

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛАРУСИ
Отделение биологических наук
Научно-практический центр по биоресурсам
Центральный ботанический сад

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ ОРГАНИЗАЦИИ, ПРОВЕДЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОНИТОРИНГОВЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

Материалы международной научной конференции,
посвященной 95-летию со дня рождения
члена-корреспондента НАН Беларуси Е. А. Сидоровича
(9–10 марта 2023 года, Минск)

Минск
«ИВЦ Минфина»
2023

УДК 502.175:[502.211:582](476)(082)
ББК 28.588(4Бел)я43
Т33

Редакционная коллегия:

доктор биологических наук, член-корреспондент НАН Беларуси
Ж. А. Рупасова (ответственный редактор); кандидат биологических наук *П. Н. Белый*;
доктор биологических наук *Н. В. Гетко*; кандидат биологических наук *Л. В. Гончарова*;
С. М. Кузьменкова; доктор биологических наук *Е. Н. Кутас*;
кандидат биологических наук *А. П. Яковлев*

Рецензенты:

доктор биологических наук, член-корреспондент НАН Беларуси, доцент *В. Н. Прохоров*
(Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича
Национальной академии наук Беларуси);
доктор биологических наук, доцент *О. В. Созинов*
(Гродненский государственный университет имени Янки Купалы)

Т33 **Теоретические** и прикладные аспекты организации, проведения и использования мониторинговых наблюдений : материалы международной научной конференции, посвященной 95-летию со дня рождения члена-корреспондента НАН Беларуси Е. А. Сидоровича (Минск, 9–10 марта 2023 г.) / Нац. акад. наук Беларуси [и др.] ; редкол.: Ж. А. Рупасова [и др.]. – Минск : ИВЦ Минфина, 2023. – 383 с.

ISBN 978-985-880-314-8.

В сборнике представлены материалы по изучению теоретических и прикладных аспектов организации, проведения и использования мониторинговых наблюдений для оценки и прогноза изменений состояния растительности под воздействием природных и антропогенных факторов. Обсуждаются актуальные проблемы рационального природопользования, охраны окружающей среды и рекультивации нарушенных земель.

УДК 502.175:[502.211:582](476)(082)
ББК 28.588(4Бел)я43

ISBN 978-985-880-314-8

© ГУО «Центральный ботанический сад
Национальной академии наук Беларуси», 2023
© Оформление. УП «ИВЦ Минфина», 2023

особей. При заселении на участках вторичных степей (№ 3 и № 4) выявлены единичные экземпляры данного вида. Следовательно, ламира колючеголовая реализует свой жизненный потенциал только на целинных ненарушенных степях.

Таким образом, ценопопуляции лабильных видов асфоделины крымской и лапчатки прижатой определяют возможности варьирования фитоценозов в изменчивых условиях среды, способствуя сохранению их структуры

и специфики. Стабильные виды – железница крымская и ламира колючеголовая имеют левосторонние спектры, при антропогенных нагрузках численность этих видов резко снижается, что приводит к изменению возрастного спектра ценопопуляций и полной перестройке фитоценозов. Следовательно, становление сообщества как целостной системы обеспечивают сосуществование ценопопуляций, обладающих разной степенью динамизма, жизнестойкости и конкурентного потенциала.

Список цитированных источников

1. Работнов, Т. А. Вопросы изучения состава популяций для целей фитоценологии / Т. А. Работнов // Проблемы ботаники. – 1950. – Вып. 1. – С. 465–483.
2. Уранов, А. А. Возрастной спектр ценопопуляций как функция времени и энергетических волновых процессов / А. А. Уранов // Научные докл. высш. шк. Биол. науки. – 1975. – № 2. – С. 11–25.
3. Злобин, Ю. А. Популяционная экология растений: современное состояние, точки роста / Ю. А. Злобин. – Сумы: Университетская жизнь. – 2009. – 266 с.

