

УДК 582.736:543.53

ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ЛЯДВЕНЦА РОГАТОГО ДИКОРАСТУЩЕГО И КУЛЬТИВИРУЕМОГО В УСЛОВИЯХ ПОДТАЕЖНОЙ ЗОНЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

© *О.Н. Шплис¹, Н.Э. Коломиец^{1*}, Н.Ю. Абрамец¹, Е.Б. Дайбова², Р.А. Бондарчук¹, А.А. Марьин³, И.М. Смолякова¹, С.Н. Авдеенко⁴*

¹ Сибирский государственный медицинский университет, Московский тракт, 2, Томск, 634050 (Россия), e-mail: borkol47@mail.ru

² Сибирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства и торфа – филиал Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий РАН, ул. Гагарина, 3, Томск, 634050 (Россия)

³ Кемеровский государственный медицинский университет, ул. Ворошилова, 22а, Кемерово, 650056 (Россия)

⁴ Национальный исследовательский Томский государственный университет, пр. Ленина, 36, Томск, 634050 (Россия)

Изучен состав и содержание элементов надземной части лядвенца рогатого (*Lotus corniculatus* L.) дикорастущего и культивируемого в Томской области. Элементный состав изучен методом нейтронно-активационного анализа и пламенной фотометрии. Исследование нейтронно-активационным методом проведено на анализаторной системе «CANBERRA» с детектором из чистого германия типа GX – 3518 с размещением по Со60 (1332 кэВ) 1.8 кэВ (плотность потока нейтронов $2 \cdot 10^{13}$ нейтр/(см²·с) в течение 12 ч). Содержание натрия и калия определяли в режиме эмиссии методом пламенной фотометрии на двухлучевом атомно-абсорбционном спектрометре «Thermo Solaar M5 MkII». В дикорастущих и культивируемых видах установлено содержание 31 элемента (Sm, Ce, Ca, Lu, U, Th, Cr, Yb, Au, Hf, Ba, Sr, Nd, As, Ag, Br, Cs, Tb, Sc, Rb, Fe, Zn, Ta, Co, Na, K, Eu, Sb, La, Pb, Cd). В дикорастущих и культивируемых образцах из Томской области отмечены высокие концентрации Ca, K, Na и Zn, по сравнению с данными приводимыми в литературе по лядвенцу из других регионов. По содержанию тяжелых металлов дикорастущий и культивируемый в Томской области лядвенец соответствует требованиям нормативных документов и может быть использован для производства БАДов, лекарственных растительных препаратов и растительных фармацевтических субстанций. По содержанию Zn дикорастущий и культивируемый лядвенец не соответствует требованиям по минимально-допустимым уровням этого элемента для кормов, что должны учитывать производители.

Ключевые слова: *Lotus corniculatus* L., дикорастущий, культивируемый, Западная Сибирь, элементный состав, тяжелые металлы, цинк.

Введение

В одной из предыдущих публикаций мы сообщали о перспективном виде семейства бобовые (*Fabaceae*) – лядвенце рогатом (*Lotus corniculatus* L.) [1]. На территории Сибири этот вид в дикорастущем виде встречается очень редко. Так, в Омской области он внесен в Красную книгу со статусом «уязвимый» [2], на юге Тюменской области описано два местонахождения [3], в Алтайском крае приводятся сведения о нахождении лядвенца в окрестностях пяти населенных пунктов, в Республике Алтай по состоянию на 1997

Шплис Ольга Николаевна – старший преподаватель кафедры фармакогнозии с курсами ботаники и экологии, e-mail: olyazmeewa@yandex.ru

Коломиец Наталья Эдуардовна – доктор фармацевтических наук, профессор кафедры фармакогнозии с курсами ботаники и экологии, e-mail: borkol47@mail.ru

год описано только одно место произрастания – окр. с. Кызыл-Озек Майминского района [4], в Иркутской области лядвенец встречается в окрестностях г. Иркутска, г. Усолья-Сибирского, г. Ангарска и прилегающих к ним населенных пунктах [5, 6], в Кемеровской области лядвенец рогатый отмечен в

Окончание на С. 238.

