

ISSN 1029-8940 (Print)

ISSN 2524-230X (Online)

УДК 581.524.2:582.998:581.192(476)

<https://doi.org/10.29235/1029-8940-2020-65-2-144-152>

Поступила в редакцию 10.10.2019

Received 10.10.2019

**Т. А. Скуратович, О. В. Молчан**

*Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси,  
Минск, Республика Беларусь*

### **СОДЕРЖАНИЕ ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В АБОРИГЕННОМ И ИНВАЗИВНЫХ ВИДАХ РОДА *BIDENS*, ПРОИЗРАСТАЮЩИХ В РАЗЛИЧНЫХ РЕГИОНАХ БЕЛАРУСИ**

**Аннотация.** Исследовано содержание сумм фенольных соединений и флавоноидов в отдельных органах и траве трех видов череды (инвазивные виды – *Bidens frondosus* L. и *Bidens connatus* Willd., аборигенный вид – *Bidens tripartitus* L.), произрастающих в различных регионах Беларуси. Установлено, что максимальным накоплением соединений фенольной природы (сумм фенольных соединений и флавоноидов) характеризуются листья. Содержание данных метаболитов уменьшается в ряду «листья – соцветия – стебли и корни». Доля флавоноидов в листьях и соцветиях составляет в среднем 14 % от содержания фенольных соединений. Накопление фенольных метаболитов в траве растений череды олиственной, сростной и трехраздельной в зависимости от условий произрастания изменяется в среднем от 60, 55, 90 до 155, 130, 115 мг/г сухой массы, флавоноидов – от 7, 11, 8 до 20, 15, 19 мг/г сухой массы соответственно. Череда олиственная и сростная имеют более широкий диапазон варьирования сумм фенольных соединений в зависимости от условий произрастания, чем череда трехраздельная. В то же время сравнительный анализ сумм соединений фенольной природы в растениях разных видов череды, собранных в географически близких локалитетах, показал отсутствие значительных различий в содержании данных вторичных метаболитов в чужеродных и аборигенном видах.

**Ключевые слова:** *Bidens frondosus* L., *Bidens connatus* Willd., *Bidens tripartitus* L., фенольные соединения, флавоноиды

**Для цитирования:** Скуратович, Т. А. Содержание фенольных соединений в аборигенном и инвазивных видах рода *Bidens*, произрастающих в различных регионах Беларуси / Т. А. Скуратович, О. В. Молчан // Вест. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. биол. наук. – 2020. – Т. 65, № 2. – С. 144–152. <https://doi.org/10.29235/1029-8940-2020-65-2-144-152>

**Tatyana A. Skuratovich, Olga B. Molchan**

*V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus,  
Minsk, Republic of Belarus*

### **CONTENT OF PHENOLIC COMPOUNDS IN THE NATIVE AND ALIEN SPECIES OF THE *BIDENS* GENUS GROWING IN VARIOUS REGIONS OF BELARUS**

**Abstract.** The content of phenolic compounds and flavonoids in separate organs and aerial parts of *Bidens* species growing in different regions of Belarus was studied (alien species – *Bidens frondosus* L. and *Bidens connatus* Willd., native species – *Bidens tripartitus* L.). It was found that the leaves were characterized by the maximum accumulation of total phenolic compounds and total flavonoids. The accumulation of these metabolites decreased in the row of “leaves – inflorescences – stems and roots”. Approximately 14 % of phenolic compounds in leaves and inflorescences were flavonoids. The accumulation of phenolic compounds in the aerial parts of *B. frondosus*, *B. connatus* and *B. tripartitus*, depending on the growing conditions, varied from 60, 55, 90 to 155, 130, 115 mg/g dry weight, flavonoids – from 7, 11, 8 to 20, 15, 19 mg/g dry weight, correspondingly. *B. frondosus* and *B. connatus* demonstrated a wider range of variation in the sum of phenolic compounds than *B. tripartitus*. A comparative analysis of the total phenolic accumulation in plants of different species collected in geographically close localities showed the absence of significant differences in the content of the studied secondary metabolites in alien and native species of *Bidens*.

**Keywords:** *Bidens frondosus* L., *Bidens connatus* Willd., *Bidens tripartitus* L., phenolic compounds, flavonoids

**For citation:** Skuratovich T. A., Molchan O. B. Content of phenolic compounds in the native and alien species of the *Bidens* genus growing in various regions of Belarus. *Vestsi Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya biyalagichnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Biological series*, 2020, vol. 65, no. 2, pp. 144–152 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1029-8940-2020-65-2-144-152>

**Введение.** Род *Bidens* насчитывает около 230 видов, которые произрастают в тропических, субтропических и умеренных широтах, преимущественно в Южной и Северной Америке [1]. Наиболее распространенными аборигенными видами этого рода в Беларуси являются череда трехраздельная (*Bidens tripartitus* L.) и череда поникшая (*Bidens cernuus* L.), реже встречается череда лучистая (*Bidens radiatus* Thuill.) [2]. В 1955 г. в Беларуси впервые был зафиксирован чужеродный вид североамериканского происхождения – череда олиственная (*Bidens frondosus* L.) [2]. В настоящее время *B. frondosus* входит в список 50 самых распространенных инвазивных видов Европы [3].

