУ ВИЛАР».

Материалом изучения служили культивары *L. caerulea* (в Белгороде, Москве), *L. iliensis* (в Москве) и *L. gracilipes* (в Москве, Южно-Сахалинске). Исследование плодов проходило в 2020-2023 гг. по «Методике сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур» [7]. Выборка составляла 25-30 плодов для каждого образца. Сушка плодов осуществлена в лабораторном сушильном шкафу ШС-40 (Россия) с принудительной конвекцией при температуре 60° С до воздушно сухой массы.

Биохимическое исследование проведено в лабораториях ВИЛАР и Сахалинского филиала ботанического сада-института ДВО РАН подобранными методиками на основе Фармакопейных статей (ФС) Государственной фармакопеи, XIV издание [1]. Содержание аскорбиновой кислоты (мг%) определено по ФС 2.5.01.06.18 Fructus rosae титрованием с водным р-ром 2,6-дихлорфенолинодофенолята натрия, с использованием хлороформа [6]. Определение антоцианов (мг%) проводили по ФС 2.5.0002.15 Aroniae melanocarpaе recens fructus. Исследование каротиноидов проведено методом спектрофотометрии в гексановом извлечении при длине волны 450 нм, в пересчете на показатель удельного поглощения β-каротина – 2592 [11]. Сведения обработаны в программе Microsoft Excel. Допустимая ошибка измерений не превышает нормы (P≤5%).

Результаты исследования и их обсуждение

Плоды *L. caerulea*, в сравнении с другими культурными и дикорастущими ягодными культурами, богаты ценнейшими биологически активными веществами. По данным биохимического анализа у них много антоцианов (рис. 1). Среди 13 изученных сортов *L. caerulea*, максимальное содержание антоцианов выявлено у сортов Повинциалка (870,1 мг%) и Изюминка (821,8 мг%). В плодах отборных форм показатели антоцианов изменяются в пределах от 239,8 до 597,0 мг%. Однако по литературным данным содержание антоцианов у ряда сортов выше: Синичка – 4629 мг%; Фортуна – 8505 мг% и Торнадо – 7248 мг % [4].

Плоды *L. caerulea* насыщены витамином С: до 32,3 мг% у сорта Черничка и 30,9 мг% у отборной формы Минуса 2 (рис. 2). Известно, что одновременно с аскорбиновой кислотой в соке плодов присутствуют Р-активные вещества. Эти два компонента взаимно усиливают действие друг друга, то есть являются синергентными, а при высоком содержании пектинов способствуют выведению из организма радионуклиды [25].

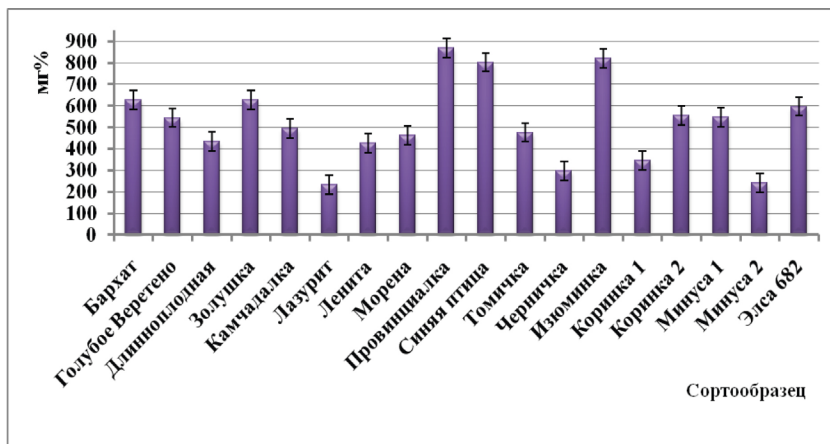


Рис. 1. Содержание антоцианов в плодах *L. caerulea*

Согласно литературным данным, в плодах *L. caerulea* содержится 0,08–0,12 мг% каротиноидов [9], у *L. caerulea* subsp. *edulis* отмечено 0,25–0,35 мг % β -каротина [21].