* Автор, с которым следует вести переписку.

окрестностях г. Новокузнецка, г. Белово, г. Прокопьевска, г. Киселевска, г. Юрги [7], в Томской области по состоянию на 1994 год не было описано ни одного вида лядвенца, в 2014 году в «Определитель Томской области» лядвенец внесен как очень редкое заносное растение, встречающееся в окрестностях г. Томска [8]. В некоторых других областях РФ лядвенец рогатый также встречается редко [9, 10]. Поэтому в ряде регионов России, странах ближнего и дальнего зарубежья данный вид вводится в культуру как благодаря способности улучшать структуру, физико-химические свойства почвы, так и высокой питательной, кормовой, медоносной ценности, а также перспектив использования в сельскохозяйственном производстве, медицинской и парфюмерно-косметической промышленности [1, 11, 12]. В европейской части России, Украине, Белоруссии, Австралии, Пакистане, Северной и Южной Америке, Канаде, большинстве стран Западной Европы лядвенец рогатый давно и успешно культивируется. Постепенно этот вид вводится в культуру и на территории Сибири. Так, в Томской области количество хозяйств и объем площадей, отводимых под его выращивание, за последние годы значительно выросли. Цели, с которыми выращивают лядвенец самые разнообразные – улучшение состояния почв, создание кормовой базы, производство кормов, премиксов, экстрактов, биологически активных добавок, лекарственных препаратов, продуктов функционального питания, парфюмерно-косметической продукции и др. [13–15]. При этом одной из задач для производителей является гарантия экологической чистоты и безопасности сырья, готовой продукции [16, 17]. Другой задачей является обеспечение стандартизованного содержания биологически активных веществ, в том числе макро-, микроэлементов, обеспечивающих питательные, лечебные и другие свойства. Поэтому изучение элементного состава перспективных и малоизученных видов с практической точки зрения является важной задачей.

Следует отметить, что информация о качественном составе и количественном содержании элементов, в том числе тяжелых металлов в видах рода *Lotus* фрагментарна. В литературе имеется сообщение о высокой толерантности одного из видов рода *Lotus* – *L. uliginosus* к избыточному содержанию в почвах марганца, способности эффективно произрастать и повышать биологическую продуктивность на загрязненных ртутью и мышьяком почвах [18]. Сведения об элементном составе дикорастущих и культивируемых видов лядвенца рогатого единичны (табл. 1) [11, 12, 19].

Таким образом, цель данного исследования состояла в изучении состава и содержания макро-, микроэлементов в лядвенце рогатом дикорастущем и культивируемом в условиях подтаежной зоны Западной Сибири (на примере Томской области), а также в оценке экологической безопасности сырья по содержанию некоторых тяжелых металлов.

Объектами исследования явились образцы лядвенца рогатого (*Lotus corniculatus* L.) дикорастущего и культивируемого в Томской области сорта «Солнышко» (на базе Лучановского опытного поля Богашевского отделения Сибирского НИИ сельского хозяйства и торфа).

Экспериментальная часть

В качестве объектов исследования использовали достигшие продуктивности образцы надземной части дикорастущего и культивируемого лядвенца рогатого, собранные авторами статьи в период бутонизации, массового цветения в конце июля 2018 года.

Абрамец Наталья Юрьевна – старший преподаватель кафедры фармакогнозии с курсами ботаники и экологии, e-mail: abrameznu@mail.ru

Дайбова Елена Борисовна – кандидат химических наук, заведующий лабораторно-аналитическим центром, e-mail: sibniit@mail.tomsknet.ru

Бондарчук Руслан Анатольевич – кандидат фармацевтических наук, e-mail: medika43@yandex.ru

Марьин Андрей Александрович – кандидат фармацевтических наук, доцент кафедры фармации, e-mail: mfandr@mail.ru

Смолякова Ирина Михайловна – кандидат фармацевтических наук, доцент кафедры фармацевтической технологии и биотехнологии, e-mail: iren-SM@mail.ru

Авдеенко Сергей Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры информационных технологий и бизнес-аналитики, e-mail: avdeenko@ef.tsu.ru

Заготовку сырья проводили на участках исследования со сходными тенденциями изменения климатических факторов, в одно и то же время суток, что снижает вероятность влияния разных факторов на накопление отдельных элементов растениями. Заготовленное сырье высушивали до воздушно-сухого состояния.