По данным Н. В. Васильевой [4], основным механизмом воздействия *B. frondosus* на аборигенные виды череды является поглощение последних в процессе активной гибридизации и конкуренции с ними за имеющиеся ресурсы, что позволяет *B. frondosus* активно внедряться в растительные сообщества. Череда олиственная имеет более высокую конкурентоспособность по сравнению с чередой трехраздельной, поскольку обладает более высокими темпами развития и накопления биомассы, особенно в начале онтогенеза [4]. По данным, приведенным в работе [5], высота *B. frondosus* на 35 % превышает высоту растений аборигенных видов рода *Bidens*. Сухая масса растения *B. frondosus* больше массы *B. tripartitus* в 1,5 раза. При одинаковой толщине листа небольшая плотность листьев *B. frondosus* обуславливает меньший (в 1,2 раза) сухой вес единицы площади листа, чем у *B. tripartitus*. Авторы работы полагают, что эти структурные особенности листьев *B. frondosus* способствуют оптимизации процессов газообмена и позволяют развить большую ассимиляционную поверхность на единицу массы растения. Анализ семенной продуктивности показал, что в ряду *B. tripartitus* – *B. frondosus* увеличивалось число корзинок, но снижалось число семян в одной корзинке и количество семян в расчете на одно растение. При этом масса 100 семян у *B. frondosus* по сравнению с *B. tripartitus* была в 1,6 раза больше [5].

В начале 1980-х годов в Беларуси был отмечен еще один инвазивный вид череды – череда сростная (*Bidens connatus* Willd.) [6, 7]. Это травянистое однолетнее растение североамериканского происхождения. Высота растений составляет 25–150 см, иногда может достигать 2 м. В последнее время этот вид, как и череда олиственная, интенсивно распространяется по территории нашей республики [8]. При этом инвазионный потенциал *B. connatus* изучен гораздо меньше.

В связи с изложенным выше места естественного обитания аборигенного вида череды трехраздельной значительно сокращаются. А между тем череда трехраздельная является известным лекарственным растением и включена в фармакопею многих стран мира [9]. Травя *B. tripartitus* улучшает пищеварение, нормализует обмен веществ, обладает противовоспалительными и ранозаживляющими свойствами [10]. Активное распространение чужеродных видов череды по территории Беларуси, высокие темпы накопления биомассы и морфологическое сходство с аборигенным видом являются факторами, обуславливающими необходимость определения содержания биологически активных соединений в сырье инвазивных видов череды для оценки перспектив его возможного хозяйственного использования. Кроме того, череда олиственная была включена во второе издание Государственной фармакопеи Республики Беларусь (2016 г.) наряду с аборигенным видом – чередой трехраздельной [11]. В то же время в качестве лекарственного сырья данный чужеродный вид не используется в соседних странах – ни в России, ни на Украине. Таким образом, биохимические особенности инвазивных видов череды требуют углубленного изучения, поскольку качественный и количественный состав биологически активных веществ (БАВ), определяющих как фармакологическую, так и хозяйственную ценность растительного сырья, обусловлен не только генетическим потенциалом, но и условиями произрастания вида.

Фенольные соединения – одна из самых больших групп БАВ растений [12, 13]. Многие соединения фенольной природы, являясь мощными ингибиторами или активаторами митотического цикла клетки, являются ключевыми компонентами как лекарственных, так и используемых в растениеводстве препаратов. Особо следует отметить антиоксидантную способность флавоноидов. Фенольные соединения принимают участие в обмене веществ, а также выполняют защитные функции в условиях стресса. Существуют немногочисленные литературные данные [14] о том, что надземная часть *B. frondosus* содержит простые полифенолы, фенолкарбоновые кислоты и флавоноиды. Однако необходимо отметить, что состав и содержание фенольных метаболитов

инвазивных видов череды, произрастающих в различных регионах Беларуси, к настоящему времени практически не изучены. Поэтому такие исследования весьма актуальны.

Цель данной работы – оценка содержания сумм фенольных соединений и флавоноидов инвазивных (череды олиственной и череды сростной) и аборигенного (череды трехраздельной) видов, выявленных в различных регионах, а также в географически близких локалитетах на территории Беларуси.

**Материалы и методы исследования.** Объектами исследования были собранные в фазу бутонизации и начала цветения трава *Herba Bidentis* (облиственные верхушки стеблей и боковых ветвей длиной не более 15 см и крупные листья), очищенные от листьев стебли, листья и соцветия *B. frondosus*, *B. connatus* и *B. tripartitus*. Сбор сырья был произведен в различных регионах и географически близких локалитетах Беларуси.

Сырье высушивали при комнатной температуре до воздушно-сухого состояния, измельчали до состояния пудры.

Суммы фенольных соединений и флавоноидов определяли спектрофотометрически с использованием реактива Фолина–Дениса [15] и хлорида алюминия [16] в пересчете на хлорогеновую кислоту и лютеолин-7-О-глюкозид соответственно, оптическую плотность поглощения – с помощью спектрофотометра СФ 2000 (Россия).

Эксперименты были выполнены в трехкратной повторности. Данные в таблицах и на гистограммах представлены в виде средней арифметической величины и ошибки средней величины.

**Результаты и их обсуждение.** Растения *B. frondosus*, *B. connatus* и *B. tripartitus* были собраны в 27 различных локалитетах на территории Республики Беларусь. В траве и различных органах всех образцов изучено содержание сумм фенольных соединений и флавоноидов. Исследование показало, что уровень накопления метаболитов варьируется в очень широком диапазоне значений. В табл. 1–3 представлены результаты исследования содержания сумм фенольных соединений и флавоноидов в растениях с максимальным, промежуточным и минимальным накоплением данных метаболитов: в черede олиственной (собранной в Любанском, Солигорском районах и г. Минске), черede сростной (в Шарковщинском, Вилейском, Дзержинском районах) и черede трехраздельной (в Глубокском, Борисовском, Житковичском районах). Так, в образцах травы, собранных в Любанском, Шарковщинском, Глубокском районах, суммы фенольных метаболитов были максимальными, а в образцах, заготовленных в г. Минске, Дзержинском и Житковичском районах, – минимальными.