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПЛОДАХ *FRAGARIA* И *RUBUS* ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ БРЕСТСКОГО РЕГИОНА

Н. Ю. Колбас^{1, 2}, П. А. Колбас^{3, 4}, М. М. Дашкевич¹, П. В. Качанович¹

¹Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси,
г. Брест, Республика Беларусь, n.kolbas@gmail.com

²Центральный ботанический сад НАН Беларуси, г. Минск, Республика Беларусь

³Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина,
г. Брест, Республика Беларусь

⁴Институт природопользования НАН Беларуси, г. Минск, Республика Беларусь

Резюме. В статье представлены данные по содержанию 10 элементов (Pb, Cd, Cu, Zn, Mn, Fe, Ni, Co, Cr и Mo; метод ICP-AEC) и коэффициенты их биологического накопления (КБН) для плодов *Fragaria vesca*, *Rubus idaeus*, *Rubus* subg. *Eubatus* и *Rubus saxatilis*, произрастающих на фоновых территориях Брестского региона (Республика Беларусь). Больше всего изученные плоды содержат Mn, Zn и Fe, менее всего – Co, Mo, Cr и Cd, Pb не выявлен. Общее содержание эссенциальных элементов составило от 66,52 до 383,65 мг/кг сухих плодов. Согласно рассчитанным КБН при низких концентрациях в почве изученные плоды могут накапливать Cd, Cu, Zn, а также Mo и Mn (кроме *R. saxatilis*), а плоды *R. idaeus* – Ni.

Summary. Kolbas N. Y., Kolbas A. P., Dahkevich M. M., Kachanovich P. V. Evaluation of heavy metals content in *Fragaria* and *Rubus* fruits growing in forest ecosystems of the Brest region. The content data of 10 heavy metals (Pb, Cd, Cu, Zn, Mn, Fe, Ni, Co, Cr, and Mo; ICP-AEC method) and coefficients of their biological accumulation (CBA) for fruits of *Fragaria vesca*, *Rubus idaeus*, *Rubus* subg. *Eubatus* and *Rubus saxatilis* growing in the background territories

of the Brest region (Republic of Belarus). Most of the studied fruits contain Mn, Zn and Fe, least of all – Co, Mo, Cr and Cd, Pb was not detected. The total content of essential elements ranged from 66.52 to 383.65 mg/kg of dry fruits. According to the calculated CBA, with low concentrations in the soil, the studied fruits can accumulate Cd, Cu, Zn, as well as Mo and Mn (except for *R. saxatilis*), and the fruits of *R. idaeus* can accumulate Ni.

Плоды растений представителей родов *Fragaria* и *Rubus* семейства *Rosaceae* Juss. широко используются в традиционной и народной медицине, фармакологии, пищевой и косметической промышленности благодаря наличию целого комплекса биологически активных веществ, а также макро- и микро-элементов. Особую роль в питании человека занимают эссенциальные элементы (Mg, Ca, Fe, Zn, Cu, Mn, Mo, Co, Cr, Se и I) [1]. При этом необходимо учитывать, что Fe, Zn, Cu, Mn и Mo, а также неэссенциальные Pb, Ni, Cd, Hg, Cr, Sb в высоких концентрациях токсичны.

Несмотря на большое количество исследований, связанных с изучением элементного состава плодов *Fragaria* и *Rubus* информации об уровне варьирования микроэлементов в зависимости от локальных особенностей содержания в почве фоновых лесных фитоценозов сравнительно мало [2, 3]. Тогда как рассмотрение в данном аспекте весьма актуально при использовании плодов в качестве потенциальных источников легкодоступных эссенциальных элементов для лечения и профилактики микроэлементозов и полиэлементозов [1]. Стоит отметить, что способность реагировать на колебания природных и антропогенных факторов увеличением вариабельности химического состава является одним из основных свойств растений, обеспечивающих их адаптацию к меняющимся условиям среды [4].