Опыты заложены в 3-кратной повторности на учетных площадках опытных делянок без обработки почвы и растений, размер учетных площадок 1×1 м², количество учетных площадок, заложенных в опыте – 25 для культивируемых растений и по 16 – для дикорастущих видов.

Таблица 1. Содержание некоторых химических элементов в видах рода *Lotus*

Происхождение вида	Тип почвы	Элементный состав
<i>Lotus corniculatus</i> сорт – Московский 287, Пинский район Брестской области	агродерново-подзолистая, остаточного-глеевая типичная, развивающаяся на песчанисто-пылеватой супеси, подстилаемой рыхлым песком	Ca – 1.03%; Mg – 0.29–0.48%; P – 0.52–0.72%; K – 0.8–1.0%
<i>Lotus corniculatus</i> листья, дикорастущий Пакистан	горные лугово-степные почвы	Pb – 5.4 мг/кг; Cr – 4.8 мг/кг; Zn – 48.2 мг/кг; Fe – 150 мг/кг; Mn – 248.8 мг/кг; Ni – 6.2 мг/кг; Cu – 9.4 мг/кг; K – 0.2%; Ca – 1.3%; Na – 0.25%
<i>Lotus corniculatus</i> , дикорастущий, Пакистан		Cu – 3–8 мг/1 г; Pb – 5–8 мг/1 г; Ni – 1.6 мг/1 г; Cr – 5–8 мг/1 г; Zn – 54.8 мг/1 г; Fe – 69.6 мг/1 г; Mn – 45.4 мг/1 г; Na – 0.3%; K – 0.85%; Ca – 1.75%

Определение элементов в растительных образцах проводили в 5-кратной повторности в зольном остатке, полученном по методике Государственной фармакопеи РФ XIV издания [20]. Пробы растительного сырья озоляли в муфельной печи LF-7/11-G1 производства АО «ЛОИП» (Россия).

Определение элементного состава проводили методом нейтронно-активационного анализа (НАА) и пламенной фотометрии (ПФ) [21, 22].

Нейтронно-активационный метод позволяет из небольшой навески анализируемого материала расширить число определяемых в образце элементов до 28–35 при высокой точности, чувствительности и сходимости получаемых результатов. Навески золы вместе со стандартными веществами облучали в вертикальном канале потоком тепловых нейтронов (плотность потока $2 \cdot 10^{13}$ нейтр./ $\text{см}^2 \cdot \text{с}$) в течение 12 ч на аналитической системе производства фирмы «CANBERRA» с детектором из чистого германия типа GX – 3518 с размещением по Соб0 (1332 кэВ) 1.8 кэВ. Контрольный замер короткоживущих изотопов (Sm, Ca, Lu, U, Yb, Au, As, Sb, Br, Na, La) проводили через 7–9 сут (τ изм. – 400 сек.), долгоживущих (Ce, Th, Cr, Hf, Ba, Sr, Ag, Cs, Sc, Rb, Fe, Zn, Ta, Co, Eu) через 25 сут (τ изм. – 1000 сек.). При определении элементов использовали стандартные образцы: TP-1; ЛБ-1; ХСС-1. Результаты определения химических элементов в стандартах укладывались в аттестованные значения.

Содержание натрия и калия определяли в режиме эмиссии методом пламенной фотометрии на двухлучевом атомно-абсорбционном спектрометре «Thermo Solaar M5 Mkl» фирмы «Thermo Electron», США.

Планирование полевого опыта и статистическую обработку результатов исследования проводили общепринятым методом Б.А. Доспехова, а также с использованием пакета программ «Statistica 6.1» [23].

Обсуждение результатов

На содержание химических элементов в растениях оказывают влияние различные факторы, такие как внутренние структурные особенности видов, внешние факторы среды, к которым относятся типы почв, ее физико-химические свойства, температура, интенсивность осадков, тип вносимых удобрений в процессе культивирования и/или интродукции, степень техногенного загрязнения в местах произрастания видов [24].