Исследование также показало, что распределение фенольных соединений, как и ожидалось, является органоспецифичным. На примере образцов *B. frondosus*, собранных в Любанском районе, можно отметить, что максимальным содержанием фенольных соединений и флавоноидов характеризуются листья –  $212,76 \pm 2,697$  и  $34,22 \pm 2,584$  мг/г сухой массы соответственно. В соцветиях сумма соединений фенольной природы составила  $125,84 \pm 2,985$  мг/г сухой массы, а доля флавоноидов в данной части растения – 14 % от общей суммы фенольных соединений ( $17,05 \pm 1,296$  мг/г сухой массы). В стеблях выявлено низкое содержание сумм фенольных метаболитов и флавоноидов –  $39,91 \pm 0,604$ ,  $5,02 \pm 0,316$  мг/г сухой массы соответственно. В корнях содержание фенольных соединений было минимальным –  $24,98 \pm 0,565$  мг/г сухой массы. Содержание сумм флавоноидов в подземной части исследованного варианта было ниже предела определения, хотя в корнях некоторых образцов достигало 2–2,9 мг/г сухой массы (табл. 1–3).

Как в *B. frondosus*, в растениях *B. connatus* максимальное содержание сумм фенольных соединений и флавоноидов отмечено в листьях –  $187,27 \pm 5,182$  и  $22,09 \pm 0,829$  мг/г сухой массы соответственно (Шарковщинский район). Несколько меньше соединений фенольной природы в соцветиях –  $168,70 \pm 4,341$  мг/г сухой массы. Количество флавоноидов в соцветиях составило  $19,45 \pm 1,160$  мг/г сухой массы. В стеблях накопление фенольных соединений было минимальным –  $44,05 \pm 1,934$  мг/г сухой массы (табл. 2).

Результаты исследований показали, что у аборигенного вида череды максимальное количество фенольных соединений и флавоноидов находилось также в листьях –  $183,22 \pm 1,893$  и  $32,29 \pm 4,991$  мг/г сухой массы соответственно (образец череды трехраздельной, собранной в Житковичском районе). В соцветиях их содержание составило  $90,58 \pm 1,485$  и  $12,50 \pm 0,914$  мг/г

сухой массы соответственно. В стеблях зафиксировано минимальное содержание сумм фенольных соединений и флавоноидов –  $43,69 \pm 0,868$  и  $6,02 \pm 0,325$  мг/г сухой массы соответственно. В корнях количество флавоноидов составило  $2,06 \pm 0,722$  мг/г сухой массы (максимальное содержание – в образце из Борисовского района) либо было ниже предела определения (табл. 3).

Необходимо отметить, что в некоторых случаях содержание фенольных соединений в соцветиях было больше, чем в листьях, что можно наблюдать в образцах *B. frondosus*, собранной в г. Минске (табл. 1), *B. connatus* из Вилейского (табл. 2) и *B. tripartitus* из Борисовского района (табл. 3).

Т а б л и ц а 1. Содержание сумм фенольных соединений и флавоноидов в траве и различных органах *B. frondosus*, мг/г сухой массы

Table 1. Total phenolic compounds and flavonoids accumulation in the air parts and different organs of *B. frondosus*, mg/g dry weight

Объект	Любанский р-н		Солигорский р-н		г. Минск	
	Сумма фенольных соединений	Сумма флавоноидов	Сумма фенольных соединений	Сумма флавоноидов	Сумма фенольных соединений	Сумма флавоноидов
Листья	$212,76 \pm 2,697$	$34,22 \pm 2,584$	$172,59 \pm 2,032$	$23,56 \pm 0,608$	$59,90 \pm 1,374$	$6,82 \pm 0,688$
Соцветия	$125,84 \pm 2,985$	$17,05 \pm 1,296$	$138,64 \pm 1,862$	$15,12 \pm 0,692$	$75,82 \pm 1,310$	$5,90 \pm 0,696$
Стебли	$39,91 \pm 0,604$	$5,02 \pm 0,316$	$38,55 \pm 0,927$	$4,87 \pm 0,252$	$23,84 \pm 0,295$	$1,88 \pm 0,280$
Корни	$24,98 \pm 0,565$	–	$12,25 \pm 0,218$	–	$13,99 \pm 0,344$	$1,05 \pm 0,660$
Трава	$156,52 \pm 0,806$	$19,13 \pm 1,628$	$138,95 \pm 1,673$	$17,39 \pm 0,492$	$60,41 \pm 1,348$	$7,33 \pm 0,616$

П р и м е ч а н и е. Здесь и в табл. 3 прочерк означает, что содержание флавоноидов ниже предела определения.