Целью нашей работы было определение фонового содержания Pb, Cd, Ni, Cu, Zn, Fe, Mn, Mo, Co и Cr в плодах *Fragaria vesca* L., *Rubus* subg. *Eubatus* Focke, *Rubus idaeus* L. и *Rubus saxatilis* L.

Для проведения исследований были отобраны 7 пробных площадок ежевичников, 4 – земляничника, 4 – малинника и 2 – для и *R. saxatilis*, находящихся в Брестском, Березовском, Жабинковском, Ивацевичском, Кобринском, Каменецком и Малоритском районах Брестской области. Пробоподготовку растительного материала и определение содержания десяти элементов (Pb, Cd, Ni, Cu, Zn, Fe, Mn, Mo, Co и Cr) методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой (ICP-AES) проводили согласно методикам описанным нами ранее [5]. Все опыты выполнены в трехкратной повторности. На основании имеющихся результатов [5] о валовом содержании элементов в почвах были рассчитаны коэффициенты биологического накопления (КБН).

Полученные нами результаты согласуются с литературными [2, 3] и представлены в таблице. Содержание Pb в плодах изученных представителей *Rosaceae*, а также Co в плодах *R. idaeus* мизерное и лежит за пределами чувствительности спектрометра (iCAP 7200 DUO). Больше всего изученные плоды содержат Mn (от 18,42 до 364,41 мг/кг), Zn (от 9,1 до 39,2) и Fe (от 13,25 до 58,97), менее всего – Co, Mo, Cr и Cd.

Таблица – Содержание тяжелых металлов в плодах *Fragaria* и *Rubus* фоновых стационаров

Металл	Вид			
	<i>Fragaria vesca</i>	<i>Rubus idaeus</i>	<i>Rubus Eubatus</i>	<i>Rubus saxatilis</i>
Cd	$\frac{>0,001-0,36}{0,88-6,9}$	$\frac{0,02-0,16}{>0,001-3,0}$	$\frac{0,09-0,22}{>0,001-4,5}$	$\frac{0,04-0,2}{0,17-2,22}$
Cu	$\frac{0,17-6,33}{0,28-3,27}$	$\frac{0,19-2,41}{0,32-8,13}$	$\frac{0,06-5,62}{0,34-5,34}$	$\frac{0,87-4,55}{0,18-1,41}$
Zn	$\frac{16,07-22,6}{0,43-2,12}$	$\frac{15,73-28,18}{1,03-2,16}$	$\frac{9,1-26,74}{0,68-1,75}$	$\frac{21,48-39,2}{1,74-2,6}$
Fe	$\frac{22,37-35,72}{0,003-0,02}$	$\frac{23,49-43,52}{0,002-0,01}$	$\frac{13,25-58,97}{0,007-0,033}$	$\frac{25,39-49,9}{0,004-0,012}$

Металл	Вид			
	<i>Fragaria vesca</i>	<i>Rubus idaeus</i>	<i>Rubus Eubatus</i>	<i>Rubus saxatilis</i>
Mn	$\frac{24,86-247,04}{0,36-3,22}$	$\frac{90,25-226,81}{1,6-3,3}$	$\frac{27,43-364,41}{0,14-1,86}$	$\frac{18,42-42,39}{0,24-0,99}$
Ni	$\frac{0,11-0,46}{0,13-0,33}$	$\frac{0,21-3,43}{0,17-1,56}$	$\frac{>0,001-1,12}{>0,001-0,6}$	$\frac{1,15-1,64}{0,7-0,9}$
Co	$\frac{>0,001-0,07}{>0,001-0,11}$	$\frac{>0,001}{>0,001}$	$\frac{>0,001-0,4}{>0,001-0,03}$	$\frac{>0,001-0,13}{>0,001-0,06}$
Cr	$\frac{0,09-0,32}{0,02-0,06}$	$\frac{0,08-0,14}{0,007-0,05}$	$\frac{0,06-0,23}{0,01-0,05}$	$\frac{0,11-0,14}{0,01-0,03}$
Mo	$\frac{>0,001-0,68}{>0,001-21,5}$	$\frac{0,05-0,12}{>0,001-13,3}$	$\frac{>0,001-0,65}{>0,001-5,54}$	$\frac{0,05-0,22}{0,25-0,81}$

Примечание. Над чертой – варьирование концентрации металла, мг/кг сухих плодов; под чертой – варьирование значений коэффициента биологического накопления.