Результаты определения элементов приведены в таблице 2. В нашем исследовании, с помощью методов НАА и ПФ установлено, что в надземной части дикорастущего и культивируемого в Томской области лядвенца рогатого содержится 31 химический элемент, 9 из которых относятся к числу биогенных (K, Na, Ca, Fe, Zn, Co, Cr, Br, As), 6 к числу жизненно необходимых (эссенциальных) (K, Na, Ca, Fe, Zn, Co) и 4 к числу условно необходимых (условно эссенциальных) (Cr, Br, As, Cd) [25, 26].

Как следует из полученных данных, состав и содержание большинства химических элементов в дикорастущем и культивируемом лядвенце рогатом, сопоставимы. По результатам составлены ряды химических элементов в порядке убывания их содержания в сырье (табл. 3), которые свидетельствуют о преобладании макроэлементов – калия, кальция, натрия, микроэлементов – железа, стронция, брома, бария, рубидия. Следует заметить, что полученные нами данные по содержанию кальция, калия, натрия в дикорастущих и культивируемых видах лядвенца значительно отличаются от результатов, приведенных в исследовании Salman с соавт., Тыновец с соавт. в которых авторы отнесли концентрации кальция, калия, натрия (Ca – 1.3–1.75%, K – 0.2–0.85%, Na – 0.25–0.3%; K – 0.8–1%, Ca – 1.03%) к низким. Таким образом, дикорастущий и культивируемый в Томской области лядвенец рогатый можно рассматривать в качестве перспективного источника данных элементов, которые широко используются в составе комплексных препаратов для коррекции заболеваний опорно-двигательного аппарата, сердечно-сосудистой системы, и др. [27–31].

Таблица 2. Содержание химических элементов в лядвенце рогатом, мк/кг

Элемент	Томская область, Шегарский район, окр. с. Баткат	Томская область, Томский район, Лучановское опытное поле Богашевского отделения СибНИИ СХиТ	МДУ ¹			БАД ³ на раст. основе	ПДС ⁴ в ЛРС /ЛРП
			КРС ² откорм.	КРС молочн.	грубые и сочные корма		
<i>Макроэлементы</i>							
*Ca, %	7.4±0.5	9.0±0.8	–	–	–	–	–
*K, %	33.2±2.2	28.3±2.5	–	–	–	–	–
*Na, %	0.54±0.04	0.36±0.03	–	–	–	–	–
<i>Микроэлементы</i>							
*Fe, %	0.113±0.009	0.090±0.008	200.0	100.0	100.0	–	–
*Zn	271±21	264±23	100.0	50.0	50.0	–	–
Sr	448±42	603±57	–	–	–	–	–
Br	351±33	361±32	–	–	–	–	–
Cs	1.22±0.09	1.17±0.10	–	–	–	–	–
***Pb	0.079±0.007	0.080±0.007	5.0	3.0	5.0	6.0	6.0
***Cd	0.14±0.01	0.090±0.008	0.4	0.3	0.3	1.0	1.0
Rb	257±22	198±19	–	–	–	–	–
<i>Ультрамикроэлементы</i>							
**Cr	0.40±0.03	0.15±0.01	1.0	0.5	0.5	–	–
Au	0.028±0.002	0.030±0.002	–	–	–	–	–
Co	1.48±0.12	1.6±0.2	3.0	2.0	1.0	–	–
Ba	191±18	213±20	–	–	–	–	–
As	<0.5	<0.5	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5
Sm	0.14±0.01	0.24±0.02	–	–	–	–	–
Lu	0.0080±0.0007	0.0080±0.0007	–	–	–	–	–
U	0.090±0.008	0.210±0.009	–	–	–	–	–
Th	0.10±0.01	0.20±0.01	–	–	–	–	–
Yb	0.078±0.008	0.080±0.008	–	–	–	–	–
Hf	0.13±0.01	0.11±0.01	–	–	–	–	–
Nd	0.89±0.07	0.78±0.07	–	–	–	–	–
Ag	0.11±0.01	0.17±0.02	–	–	–	–	–
Ce	2.60±0.21	2.01±0.19	–	–	–	–	–
Tb	0.0060±0.0005	0.060±0.005	–	–	–	–	–
Sc	0.31±0.02	0.26±0.02	–	–	–	–	–
Ta	0.018±0.001	0.020±0.001	–	–	–	–	–
Eu	0.046±0.004	0.070±0.004	–	–	–	–	–
La	1.43±0.09	2.81±0.22	–	–	–	–	–
Sb	0.13±0.01	0.11±0.01	1.0	0.5	0.5	–	–