Т а б л и ц а 2. Содержание сумм фенольных соединений и флавоноидов в траве и различных органах *B. connatus*, мг/г сухой массы

Table 2. Total phenolic compounds and flavonoids accumulation in the air parts and different organs of *B. connatus*, mg/g dry weight

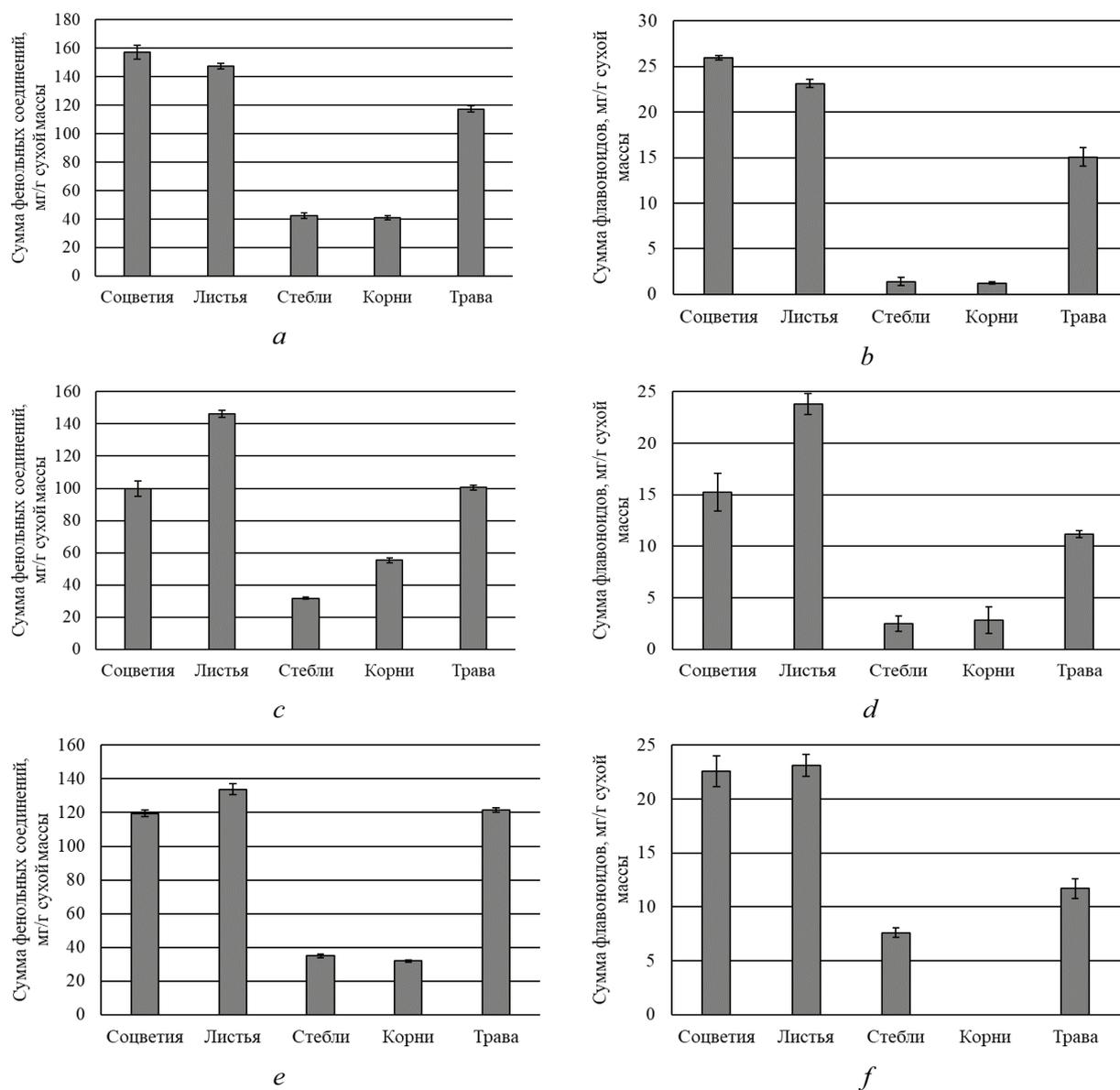
Объект	Шарковщинский р-н		Вилейский р-н		Дзержинский р-н	
	Сумма фенольных соединений	Сумма флавоноидов	Сумма фенольных соединений	Сумма флавоноидов	Сумма фенольных соединений	Сумма флавоноидов
Листья	$187,27 \pm 5,182$	$22,09 \pm 0,829$	$108,04 \pm 3,680$	$16,29 \pm 1,745$	$84,35 \pm 1,635$	$14,40 \pm 0,527$
Соцветия	$168,70 \pm 4,341$	$19,45 \pm 1,160$	$117,00 \pm 0,158$	$14,16 \pm 0,259$	$68,43 \pm 1,103$	$11,47 \pm 0,233$
Стебли	$44,05 \pm 1,934$	$4,28 \pm 0,339$	$21,517 \pm 0,378$	$2,56 \pm 0,230$	$11,73 \pm 1,651$	$1,92 \pm 0,532$
Корни	$54,01 \pm 2,916$	$2,09 \pm 0,497$	$24,59 \pm 0,257$	$0,38 \pm 0,171$	$23,20 \pm 0,903$	$2,86 \pm 0,496$
Трава	$129,24 \pm 0,660$	$14,74 \pm 1,108$	$89,74 \pm 3,835$	$12,00 \pm 1,334$	$54,86 \pm 2,009$	$11,22 \pm 0,281$

Т а б л и ц а 3. Содержание сумм фенольных соединений и флавоноидов в траве и различных органах *B. tripartitus*, мг/г сухой массы

Table 3. Total phenolic compounds and flavonoids accumulation in the air parts and different organs of *B. tripartitus*, mg/g dry weight