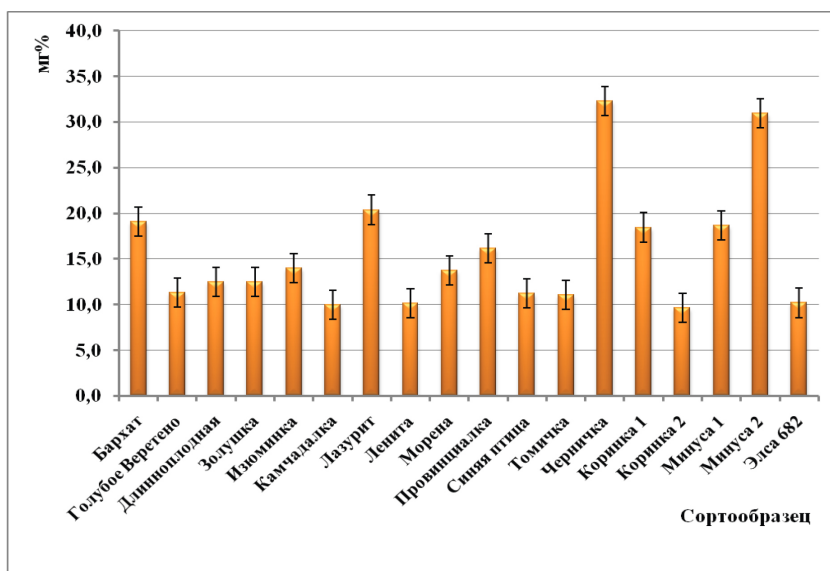


Рис. 2. Содержание аскорбиновой кислоты (мг%) в плодах *L. caerulea*

Жимолость илийская *L. iliensis* - высокий кустарник (до 2 м) с тонкими побегами, покрытыми серой корой. Венчик воронковидной формы и светло-желтой окраски. В Москве цветение растянутое, с середины мая до середины июня. В июле созревают округлые плоды темно-синей окраски с сизым налетом. Масса плодов 0,12-0,32 г. В плодах содержится до 242 мг% антоцианов, до 21,5 мг% витамина С, от 2,6 до 3,3 мг% каротиноидов (табл. 2).

Таблица 2.

Биохимический состав плодов *L. iliensis* в Москве

| № образца | Сухое вещество, % | Антоцианы, мг% | Витамин С, мг% | Каротиноиды, мг% |
|-----------|-------------------|----------------|----------------|------------------|
| И-1 | 10,21±0,37 | 242±31,7 | 19,1±2,6 | 3,17±0,43 |
| И-2 | 9,38±0,49 | 228±27,1 | 18,5±3,8 | 3,30±0,28 |
| И-3 | 9,14±0,38 | 209±32,4 | 21,5±3,4 | 2,61±0,35 |

Согласно нашим исследованиям в 2001 г. плоды *L. iliensis* содержали 17,3-20,8% сухого вещества, от 5,1 до 6,8 % сахаров, от 44,8 до 81,8 мг% витамина С, от 2,5 до 3,9 % органических кислот, в пересчете на лимонную кислоту [9]. По хозяйственно-ценным показателям *L. iliensis* может использоваться в селекции сортов со съедобными плодами.

Жимолость стройночерешчатая *L. gracilipes* var. *glandulosa* - кустарник высотой более 1,5 м с раскидистой кроной. Листья овальные светло-зеленые, на верхушке побегов с антоциановой окраской. Цветки распускаются в июне, венчик трубчатый, малиновый. Плоды созревают в начале июля. На кустарнике вызревает небольшое число плодов с глянцевою красно-малиновой кожицей, покрытой железистыми выростами. Обычно плоды одиночные, редко сростаются парами. В плодах до 4 крупных семян. Средняя масса плодов 0,6 г. Вкус сладкий, рН сока 5.1. Содержание сухих веществ - до 16%. (табл. 3).

Таблица 3.