По среднему содержанию (в мг/кг) Cd и Cr в плодах изученные виды можно расположить в последовательности:

F. vesca (соответственно 0,28 и 0,17) > *R. saxatilis* (0,14 и 0,13) > *R. idaeus* (по 0,12) > *R. Eubatus* (по 0,09);

Cu – *R. saxatilis* (3,17) > *F. vesca* (2,77) > *R. Eubatus* (2,58) > *R. idaeus* (1,31);

Zn и Fe – *R. saxatilis* (соответственно 29,05 и 39,38) > *R. idaeus* (22,16 и 34,3) > *F. vesca* (19,74 и 29,91) > *R. Eubatus* (16,78 и 27,11);

Mn – *R. idaeus* (144,15) > *F. vesca* (132,39) > *R. Eubatus* (120,29) > *R. saxatilis* (32,71);

Ni – *R. idaeus* (1,58) > *R. saxatilis* (1,42) > *R. Eubatus* (0,33) ≈ *F. vesca* (0,32);

Mo – *F. vesca* (0,21) > *R. Eubatus* (0,13) > *R. saxatilis* (0,11) > *R. idaeus* (0,07);

Co – *R. saxatilis* (0,09) > *F. vesca* (0,03) > *R. Eubatus* (0,006) > *R. idaeus* (менее 0,001).

Семь из девяти выявленных химических элементов являются эссенциальными. Общее содержание эссенциальных элементов в плодах изученных *Rosaceae* фоновых стационаров варьирует от 66,52 до 383,65 мг/кг. В соответствии со средними значениями данного показателя (в мг/кг сухих плодов) изученные виды можно ранжировать в последовательности: *F. vesca* (230,22) > *R. idaeus* (194,87) > *R. Eubatus* (166,99) > *R. saxatilis* (95,11). Отметим, что плоды *Vaccinium myrtillus* L. (семейство *Ericaceae* Juss.) по качественному составу эссенциальных элементов [5] уступают изученным плодам *Rosaceae*, по общему содержанию – *F. vesca* и *R. idaeus*.

Среди изученных представителей семейства *Rosaceae* плоды *R. idaeus* и *R. saxatilis* накапливают Zn (КБН соответственно 1,02–2,16 и 1,74–2,6), Mn – плоды *R. idaeus* (КБН 1,6–3,3). Согласно рассчитанным КБН (учитывая значения более 1,0) при низких концентрациях в почве изученные плоды могут накапливать Cd, Cu, Zn, а также Mo и Mn (кроме *R. saxatilis*), плоды *R. idaeus* – Ni (таблица).

Как правило, в плодах накапливается значительно меньше ТМ, чем в листьях и стеблях растений. В тоже время, вблизи источников промышленных выбросов концентрации ТМ в плодах могут превышать фоновые значения в десятки раз; следовательно, употребление их в пищу может представлять угрозу для здоровья человека.

Таким образом, плоды *F. vesca*, *R. subg. Eubatus*, *R. idaeus* и *R. saxatilis* являются доступныминутрицевитическими источниками эссенциальных элементов, в первую очередь Mn, Fe и Zn при низком содержании потенциально токсичных Pb (менее 0,001 мг/кг), Cd и Ni.

Работа выполнена в рамках НИР «Оценка загрязнения тяжелыми металлами и иными экотоксикантами почв, вод, биологических объектов природных и природно-техногенных геосистем юго-запада Беларуси и научное обоснование минимизации сопутствующих экологических рисков», № ГР 20210310, подпрограмма 10.1 ГПНИ «Природные ресурсы и окружающая среда».