Объект	Глубокский р-н		Борисовский р-н		Житковичский р-н	
	Сумма фенольных соединений	Сумма флавоноидов	Сумма фенольных соединений	Сумма флавоноидов	Сумма фенольных соединений	Сумма флавоноидов
Листья	$123,80 \pm 1,085$	$12,64 \pm 1,197$	$138,88 \pm 3,676$	$27,98 \pm 1,528$	$183,22 \pm 1,893$	$32,29 \pm 4,991$
Соцветия	$101,20 \pm 0,662$	$7,10 \pm 1,054$	$140,30 \pm 1,912$	$26,72 \pm 2,348$	$90,58 \pm 1,485$	$12,50 \pm 0,914$
Стебли	$32,82 \pm 0,433$	–	$40,23 \pm 0,718$	$7,58 \pm 1,066$	$43,69 \pm 0,868$	$6,02 \pm 0,325$
Корни	$47,93 \pm 0,573$	–	$26,22 \pm 0,498$	$2,06 \pm 0,722$	$55,83 \pm 0,895$	–
Трава	$112,9 \pm 1,150$	$7,98 \pm 1,059$	$107,47 \pm 2,048$	$18,56 \pm 0,428$	$91,35 \pm 1,674$	$13,50 \pm 0,676$

Из данных табл. 1 видно, что сумма фенольных соединений в траве *B. frondosus* варьировалась от  $60,41 \pm 1,348$  (г. Минск) до  $156,52 \pm 0,806$  мг/г сухой массы (Любанский р-н). В образце, собранном в Солигорском районе, сумма соединений фенольной природы составила  $138,95 \pm 1,673$  мг/г сухой массы. Доля флавоноидов в общей сумме фенольных соединений в траве череды олиственной была равна примерно 12 % (от  $7,33 \pm 0,616$  до  $19,13 \pm 1,628$  мг/г сухой массы).



Суммы фенольных соединений (a, c, e) и флавоноидов (b, d, f) в экстрактах *B. frondosus* (a, b), *B. connatus* (c, d), *B. tripartitus* (e, f), собранных в д. Лапичи Осиповичского района Могилевской области

Total phenolic compounds (a, c, e) and flavonoids (b, d, f) accumulation in extracts of *B. frondosus* (a, b), *B. connatus* (c, d), *B. tripartitus* (e, f), collected in village Lapichi, Osipovichsky district, Mogilev

Максимальное содержание фенольных соединений и флавоноидов в траве *B. connatus* было отмечено в образце, собранном в Шарковщинском районе, –  $129,24 \pm 0,660$  и  $14,74 \pm 1,108$  мг/г сухой массы соответственно (табл. 2). Минимальное – в траве, заготовленной в Дзержинском районе, –  $54,86 \pm 2,009$  мг/г сухой массы. Сумма флавоноидов в траве данного образца составила  $11,22 \pm 0,281$  мг/г сухой массы.

Сумма фенольных соединений в траве *B. tripartitus* варьировалась от  $91,35 \pm 1,674$  (Житковичский район) до  $112,9 \pm 1,150$  мг/г сухой массы (Глубокский район). Количество флавоноидов в общей сумме фенольных соединений в траве череды трехраздельной находилось в пределах от  $7,98 \pm 1,059$  до  $18,56 \pm 0,428$  мг/г сухой массы (табл. 3).

Таким образом, как и следовало ожидать, содержание фенольных соединений и флавоноидов в траве и различных органах растений всех исследованных видов череды значительно изменяется в зависимости от места сбора образцов. Уровни содержания фенольных метаболитов различаются в 3,5 раза и более. Согласно результатам наших исследований, череда олиственная и череда сrost-

ная характеризовались бoльшим диапазоном варьирования суммы фенольных соединений в зависимости от условий произрастания по сравнению с данным показателем у череды трехраздельной.

Различия в содержании исследованных соединений часто определяются условиями произрастания: структурой, минеральным составом и влажностью почвы, освещенностью, температурным режимом и другими факторами. Например, по данным [17, 18], УФ-облучение на фоне засухи повышает в растениях секрецию флавоноидов. J. P. Bryant и M. Keinänen [19, 20] установили, что на содержание соединений фенольной природы влияет плодородие почв. Так, в растениях, произрастающих на обедненной азотом почве, наблюдалось увеличение данного показателя по сравнению с таковым в почвах, богатых этим элементом. Также имеются сведения, что при усилении пастбищной нагрузки изменяются условия произрастания растений, обусловленные увеличением доступа солнечного света к поверхности почвы, что также способствует повышению содержания фенольных соединений в листьях [21].

В ходе мониторинга распространения инвазивных видов череды были выявлены географически близкие локалитеты произрастания *B. frondosus*, *B. connatus* и *B. tripartitus*, например в д. Лапичи Осиповичского района Могилевской области. Анализ данного сырья *B. frondosus* показал, что в траве сумма фенольных соединений и флавоноидов составляла  $117,40 \pm 2,123$  и  $15,065 \pm 1,028$  мг/г сухой массы соответственно (см. рисунок, *a, b*). Максимальное количество компонентов фенольной природы находилось в соцветиях –  $157,19 \pm 4,790$  (сумма фенольных соединений) и  $25,96 \pm 0,260$  (сумма флавоноидов) мг/г сухой массы. В листьях эти показатели составили  $147,57 \pm 1,931$  и  $23,14 \pm 0,461$  мг/г сухой массы соответственно. В стеблях и корнях содержание фенольных соединений было минимальным.

В траве череды сростной, собранной в Осиповичском районе (см. рисунок, *c, d*), содержание суммы фенольных соединений и флавоноидов составило  $100,56 \pm 1,412$  и  $11,16 \pm 0,345$  мг/г сухой массы соответственно. Максимальное накопление было отмечено в листьях ( $146,35 \pm 2,247$  и  $23,78 \pm 1,010$  мг/г сухой массы соответственно). Минимальное содержание веществ фенольной природы наблюдалось в стеблях.