Биохимический состав плодов *L. gracilipes* var. *glandulosa* в Южно-Сахалинске

| № образца | Сухое вещество, % | Антоцианы, мг% | Витамин С, мг% | Каротиноиды, мг% |
|-----------|-------------------|----------------|----------------|------------------|
| С-1 | 15,7±0,37 | 594±37,5 | 50,7±4,5 | 4,6±0,6 |
| С-2 | 16,4±0,42 | 630±41,6 | 56,4±6,7 | 5,2±0,4 |
| С-3 | 16,6±0,43 | 627±28,2 | 61,4±6,4 | 5,7±0,5 |

Заключение

Анализ биохимического состава плодов перспективных сортов и редких видов рода *Lonicera* позволил определить содержание витамина С, антоцианов и каротиноидов.

Съедобным и ранозревающим плодам *L. caerulea* уделяется большое внимание, поэтому интересны исследования в различных природно-климатических зонах. Наши данные показывают, как отражаются условия Московского региона на содержание в плодах ценных химических компонентов. Плоды 13 сортов и 5 отборных форм *L. caerulea* отличаются высокой насыщенностью антоцианами, витаминами и другими биологически активными веществами. Отмечено, что сорта Провинциалка, Синяя птица и Изюминка, наиболее богатые антоцианами (до 870 до мг%) и более ценны для культивирования в средней полосе России, включая Московскую и Белгородскую область.

Впервые исследованы съедобные плоды эндемичных в природе видов жимолости - *L. iliensis* и *L. gracilipes*, которые редко культивируются и мало изучены. Полученные сведения по биохимическому составу плодов жимолости стройночерешчатой отличаются научной новизной. Согласно проведенному анализу, плоды *L. gracilipes* содержат антоцианы (более 600 мг%), богаты каротиноидами (до 5,7 мг%), а витамина С в них в 3 раза больше, чем у голубых жимолостей (до 60 мг%), что особенно интересно для целей селекции.

Информация о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Информация о спонсорстве. Исследование выполнено в рамках государственных заданий ГБС РАН, проект №122042700002-6 «Биологическое разнообразие природной и культурной флоры: фундаментальные и прикладные вопросы изучения и сохранения» и ВИЛАР по теме FGUU-2022-0014 «Формирование, сохранение и изучение биокolleкций генофонда различного направления с целью сохранения биоразнообразия и использования их в технологиях здоровьесбережения».

Благодарности. Авторы благодарны И.Г. Зиновьевой за участие в изучении сортов жимолости синей.

Список литературы

1. Государственная фармакопея РФ, XIV издание. 2019 г. URL: <https://femb.ru/record/pharmacopeia14> (дата обращения 30.06.2023).

2. Красная книга Республики Казахстана / Гл. ред. Мелдебеков А.М. 2-е издание Алматы: АртПринтXXI, 2014. Т. 2 (1). 605 с.
3. Куклина А.Г. Анализ изменчивости жимолости илийской (*Lonicera iliensis* Rojark.) в природе и интродукционной популяции // Бюл. Гл. ботан. сада. 2004. Вып. 185. С. 38-43.
4. Макарова Н.В., Мусифуллина Э.В., Дмитриева А.Н., Соболев Г.И. Контроль исследования химического состава различных сортов жимолости // Известия Вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2012. № 2 (3). С. 171-172.
5. Мухитдинов Н.М., Аметов А.А., Абидкулова К.Т., Карашолакова Л.Н. Современное состояние популяций редкого и эндемичного вида *Lonicera iliensis* Rojark. // Международный журнал экспериментального образования. 2013. № 11 (1). С. 95-100.
6. Попов В.С., Смятская Ю.А. Модифицированный титриметрический метод количественного определения витамина С в окрашенных растительных экстрактах // Вестник ПНИПУ. 2020. №4. С. 43-53. <https://doi.org/10.15593/2224-9400/2020.4.04>
7. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Орёл: Изд-во ВНИСПК, 1999. 608 с.
8. Скворцов А.К., Куклина А.Г. Голубые жимолости. М.: Наука, 2002. 160 с.
9. Сорокопудов В.Н., Куклина А.Г., Упадышев М.Т. Сорта съедобной жимолости: биология и основы культивирования. М.: ФГБНУ ВСТИСП, 2018. 160 с.
10. Сорокопудов В.Н., Сорокопудова О.А., Куклина А.Г., Мячикова Н.И. Дикорастущие ягодные культуры – источник биологически активных веществ как обязательный компонент питания и здоровья человека // Экологические аспекты жизнедеятельности человека, животных и растений. Белгород: ИД «Белгород» НИУ БелГУ, 2017. С. 121-139.
11. Тринева О.В., Сафонова Е.Ф., Сливкин Ф.И. Определение каротиноидов в плодах шиповника // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 2012. № 11. С. 19-22
12. Федоринова О.И., Козловский Б. Л., Куропятников М. В. Интродукция жимолости стройночерешчатой в Ростове-на-Дону // Интродукция нетрадиционных и редких растений. Воронеж: Кварта, 2008. С. 131-132.
13. Шейко В.В. Жимолость стройночерешчатая (*Lonicera gracilipes* Miq.) – перспективный для использования в садоводстве ягодный кустарник // Актуальные проблемы размножения ягодных культур и пути их решения. Мичуринск: ВНИИС, 2010. URL: <http://konferenc2010.narod.ru/ht/Sheiko.doc> (дата обращения 30.06.2023).