Список цитированных источников

1. Курец, Н. И. Роль дисбаланса химических элементов в формировании хронической патологии у детей / Н. И. Курец // Медицинские новости. – 2006. – № 2. – С. 7–17.
2. Barcan, V. S. H. Absorption of heavy metals in wild berries and edible mushrooms in an area affected by smelter emissions / V. S. H. Barcan, E. F. Kovnatsky, M. S. Smetannikova // Water, Air Soil Pollut. – 1998. – Vol. 103. – P. 173–195.
3. Changes in the mineral and trace element contents of cereals, fruits and vegetables in Finland / P. Ekholm [et al.] // Food Composition and Analysis. – 2007. – Vol. 20. – P. 487–495.
4. Второва, В. Н. Содержание микроэлементов в хвое ели обыкновенной в Подмосковье / В. Н. Второва, Л. Б. Холопова // Лесоведение. – 2013. – № 2. – С. 71–77.
5. Колбас, Н. Ю. Оценка фоновое содержания тяжелых металлов в компонентах лесных ягодников Брестского региона / Н. Ю. Колбас [и др.] // Природнае асяроддзе Палесся: асаблівасці і перспектывы развіцця. – 2022. – Вып. 14. – С. 43–47.

КЛЕН ЯСЕНЕЛИСТНЫЙ (*ACER NEGUNDO* L.) КАК ФАКТОР ВОЗДЕЙСТВИЯ НА РАСТИТЕЛЬНОСТЬ РЕЧНОЙ ПОЙМЫ, ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ

В. В. Кондратьева, М. В. Семенова, Л. С. Олехнович,
Т. В. Воронкова, О. Л. Енина

Главный ботанический сад им. Н. В. Цицина РАН, г. Москва, Российская Федерация

Резюме. Проводили сравнительное изучение уровня фенолкарбоновых кислот (ФКК) – хлорогеновой, (ХК), кофейной (КК) и феруловой (ФК) кислоты в листьях двух видов клена: инвазивного вида клена ясенелистного *Acer negundo* L. и аборигенного клена татарского *Acer tataricum* L. в связи с изменением состава растительных сообществ в пойме реки Суры Пензенской области. Одной из причин быстрого заселения поймы *A. negundo* может быть его устойчивость к болезням и вредителям, которая связана с уровнем ХК и особенно КК в тканях растений. В работе выявлено более высокое содержание ХК в зародышах семян, проростках и листьях *A. negundo*, чем в тех же органах *A. tataricum*, а также идентифицирована КК, которая не найдена у аборигенного вида.

Summary. A comparative study of the level of phenol-carboxylic (FCC) chlorogenic, (HC), caffeic (CC) and ferulic (FC) acids in the leaves of two maple species was carried out: the invasive species *Acer negundo* L. and the native maple *Acer tataricum* L. due to changes in the vegetation of communities in the floodplain of the Sura river of the Penza region. One of the reasons for the rapid settlement of the *A. negundo* floodplain may be its resistance to diseases and pests, which is associated with HC and especially CC in plant tissues. As a result, a higher content of HC was found in the seed germs, seedlings and leaves of *A. negundo* than in the same organs of *A. tataricum*. CC was identified in *A. negundo* but is not found in the native species.

Клен ясенелистный – один из наиболее опасных чужеродных видов на территории России. Он относится к инвазионным видам-трансформаторам (Richardson et.al, 2000), активно заселяющим природно-антропогенные территории, вытесняя при этом виды аборигенной флоры и образуя однородные заросли.

В первичном ареале (Северная Америка) этот вид произрастает в основном в долинах рек, заселяя как пойменные участки, так и коренные берега. Ряд исследователей указывает на снижение разнообразия почвенного покрова в сообществах с древесными чужеродными видами по сравнению с растительными