В траве аборигенного вида, череды трехраздельной, содержалось  $121,67 \pm 1,355$  мг/г сухой массы фенольных соединений и  $11,71 \pm 0,934$  мг/г сухой массы флавоноидов (см. рисунок, *e, f*). Максимальное содержание метаболитов в данных образцах отмечено в листьях –  $133,87 \pm 3,392$  (сумма фенольных соединений) и  $23,12 \pm 1,046$  (сумма флавоноидов) мг/г сухой массы. В корнях сумма фенольных соединений была минимальной, а количество флавоноидов было ниже уровня определения.

Таким образом, череда олиственная, череда сростная и череда трехраздельная, произрастающие в географически близких локалитетах, обладают сходными суммами фенольных соединений и флавоноидов.

**Заключение.** Установлено, что содержание фенольных соединений и флавоноидов в траве и различных органах растений всех исследованных видов череды (инвазивные виды – череда олиственная и череда сростная, аборигенный вид – череда трехраздельная), произрастающих на территории Беларуси, варьировалось в зависимости от условий произрастания. Уровни содержания фенольных метаболитов различались в 3,5 раза и более. Согласно результатам наших исследований, череда олиственная и череда сростная характеризовались бoльшим диапазоном варьирования суммы фенольных соединений в зависимости от условий произрастания, чем у череды трехраздельной. Так, сумма фенольных соединений и флавоноидов в траве *B. frondosus* отличалась в 2,6 и 2,7 раза соответственно, сумма метаболитов фенольной природы в траве растений *B. connatus* – в 2,3 раза, а сумма флавоноидов – в 1,3 раза. Сумма фенольных соединений в траве *B. tripartitus* в зависимости от условий произрастания отличалась в 1,2 раза, а сумма флавоноидов – в 2,3 раза.

Сравнительный анализ сумм фенольных соединений и флавоноидов в растениях череды, собранных в географически близких локалитетах, показал сходство данных параметров в инвазивных видах череды – черede олиственной и черede сростной, а также в аборигенном представителе данного вида – черede трехраздельной. Таким образом, чужеродные виды череды, собранные в определенных локалитетах, могут быть источником хозяйственно ценных фенольных соединений и флавоноидов. Заготовка инвазивных видов череды *B. frondosus* и *B. connatus* позволит регулировать их распространение на территории Беларуси и предотвратить вытеснение аборигенного вида череды *B. tripartitus*, минимизируя их негативное влияние на экологические системы.

**Благодарности.** Результаты были получены в рамках проекта «Разработать способы использования инвазивных представителей родов Черда и Золотарник как потенциального биологического ресурса с целью снижения их численности и ограничения дальнейшего распространения в природных фитоценозах» (научные руководители О. В. Молчан, В. И. Домаш, 2016–2020 гг., ОНТП «Интродукция, озеленение, экобезопасность», подпрограмма «Противодействие экспансии чужеродных видов, организмов и патогенов, минимизация ущерба для природного разнообразия, экономики и здоровья человека») при поддержке Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды.

Авторы выражают благодарность канд. биол. наук, доценту кафедры ботаники биологического факультета БГУ Максиму Анатольевичу Джусу за помощь в сборе и идентификации растений.

**Acknowledgements.** The results were obtained in the project «To develop methods for using the invasive *Bidens* and *Solidago* species as a potential biological resource in order to reduce their distribution in natural phytocenoses». (principal investigator O. V. Molchan, V. I. Domash, 2016–2020, Programme “Introduction, gardening, environmental safety”, subprogramme “Countering the expansion of alien species, organisms and pathogens, minimization of damage to natural diversity, the economy and human health”) with the support of the Ministry of Natural Resources and Environmental Protection of Republic of Belarus.

The authors are grateful to the Assistant Professor of the Department of Botany of the Biological Faculty of the Belarusian State University, Ph. D., Maxim Anatolyevich Dzhus for his help in collecting and identifying plants.