Примечание. МДУ¹ – максимально допустимые уровни в соответствии с ВМДУ и ВСНиТ; КРС² – крупный рогатый скот; БАД³ – биологически активные добавки на растительной основе в соответствии с СанПиН 2.3.2.1078-01; ПДС⁴ – предельно допустимое содержание в соответствии с ОФС 1.5.3.009.15 ГФ XIV; * – эссенциальные элементы; ** – условно-эссенциальные элементы; *** – токсичные, условно-токсичные элементы.

Таблица 3. Ряды химических элементов в порядке убывания их содержания в лядвенце рогатом

Характеристика образца	Ряды химических элементов в порядке убывания
Томская область, Шегарский район, окр. с. Баткат	K>Ca>Na>Fe>Sr>Br>Zn>Rb>Ba>Ce>Co>La>Cs>Nd>As>Cr>Sc> Sm Cd>Hf Sb> Ag>Th>U>Pb>Yb>Eu>Au>Ta>Lu>Tb
Томская область, Томский район, Лучановское опытное поле Богашевского отделения СибНИИ СХиТ	K>Ca>Na>Fe>Sr>Br>Zn>Ba>Rb>La>Ce>Co>Cs>Nd>As>Sc> Sm>U>Th>Ag>Cr>Sb Hf> Cd>Yb>Pb>Eu>Tb>Au>Ta>Lu

Из всего спектра определяемых разными методами химических элементов, в лекарственном растительном сырье, растительных фармацевтических субстанциях, БАДах, нормативная документация (ГФ РФ, СанПин) регламентирует содержание тяжелых металлов [20, 32]. При этом, несмотря на то, что наиболее опасными согласно Международным пищевым стандартам (Codex Alimentarius), принятым ВОЗ, признаны Hg, Cd, Pb, As, Co, V и Mo, в Российской Федерации в ГФ и СанПиН нормируется содержание только 4 элементов – Pb, Cd, Hg, As, в отличие от зарубежных фармакопей, которые регламентируют содержание 8–

10 тяжелых металлов – *Pb, Hg, Bi, As, Sb, Zn, Cd, Ag, Cu, Mo* [32–34]. Полученные нами результаты показывают, что содержание тяжелых металлов не превышает допустимых значений, установленных нормативными документами, что свидетельствует об экологической чистоте и безопасности сырья, которое может быть использовано для получения лекарственных препаратов, БАДов других видов фармацевтической и парафармацевтической продукции.

При производстве кормов и кормовых добавок российские производители руководствуются «Временными максимально допустимыми уровнями (МДУ) содержания некоторых химических элементов и госсипола в кормах для сельскохозяйственных животных и кормовых добавках» и «Ветеринарно-санитарными нормами и требованиями к качеству кормов для непродуктивных животных» [35, 36]. Сравнение полученных нами результатов с МДУ для кормов показало превышение содержания *Zn*, что вероятно связано с высоким природным содержанием цинка в кислых подтаежных почвах Томской области. Избыточное поступление цинка в организм может приводить к хроническому отравлению животных – выпадению волос, снижению плодовитости, малокровию. Содержание других элементов в лядвенце соответствует требованиям вышеуказанного нормативного документа.

Таким образом, полученные нами данные позволяют сделать заключение о том, что лядвенец рогатый содержит богатый комплекс элементов, некоторые из которых содержатся в значительных количествах.

Выводы

В результате изучения элементного состава в надземной части дикорастущего и культивируемого лядвенца рогатого определено содержание 31 химического элемента (*Sm, Ce, Ca, Lu, U, Th, Cr, Yb, Au, Hf, Ba, Sr, Nd, As, Ag, Br, Cs, Tb, Sc, Rb, Fe, Zn, Ta, Co, Na, K, Eu, Sb, La, Pb, Cd*).