14. Шейко В.В. Выращивание декоративных видов жимолости в условиях Сахалина. Южно-Сахалинск, 2011. 98 с.
15. Bors B. Haskap Breeding and Production / Agriculture Development Fund. Saskatchewan, 2012. URL: <http://www.agriculture.gov.sk.ca> (accessed 05.06.2023)
16. Brindza J., Grygorieva O., Klymenko S., Kuklina A., Vinogradova J. Genofondy netradičných druhov rastlín pri rozširovaní a využívaní agrobiodiverzity v agropotravinárstve // Vysledky a prinosy excelentneho centra ochranz a vyuzivania agrobiodiverzity. Zbornik prednasok z odborného seminara ECOVA a publikacie Vedecke prace FAPZ SPU v Nitre. Nitra, 2011, pp. 46-74.
17. Celli G. B., Ghanem A., Brooks M. S. L. Haskap berries (*Lonicera caerulea* L.) - A critical review of antioxidant capacity and health-related studies for potential value-added products // Food and Bioprocess Technology, 2014, vol. 7 (6), pp. 1541-1554. <https://doi.org/10.1007/s11947-014-1301-2>
18. Chmiel T., Abogado D., Wardencki W. Optimization of capillary isotachopheric method for determination of major macroelements in blue honeysuckle berries (*Lonicera caerulea* L.) and related products // Analytical and Bioanalytical Chemistry. 2014, vol. 406(20), pp. 4965-4986. <https://doi.org/10.1007/s00216-014-7879-4>
19. Fujita R., Hayasaka T., Jin S., Hui S. P., Hoshino Y. Comparison of anthocyanin distribution in berries of Haskap (*Lonicera caerulea* subsp. *edulis* (Turcz. ex. Herder) Hultén), Miyama-uguisukagura (*Lonicera gracilipes* Miq.), and their interspecific hybrid using imaging mass spectrometry // Plant science, 2020, vol. 300, pp. 110633. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2020.110633>
20. Fujita R., Jin S., Hayasak, T., Matoba K., Hoshino Y. Evaluation of fruit anthocyanin composition by lc/ms in interspecific hybrids between haskap (*Lonicera caerulea* subsp. *edulis* (Turcz. ex. Herder) Hultén) and miyama-uguisukagura (*Lonicera gracilipes* Miq.) // The Horticulture Journal, 2020, vol. 89 (4), pp. 343-350. <https://doi.org/10.2503/hortj.UTD-139>
21. Fujita R., Jin S., Matoba K., Hoshino Y. Novel production of β -cryptoxanthin in haskap (*Lonicera caerulea* subsp. *edulis*) hybrids: Improvement of carotenoid biosynthesis by interspecific hybridization // Scientia horticulturae, 2023, vol. 308, pp. 111547. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111547>
22. Jurikova T., Rop O., Mlcek J., Sochor J., Balla S., Szekeres, L., Hegedusova A., Hubalek J., Adam V., Kizek R. Phenolic profile of edible honeysuckle berries (genus *Lonicera*) and their biological effects // Molecules, 2011, vol. 17(1), pp. 61-79. <https://doi.org/10.3390/molecules17010061>
23. Kaczmarska E., Gawronski J., Dyduch-Sieminska M., Najda A., Marecki W., Zebrowska J. Genetic diversity and chemical characterization of selected Pol-