### Список использованных источников

1. Strother, J. L. *Bidens* L. / J. L. Strother, R. R. Weedon // Flora of North America North of Mexico. – New York, Oxford, 2006. – Vol. 21: Magnoliophyta: Asteridae, Part 8: Asteraceae, Part 3. – P. 205.
2. Джус, М. А. Род *Bidens* L. (Asteraceae) во флоре Белоруссии / М. А. Джус // Материалы I (IX) Междунар. конф. молод. ботаников в Санкт-Петербурге (Санкт-Петербург, 21–26 мая 2006 г.). – СПб., 2006. – С. 49–50.
3. Alien flora of Europe: species diversity, temporal trends, geographical patterns and research needs / P. W. Lambdon [et al.] // Preslia. – 2008. – Vol. 80, N 2. – P. 101–149.
4. Васильева, Н. В. Механизмы воздействия инвазивной *Bidens frondosa* L. на аборигенные виды череды / Н. В. Васильева, В. Г. Папченко // Рос. журн. биол. инвазий. – 2011. – Т. 4, № 1. – С. 15–22.
5. Ронжина, Д. А. Распространение, конкурентоспособность и семенная продуктивность *Bidens frondosa* на Среднем Урале / Д. А. Ронжина // Рос. журн. биол. инвазий. – 2017. – Т. 10, № 3. – С. 68–79.
6. Джус, М. А. Черда сростная (*Bidens connata* Muehl. ex Willd., Asteraceae) инвазивный вид во флоре Беларуси / М. А. Джус // Биологическое разнообразие Белорусского Поозерья: современное состояние, проблемы использования и охраны : материалы II Междунар. науч.-практ. конф. (Витебск, 19–21 ноября 2008 г.) / Витеб. гос. ун-т ; редкол. : А. М. Дорофеев (гл. ред.) [и др.]. – Витебск, 2008. – С. 89–91.
7. Савицкая, К. Л. Новые местонахождения водных и околоводных растений в центральной части подзоны борельных ландшафтов Беларуси / К. Л. Савицкая, М. А. Джус, И. М. Степанович // Вестн. БГУ. Сер. 2, Химия. Биология. География. – 2013. – № 2. – С. 52–57.
8. Джус, М. А. Инвазивные американские виды череды (*Bidens* L., Asteraceae) в национальных парках и заповедниках Беларуси / М. А. Джус // Заповедное дело в Республике Беларусь: итоги и перспективы : материалы междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 85-летию Березинского заповедника (п. Домжерицы, 22–25 сентября 2010 г.) / редкол. : В. С. Ивкович (отв. ред.) [и др.]. – Минск, 2010. – С. 153–156.
9. Государственная фармакопея Республики Беларусь : в 3 т. / РУП «Центр экспертиз и испытаний в здравоохранении» ; под общ. ред. А. А. Шерякова. – Минск : МГПТК полиграфии, 2007. – Т. 2. – 471 с.
10. Растительные ресурсы СССР: цветковые растения, их химический состав, использование: в 9 т. – СПб. : Наука, 1984–1996. – Т. 7: Семейство Asteraceae (Compositae). – 1993. – С. 76–79.
11. Государственная фармакопея Республики Беларусь: (ГФ РБ II) : в 2 т. – Т. 2 : Контроль качества субстанций для фармацевтического использования и лекарственного растительного сырья / М-во здравоохран. Респ. Беларусь, Респ. УП «Центр экспертиз и испытаний в здравоохранении» ; под общ. ред. С. И. Марченко. – 2-е изд. – Молодечно : Победа, 2016. – 1368 с.
12. Запрометов, М. Н. Фенольные соединения: Распространение, метаболизм и функции в растениях / М. Н. Запрометов. – М. : Наука, 1993. – 272 с.
13. Вольнец, А. П. Фенольные соединения в жизнедеятельности растений / А. П. Вольнец. – Минск : Беларус. навука, 2013. – 283 с.
14. Виноградова, Ю. К. Ресурсный потенциал инвазивных видов растений / Ю. К. Виноградова, А. Г. Куклина. – М. : Геос, 2012. – 185 с.
15. Folin, O. On tyrosine and tryptophane determinations in proteins / O. Folin, V. Ciocalteu // J. Biol. Chem. – 1927. – Vol. 73, N 2. – P. 627–650.
16. Беликов, В. В. Методы анализа флавоноидных соединений / В. В. Беликов, М. С. Шрайбер // Фармация. – 1970. – № 1. – С. 66–72.
17. Chaves, N. Role of ecological variables in the seasonal variation of flavonoid content of *Cistus ladanifer* exudate / N. Chaves, J. C. Escuredo, C. Gutierrez-Merino // J. Chem. Ecol. – 1987. – Vol. 23, N 3. – P. 579–603. <https://doi.org/10.1023/b:joec.0000006398.79306.09>

18. Separation of sunlight and temperature effects on the composition of *Vitis vinifera* cv. Merlot berries / S. Spayd [et al.] // *Am. J. Enol. Vitic.* – 2002. – Vol. 53. – P. 171–182.
19. Bryant, J. P. Carbon/nutrient balance of boreal plants in relation to vertebrate herbivory / J. P. Bryant, F. S. Chapin, D. R. Klein // *Oikos.* – 1983. – Vol. 40, N 3. – P. 357–368. <https://doi.org/10.2307/3544308>
20. Trade-offs in phenolic metabolism of silver birch: effects of fertilization, defoliation, and genotype / M. Keinänen [et al.] // *Ecology.* – 1999. – Vol. 80, N 6. – P. 1970–1986. <https://doi.org/10.2307/176672>
21. Бускунова, Г. Г. Экологические и биохимические особенности *Achillea nobilis* L. в условиях степной зоны Южного Урала : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.16 / Г. Г. Бускунова ; Ин-т биологии Уфим. науч. центра РАН. – Уфа, 2009. – 22 с.