По содержанию тяжелых металлов лядвенец рогатый дикорастущий и культивируемый в Томской области соответствует требованиям ГФ, СанПиН и может быть использован для производства БАДов, лекарственных препаратов.

По содержанию *Zn* надземная часть дикорастущего и культивируемого не соответствует требованиям ВМДУ и ВСНиТ, что должны учитывать производители кормов, включая в состав рецептуры и другие виды растений.

Список литературы

1. Змеева О.Н., Коломиец Н.Э., Абрамеч Н.Ю., Бондарчук Р.А. *Lotus corniculatus* L. – перспективный вид рода *Lotus* L. // Химия растительного сырья. 2017. №4. С. 5–14.
2. Бекишева И.В. Лядвенец украинский. Красная книга Омской области. Омск, 2005. С. 331.
3. Науменко Н.И. Флора и растительность Южного Зауралья. Курган, 2008. 512 с.
4. Силантьева М.М. Конспект флоры Алтайского края. Барнаул, 2006. 392 с.
5. Зарубин А.М., Иванова М.М., Ляхова И.Г. и др. Флористические находки в Прибайкалье // Бот. журн. 1993. Т. 78. №8. С. 93–101.
6. Конспект флоры Иркутской области (сосудистые растения). Иркутск, 2008. 327 с.
7. Эбель А.Л., Буко Т.Е., Шереметова С.А. и др. Новые для Кемеровской области виды сосудистых растений // *Turczaninowia*. 2001. Т. 4, вып. 3. С. 27–34.
8. Эбель А.Л. Определитель растений Томской области. Томск, 2014. 464 с.
9. Розенберг Г.С. Красная книга Самарской области. Редкие виды растений, лишайников и грибов. Тольятти, 2007. Т. 1. 372 с.
10. Красная книга Республики Коми. Сыктывкар, 2009. 791 с.
11. Тыновец С.В., Флиппенко В.С. Продуктивность и кормовая ценность *Lotus corniculatus* на антропогенно преобразованных почвах // Вестник ПолесГУ. 2012. С. 36–40.
12. Рышкель О.С., Крюкова Л.И., Тыновец С.В. Лядвенец рогатый (*Lotus corniculatus*) перспективная культура для антропогенно преобразованных почва Припятского Полесья // Вестник ПолесГУ. 2010. С. 50–54.
13. Нелюбина Ж.С., Касаткина Н.И. Формирование кормовой продуктивности лядвенца рогатого в зависимости от приемов возделывания в условиях Удмуртской республики // Нива Поволжья. 2017. №1(42). С. 47–53.
14. Погорельский И.П., Лещенко А.А., Лазыкин А.Г., Гурин К.И., Тетерин В.В., Шаров Д.А. Биотехнология рекультивации и восстановления экологического статуса почвы в местах постоянной дислокации войск с использованием препарата нефтеструктора на основе микробно-растительной ассоциации // Вестник войск РХБ защиты. 2018. Т. 2. №4. С. 44–56.
15. Клыга Е.Р. Интенсификация кормопроизводства, технология возделывания и уборки многолетних трав // Сборник материалов и докладов II Агрономического собрания Томской области. Томск, 2017. Т. 2. С. 20–28.