- ish and Russian cultivars and clones of blue honeysuckle (*Lonicera caerulea*) // Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 2015, vol. 39, pp. 394-402. <https://doi.org/10.3906/tar-1404-149>
24. Kikuchi M., Matsuda N. Flavone glycosides from *Lonicera gracilipes* var. *glan-dulosa* // Journal of Natural Products, 1996, vol. 59(3), pp. 314-315. <https://doi.org/10.1021/np960180j>
25. Kuklina A. Adaptogenic and Radioprotective Properties of Blue Honeysuckle (*Lonicera caerulea* L.) Fruits // Biodiversity after the Chernobyl Accident. 2016, no. 2, pp. 123-126. URL: <http://ves.uniag.sk/files/pdf/tpcka3c9lyotzzn-9hfgdvvjrxr55b.pdf> (accessed 08.06.2023).
26. Miyashita T., Hoshino Y. Interspecific hybridization in *Lonicera caerulea* and *Lonicera gracilipes*: The occurrence of green/albino plants by reciprocal crossing // Scientia horticulturae, 2010, vol. 125(4), pp. 692-699. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.05.032>
27. Myjavcová R., Marhol P., Křen V., Šimánek V., Ulricová J., Palicov I., Papoušková B., Lemr K., Bednár P. Analysis of anthocyanin pigments in *Lonicera* (*Caerulea*) extracts using chromatographic fractionation followed by microcolumn liquid chromatography-mass spectrometry // Journal of Chromatography A, 2010, vol. 1217 (51), pp. 7932-7941. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2010.05.058>
28. Rupasinghe H. V., Boehm M. M., Sekhon-Loodu S., Parmar I., Bors B., Jamieson A. R. Anti-inflammatory activity of haskap cultivars is polyphenols-dependent // Biomolecules, 2015, vol. 5(2), pp. 1079-1098. <https://doi.org/10.3390/biom5021079>
29. Skvortsov A.K. Blue honeysuckles (*Lonicera* subsect. *Caeruleae*) of Eurasia: distribution, taxonomy, chromosome numbers, domestication // Acta Univ. Upsala, Symb. Bot., 1986, vol. 27 (2), pp. 95-105.
30. Svarcova I., Heinrich J., Valentova K. Berry fruits as a source of biologically active compounds: the case of *Lonicera caerulea* // Biomedical Papers of the Med. fac. Univ. Palacky, Olomouc Czech Repub., 2007, vol. 151 (2), pp. 163-174. <https://doi.org/10.5507/bp.2007.031>
31. Wang Y., Zhu J., Meng X., Liu S., Mu J., Ning Ch. Comparison of polyphenol, anthocyanin and antioxidant capacity in four varieties of *Lonicera caerulea* berry extracts // Food Chemistry, 2016, vol. 197, part A, pp. 522-529. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.11.006>

References

1. State Pharmacopoeia of the Russian Federation, XIV edition. 2019. URL: <https://femb.ru/record/pharmacopea14> (accessed 30.06.2023).