## References

1. Strother J. L., Weedon R. R. *Bidens* L. *Flora of North America North of Mexico. Vol. 21: Magnoliophyta: Asteridae, Part 8: Asteraceae, Part 3.* New York, Oxford, 2006, p. 205.
2. Dzhus M. A. Genus *Bidens* L. (Asteraceae) in the flora of Belarus. *Materialy I (IX) Mezhdunarodnoi konferentsii molodykh botanikov v Sankt-Peterburge (Sankt-Peterburg, 21–26 maya 2006 goda)* [Materials of the I (IX) International conference of young botanists in St. Petersburg (St. Petersburg, May 21–26, 2006)]. St. Petersburg, 2006, pp. 49–50 (in Russian).
3. Lambdon P. W., Pyšek P., Basnou C., Hejda M., Arianoutsou M., Essl F. [et al.]. Alien flora of Europe: species diversity, temporal trends, geographical patterns and research needs. *Preslia*, 2008, vol. 80, no. 2, pp. 101–149.
4. Vasil'eva N. V., Papchenkov V. G. Mechanisms of the impact of invasive *Bidens frondosa* L. on the aboriginal species of the Bidens. *Rossiiskii zhurnal biologicheskikh invazii = Russian journal of biological invasions*, 2011, vol. 4, no. 1, pp. 15–22 (in Russian).
5. Ronzhina D. A. Distribution, competitiveness and seed productivity of *Bidens frondosa* in the Middle Urals. *Rossiiskii zhurnal biologicheskikh invazii = Russian journal of biological invasions*, 2017, vol. 10, no. 3, pp. 68–79 (in Russian).
6. Dzhus M. A., *Bidens connata* (*Bidens connata* Muehl. Ex Willd., Asteraceae) invasive species in the flora of Belarus. *Biologicheskoe raznoobrazie Belorusskogo Poozer'ya: sovremennoe sostoyanie, problemy ispol'zovaniya i okhrany: materialy II Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii (Vitebsk, 19–21 noyabrya 2008 goda)* [The biological diversity of the Belarusian Lake District: current status, problems of use and protection: materials of the II International scientific and practical conference (Vitebsk, November 19–21, 2008)]. Vitebsk, 2008, pp. 89–91 (in Russian).
7. Savitskaya K. L., Dzhus M. A., Stepanovich I. M. New locations of aquatic and near-water plants in the central part of the subzone of the boreal landscapes of Belarus. *Vestnik Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 2, Khimiya. Biologiya. Geografiya* [Bulletin of the Belarusian State University. Series 2, Chemistry. Biology. Geography], 2013, no. 2, pp. 52–57 (in Russian).
8. Dzhus M. A. Invasive American species of the series (*Bidens* L., Asteraceae) in the national parks and reserves of Belarus. *Zapovednoe delo v Respublike Belarus': itogi i perspektivy: materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, posvyashchennoi 85-letiyu Berezinskogo biosfernogo zapovednika (22–25 sentyabrya 2010, g. p. Domzheritsy)* [Nature reserve in the Republic of Belarus: results and prospects: materials of the International scientific-practical conference dedicated to the 85th anniversary of the Berezinsky Biosphere Reserve (September 22–25, 2010, Domzheritsy settlement)]. Minsk, 2010, pp. 153–156 (in Russian).
9. Sheryakov A. A. (ed.) *The State Pharmacopoeia of the Republic of Belarus. Vol 2.* Minsk, Minsk State Vocational College of Printing, 2007. 471 p. (in Russian).
10. *Plant resources of the USSR: flowering plants, their chemical composition, use: in 9 vol.* Sankt Petersburg, 1996. Vol. 7: The Asteraceae Family (Compositae), 1993, pp. 76–79 (in Russian).
11. Marchenko S. I. (ed.) *The State Pharmacopoeia of the Republic of Belarus: (State Pharmacopoeia of Belarus II). Vol. 2. Quality control of substances for pharmaceutical use and medicinal plant materials. 2nd ed.* Molodechno, Tipografiya "Pobeda" Publ., 2016. 1368 p. (in Russian).
12. Zaprometov M. N. *Phenolic compounds: distribution, metabolism and functions in plants.* Moscow, Nauka Publ., 1993. 272 p. (in Russian).
13. Volynets A. P. *Phenolic compounds in the life of plants.* Minsk, Belaruskaya navuka Publ., 2013. 283 p. (in Russian).
14. Vinogradova Yu. K., Kuklina A. G. *Resource potential of invasive plant species.* Moscow, Geos Publ., 2012. 185 p. (in Russian).
15. Folin O. On tyrosine and tryptophane determinations in proteins. *Journal of Biological Chemistry*, 1927, vol. 73, no. 2, pp. 627–650.
16. Belikov V. V., Shraiber M. S. Methods of analysis of flavonoid compounds. *Farmatsiya* [Pharmacy], 1970, no. 1, pp. 66–72 (in Russian).
17. Chaves N., Escuredo J. C., Gutierrez-Merino C. Role of ecological variables in the seasonal variation of flavonoid content of *Cistus ladanifer* exudate. *Journal of Chemical Ecology*, 1987, vol. 23, no. 3, pp. 579–603. <https://doi.org/10.1023/b:joec.0000006398.79306.09>
18. Spayd S. E., Tarara J. M., Mee D. L., Ferguson J. C. Separation of sunlight and temperature effects on the composition of *Vitis vinifera* cv. Merlot berries. *American Journal of Enology and Viticulture*, 2002, vol. 53, pp. 171–182.

19. Bryant J. P., Chapin F. S., Klein D. R. Carbon/nutrient balance of boreal plants in relation to vertebrate herbivory. *Oikos*, 1983, vol. 40, no. 3, pp. 357–368. <https://doi.org/10.2307/3544308>

20. Keinänen M., Julkunen-Tiitto R., Mutikainen P., Walls M., Ovaska J., Vapaavuori E. Trade-offs in phenolic metabolism of silver birch: effects of fertilization, defoliation, and genotype. *Ecology*, 1999, vol. 80, pp. 1970–1986. <https://doi.org/10.2307/176672>

21. Buskunova G. G. *Ecological and biochemical features of Achillea nobilis L. in the steppe zone of the Southern Urals*. Abstract of Ph. D. diss. Ufa, 2009. 22 p. (in Russian).

### Информация об авторах

*Скуратович Татьяна Александровна* – канд. биол. наук, ст. науч. сотрудник. Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича (ул. Академическая, 27, 220072, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: [tskuratovich@yandex.ru](mailto:tskuratovich@yandex.ru)

*Молчан Ольга Викторовна* – канд. биол. наук, доцент. Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича (ул. Академическая, 27, 220072, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: [olga\\_molchan@mail.ru](mailto:olga_molchan@mail.ru)

### Information about the authors

*Tatyana A. Skuratovich* – Ph. D. (Biol.), Senior researcher. V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus (27, Akademicheskaya Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: [tskuratovich@yandex.ru](mailto:tskuratovich@yandex.ru)

*Olga V. Molchan* – Ph. D. (Biol.), Assistant Professor. V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus (27, Akademicheskaya Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: [olga\\_molchan@mail.ru](mailto:olga_molchan@mail.ru)