16. Терешкина О.И., Самылина И.А., Рудакова И.П., Гравель И.В. Гармонизация подходов к оценке безопасности состава лекарственных растительных препаратов // Биомедицина. 2011. №3. С. 80–86.
17. Грешневиков А.Н., Протасов В.Ф. Проблемы экологической безопасности России // Право и безопасность. 2005. №3(16). С. 58–61.
18. Escaray F.J., Menendez A.B., Gárriz A., Pieckenstain F.L., Estrella M.J., Castagno L.N., Carrasco P., Sanjuán J., Ruiz O.A. Ecological and agronomic importance of the plant genus *Lotus*. Its application in grassland sustainability and the amelioration of constrained and contaminated soils // Plant Science. 2012. N182. Pp. 121–133.
19. Salman S.M., Ali S., Ahmed A., Afridi M.S., Rehman A.U. Preliminary phytochemical, essential element analysis and antimicrobial activities of ethanolic extract of *Lotus corniculatus* // International journal of biosciences. 2015. Vol. 7. N2. Pp. 106–115.
20. Государственная фармакопея РФ, XIV издание. М., 2018. Т. 2. URL: <http://femb.ru/feml>
21. Судыко А.Ф. Определение урана, тория, скандия и некоторых редкоземельных элементов в двадцати четырех стандартных образцах сравнения инструментальным нейтронно-активационным методом // Материалы V Международной конференции. Томск, 2016. С. 620–624.
22. Коломиец Н.Э. Фармакогностическое исследование рода *EQUISETUM* L. флоры Сибири как источника лекарственных средств: дисс... д-ра фарм. наук. М., 2010. 414 с.
23. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М., 1985. 351 с.
24. Кавеленова Л.М., Здетовский А.Г., Огневенко А.Я. К специфике содержания зольных веществ в листьях древесных растений в городской среде в условиях лесостепи (на примере Самары) // Химия растительного сырья. 2001. №3. С. 85–90.
25. Крисс Е.Е., Волченкова И.И., Григорьева А.С., Коханович Н.Ф. Координационные соединения металлов в медицине. Киев, 1986. 216 с.
26. Skalniy A.V. Microelementoses person (diagnosis and treatment): A practical guide for doctors and medical students. М., 2001. 96 p.
27. Коломиец Н.Э., Агеева Л.Д., Абрамец Н.Ю. Элементный состав видов рода *Equisetum* L. // Фундаментальные исследования. 2014. №8–6. С. 1418–1421.
28. Коломиец Н.Э., Полуэктова Т.В., Федько И.В., Абрамец Н.Ю., Смолякова И.М., Авдеенко С.Н. Растения как источники элементов, необходимых для здоровья костей и суставов // Фундаментальные исследования. 2014. №8–7. С. 1635–1639.
29. Lovkova M.J., Buzuk G.N., Sokolova S.M., Derevyago L.N. About the use of medicinal plants for the treatment and prevention of microelementoses and pathological conditions // Trace elements in medicine. 2005. N6(4). Pp. 3–10.
30. Дубовая А.В. Влияние химических элементов на функциональное состояние сердечно-сосудистой системы (обзор литературы) // Мать и дитя в Кузбассе. 2016. №4(67). С. 10–14.
31. Efevbokhan N., Bhattacharaya S.K., Ahokas R.A. Zinc and the prooxidant heart failure phenotype // J. Cardiovasc. Pharmacol. 2014. N64(4). Pp. 393–400.
32. СанПиН 2.3.2.1078-01. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов (для биологически активных добавок к пище на растительной основе). М., 2001. 269 с.
33. European Pharmacopoeia 6th Edition / Council of Europe European-European Directorate for the Quality of Medicines. 2007. Vol. 2. 4392 p.
34. The British Pharmacopoeia sedition of the British Pharmacopoeia or in the associated edition of the British Pharmacopoeia. (veterinary). See General Notices, 2009. Vol. 4. 10952 p.
35. Временный максимально допустимый уровень (МДУ) содержания некоторых химических элементов и госсипола в кормах для сельскохозяйственных животных и кормовых добавках (утв. Главным управлением ветеринарии Государственного агропромышленного комитета СССР 7 августа 1987 г.). [Электронный ресурс]. URL: <http://base.garant.ru/70667604/#friends>.
36. Ветеринарно-санитарные нормы и требования к качеству кормов для непродуктивных животных (утв. 15 июля 1997 г. № 13-7-2/1010). [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200102836>.

Поступила в редакцию 30 июня 2019 г.

После переработки 10 сентября 2019 г.

Принята к публикации 7 ноября 2019 г.

Для цитирования: Шплис О.Н., Коломиец Н.Э., Абрамец Н.Ю., Дайбова Е.Б., Бондарчук Р.А., Марьин А.А., Смолякова И.М., Авдеенко С.Н. Элементный состав лядвенца рогатого дикорастущего и культивируемого в условиях подтаежной зоны Западной Сибири // Химия растительного сырья. 2020. №1. С. 237–244. DOI: 10.14258/jcrpm.2020016124.