2. *Red Book of the Republic of Kazakhstan* / Chief editor Meldebekov A.M. Almaty: ArtPrintXXI, 2014, vol. 2 (1), 605 p.
3. Kuklina A.G. Analysis of variability of honeysuckle iliensis (*Lonicera iliensis* Pojark.) in nature and introduced population. *Byulleten' Glavnogo botanicheskogo sada* [Bulletin of the Main Botanical Garden], 2004, no. 185, pp. 38-43.
4. Makarova N.V., Musifullina E.V., Dmitrieva A.N., Sobolev G.I. Control study of the chemical composition of different varieties of honeysuckle. *Izvestiya Vuzov. Prikladnaya khimiya i biotekhnologiya*, 2012, no. 2 (3), pp. 171-172.
5. Mukhitdinov N.M., Ametov A.A., Abidkulova K.T., Karasholakova L.N. Current state of populations of rare and endemic species *Lonicera iliensis* Pojark. *Mezhdunarodnyy zhurnal eksperimental'nogo obrazovaniya* [International Journal of Experimental Education], 2013, no. 11 (1), pp. 95-100.
6. Popov V.S., Smyatskaya Yu.A. Modified titrimetric method for quantitative determination of vitamin C in colored plant extracts. *Vestnik PNIPU*, 2020, no. 4, pp. 43-53. <https://doi.org/10.15593/2224-9400/2020.4.04>
7. Program and methodology of varietal study of fruit, berry and nut crops. Oryol: VNISPK Publ., 1999, 608 p.
8. Skvortsov A.K., Kuklina A.G. *Blue honeysuckles*. Moscow: Nauka Publ., 2002, 160 p.
9. Sorokopudov V.N., Kuklina A.G., Upadyshev M.T. Edible honeysuckle varieties: biology and basics of cultivation. M.: FGBNU VSTISP Publ., 2018, 160 p.
10. Sorokopudov V.N., Sorokopudova O.A., Kuklina A.G., Myachikova N.I. Wild berry crops - a source of biologically active substances as a mandatory component of human nutrition and health. *Ecological aspects of human, animal and plant life*. Belgorod: National Research University of Belgorod State University Publ., 2017, pp. 121-139.
11. Trineva O.V., Safonova E.F., Slivkin F.I. Determination of carotenoids in rosehip fruit. *Voprosy biologicheskoy, meditsinskoy i farmatsevticheskoy khimii*, 2012, no. 11, pp. 19-22.
12. Fedorinova O.I., Kozlovsky B.L., Kuropyatnikov M.V. Introduction of honeysuckle slender-leaved in Rostov-on-Don. *Introduction of non-traditional and rare plants*. Voronezh: Kvarta Publ., 2008, pp. 131-132.
13. Sheiko V.V. Honeysuckle slender-lobed (*Lonicera gracilipes* Miq.) - a promising for use in horticulture berry shrub. *Actual problems of reproduction of berry crops and ways of their solution*. Michurinsk: VNIIS Publ., 2010. URL: <http://konferenc2010.narod.ru/ht/Sheiko.doc> (accessed 30.06.2023).
14. Sheiko V.V. *Cultivation of ornamental species of honeysuckle in the conditions of Sakhalin*. Yuzhno-Sakhalinsk, 2011, 98 p.

15. Bors B. Haskap Breeding and Production / Agriculture Development Fund. Saskatchewan, 2012. URL: <http://www.agriculture.gov.sk.ca> (accessed 05.06.2023)
16. Brindza J., Grygorieva O., Klymenko S., Kuklina A., Vinogradova J. Genofondy netradičných druhov rastlín pri rozširovaní a využívaní agrobiodiverzity v agropotravinárstve. *Výsledky a prínosy excelentného centra ochrany a využívania agrobiodiverzity. Zborník prednášok z odborného seminára ECOVA a publikácie Vedecké práce FAPZ SPU v Nitre*. Nitra, 2011, pp. 46-74.
17. Celli G. B., Ghanem A., Brooks M. S. L. Haskap berries (*Lonicera caerulea* L.) - A critical review of antioxidant capacity and health-related studies for potential value-added products. *Food and Bioprocess Technology*, 2014, vol. 7 (6), pp. 1541-1554. <https://doi.org/10.1007/s11947-014-1301-2>
18. Chmiel T., Abogado D., Wardencki W. Optimization of capillary isotachopheric method for determination of major macroelements in blue honeysuckle berries (*Lonicera caerulea* L.) and related products. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 2014, vol. 406 (20), pp. 4965-4986. <https://doi.org/10.1007/s00216-014-7879-4>
19. Fujita R., Hayasaka T., Jin S., Hui S. P., Hoshino Y. Comparison of anthocyanin distribution in berries of Haskap (*Lonicera caerulea* subsp. *edulis* (Turcz. ex. Herder) Hultén), Miyama-uguisukagura (*Lonicera gracilipes* Miq.), and their interspecific hybrid using imaging mass spectrometry. *Plant science*, 2020, vol. 300, p. 110633. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2020.110633>
20. Fujita R., Jin S., Hayasak, T., Matoba K., Hoshino Y. Evaluation of fruit anthocyanin composition by lc/ms in interspecific hybrids between haskap (*Lonicera caerulea* subsp. *edulis* (Turcz. ex. Herder) Hultén) and miyama-uguisukagura (*Lonicera gracilipes* Miq.). *The Horticulture Journal*, 2020, vol. 89 (4), pp. 343-350. <https://doi.org/10.2503/hortj.UTD-139>
21. Fujita R., Jin S., Matoba K., Hoshino Y. Novel production of β -cryptoxanthin in haskap (*Lonicera caerulea* subsp. *edulis*) hybrids: Improvement of carotenoid biosynthesis by interspecific hybridization. *Scientia horticulturae*, 2023, vol. 308, pp. 111547. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111547>
22. Jurikova T., Rop O., Mlcek J., Sochor J., Balla S., Szekeres, L., Hegedusova A., Hubalek J., Adam V., Kizek R. Phenolic profile of edible honeysuckle berries (genus *Lonicera*) and their biological effects. *Molecules*, 2011, vol. 17(1), pp. 61-79. <https://doi.org/10.3390/molecules17010061>
23. Kaczmarek E., Gawronski J., Dyduch-Sieminska M., Najda A., Marecki W., Zebrowska J. Genetic diversity and chemical characterization of selected Polish and Russian cultivars and clones of blue honeysuckle (*Lonicera caerulea*). *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 2015, vol. 39, pp. 394-402. <https://doi.org/10.3906/tar-1404-149>

24. Kikuchi M., Matsuda N. Flavone glycosides from *Lonicera gracilipes* var. *glandulosa*. *Journal of Natural Products*, 1996, vol. 59(3), pp. 314-315. <https://doi.org/10.1021/np960180j>
25. Kuklina A. Adaptogenic and Radioprotective Properties of Blue Honeysuckle (*Lonicera caerulea* L.) Fruits. *Biodiversity after the Chernobyl Accident*, 2016, no. 2, pp. 123-126. URL: <http://ves.uniag.sk/files/pdf/tpcka3c9lyotzzn9hfg-dvvvjrxr55b.pdf> (accessed 08.06.2023).
26. Miyashita T., Hoshino Y. Interspecific hybridization in *Lonicera caerulea* and *Lonicera gracilipes*: The occurrence of green/albino plants by reciprocal crossing. *Scientia horticulturae*, 2010, vol. 125(4), pp. 692-699. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.05.032>
27. Myjavcová R., Marhol P., Křen V., Šimánek V., Ulricová J., Palicov I., Pa-poušková B., Lemr K., Bednár P. Analysis of anthocyanin pigments in *Lonicera* (*Caerulea*) extracts using chromatographic fractionation followed by microcolumn liquid chromatography-mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*, 2010, vol. 1217 (51), pp. 7932-7941. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2010.05.058>
28. Rupasinghe H. V., Boehm M. M., Sekhon-Loodu S., Parmar I., Bors B., Jamieson A. R. Anti-inflammatory activity of haskap cultivars is polyphenols-dependent. *Biomolecules*, 2015, vol. 5 (2), pp. 1079-1098. <https://doi.org/10.3390/biom5021079>
29. Skvortsov A.K. Blue honeysuckles (*Lonicera* subsect. *Caeruleae*) of Eurasia: distribution, taxonomy, chromosome numbers, domestication. *Acta Univ. Upsala, Symb. Bot.*, 1986, vol. 27 (2), pp. 95-105.
30. Svarcova I., Heinrich J., Valentova K. Berry fruits as a source of biologically active compounds: the case of *Lonicera caerulea*. *Biomedical Papers of the Med. fac. Univ. Palacky, Olomouc Czech Repub.*, 2007, vol. 151 (2), pp. 163-174. <https://doi.org/10.5507/bp.2007.031>
31. Wang Y., Zhu J., Meng X., Liu S., Mu J., Ning Ch. Comparison of polyphenol, anthocyanin and antioxidant capacity in four varieties of *Lonicera caerulea* berry extracts. *Food Chemistry*, 2016, vol. 197, part A, pp. 522-529. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.11.006>

ВКЛАД АВТОРОВ

Сорокопудов В.Н.: разработка концепции научного материала, изучение материала исследования, редактирование рукописи.

Куклина А.Г.: изучение материала исследования, написание рукописи и оформление результатов статьи.

Цыбулько Н.С.: сбор и анализ данных по *L. caerulea* и *L. iliensis*.

Лебедев Д.В.: сбор и анализ данных по *L. gracilipes*.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Vladimir N. Sorokopudov: development of the concept of scientific material, study of the research material, editing of the manuscript.

Alla G. Kuklina: study of the research material, writing the manuscript and formatting the results of the article.

Natalia S. Tsybulko: collection and analysis of data on *L. caerulea* and *L. iliensis*.

Dmitriy V. Lebedev: collection and analysis of data on *L. gracilipes*.

ДААННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Сорокопудов Владимир Николаевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник
ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений
ул. Грина, 7, г. Москва, 117216, Российская Федерация
sorokopud2301@mail.ru

Куклина Алла Георгиевна, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник
ФБГУН Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина Российской академии наук
ул. Ботаническая, 4, г. Москва, 127276, Российская Федерация
alla_gbsad@mail.ru

Цыбулько Наталья Степановна, кандидат фармацевтических наук, инженер
ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений
ул. Грина, 7, г. Москва, 117216, Российская Федерация
ostafevo11@yandex.ru

Лебедев Дмитрий Валерьевич, руководитель научно-производственной группы
Сахалинский филиал Ботанического сада-института ДВО РАН
ул. Горького, 21, г. Южно-Сахалинск, 693023, Российская Федерация
dimitriileb@yandex.ru

DATA ABOUT THE AUTHORS

Vladimir N. Sorokopudov, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Chief Researcher

*All-Russian Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants
7, Grina Str, Moscow, 117216, Russian Federation*

sorokopud2301@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0133-6919>

ResearcherID: B-1520-2018

Scopus Author ID: 8673366700

SPIN-code: 6202-7770

Alla G. Kuklina, Candidate of Biological Sciences, Leading researcher

*Tsitsin Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences
4, Botanycheskaya Str., Moscow, 127276, Russian Federation*

alla_gbsad@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9783-7776>

ResearcherID: J-600-2018

Scopus Author ID: 57023797100

SPIN-code: 7615-4813

Natalia S. Tsybulko, Candidate of Pharm. Sciences, Engineer

*All-Russian Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants
7, Grina Str., Moscow, 117216, Russian Federation*

ostafevo11@yandex.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9542-5017>

ResearcherID: AAD-5817-2022

Scopus Author ID: 57297457100

SPIN-code: 4691-4700

Dmitriy V. Lebedev, Head of the Research and Production Group

*Sakhalin branch of the Botanical Garden-Institute, Far Eastern Branch
of the Russian Academy of Sciences*

21, Gorky Str., Yuzhno-Sakhalinsk, 693023, Russian Federation

dimitriileb@yandex.ru

Поступила 22.07.2023

После рецензирования 22.08.2023

Принята 07.09.2023

Received 22.07.2023

Revised 22.08.2023

Accepted 07.09.2023