Shplis O.N.¹, Kolomiyets N.E.^{1*}, Abramets N.Yu.¹, Daybova Ye.B.², Bondarchuk R.A.¹, Mar'in A.A.³, Smolyakova I.M.¹, Avdeyenko S.N.⁴ THE ELEMENTAL COMPOSITION OF WILD *LOTUS CORNICULATUS* AND CULTIVATED IN THE SUBTAIGA ZONE OF WESTERN SIBERIA

¹ Siberian State Medical University, Moskovskiy trakt, 2, Tomsk, 634050 (Russia), e-mail: borkol47@mail.ru

² Siberian Research Institute of Agriculture and Peat – branch of the Siberian Federal Scientific Center of Agro-Bio Technologies of the RAS, ul. Gagarina, 3, Tomsk, 634050 (Russia)

³ Kemerovo State Medical University, ul. Voroshilova, 22a, Kemerovo, 650056 (Russia)

⁴ National Research Tomsk State University, pr. Lenina, 36, Tomsk, 634050 (Russia)

The composition and content of the elements of the aerial parts of the *Lotus corniculatus* L. wild-growing and cultivated in the Tomsk region was studied. The elemental composition was studied by neutron activation analysis and flame photometry. The neutron activation method was studied on a CANBERRA analyzer system with a pure germanium detector of the GX-3518 type with Co60 (1332 keV) 1.8 keV placement (neutron flux density $2 \cdot 10^{13}$ neutrons/(cm²·s) for 12 h). The sodium and potassium contents were determined in the emission mode by flame photometry on a Thermo Solaar M5 MkII double-beam atomic absorption spectrometer. In wild-growing and cultivated species, the content of 31 elements (Sm, Ce, Ca, Lu, U, Th, Cr, Yb, Au, Hf, Ba, Sr, Nd, As, Ag, Br, Cs, Tb, Sc, Rb, Fe, Zn, Ta, Co, Na, K, Eu, Sb, La, Pb, Cd). In wild-growing and cultivated samples from the Tomsk region, high concentrations of Ca, K, Na, and Zn are noted, compared with the data given in the literature on lamb from other regions. According to the content of heavy metals, wild-growing and cultivated in the Tomsk Oblast baby candy meets the requirements of regulatory documents and can be used for the production of dietary supplements, herbal medicines and herbal pharmaceutical substances. In terms of Zn content, wild-growing and cultivated lamb does not meet the requirements for the minimum allowable levels of this element for feed, which manufacturers should take into account.

Keywords: *Lotus corniculatus* L., wild, cultivated, Western Siberia, elemental composition, heavy metals, zinc.

References

- Zmeyeva O.N., Kolomiyets N.E., Abramets N.Yu., Bondarchuk R.A. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2017, no. 4, pp. 5–14 (in Russ.).
- Bekisheva I.V. *Lyadvenets ukrainskiy. Krasnaya kniga Omskoy oblasti*. [Ukrainian lovdenets. Red Book of Omsk Region]. Omsk, 2005, p. 331 (in Russ.).
- Naumenko N.I. *Flora i rastitel'nost' Yuzhnogo Zaural'ya*. [Flora and vegetation of the South Trans-Urals]. Kurgan, 2008, 512 p. (in Russ.).
- Silant'yeva M.M. *Konspekt flory Altayskogo kraya*. [Abstract of the flora of the Altai Territory]. Barnaul, 2006, 392 p. (in Russ.).
- Zarubin A.M., Ivanova M.M., Lyakhova I.G. et al *Bot. zhurn.*, 1993, vol. 78, no. 8, pp. 93–101 (in Russ.).
- Konspekt flory Irkutskoy oblasti (sosudistyie rasteniya)*. [Abstract of the flora of the Irkutsk region (vascular plants)]. Irkutsk, 2008, 327 p. (in Russ.).
- Ebel' A.L., Buko T.Ye., Sheremetova S.A. et al *Turczaninowia*, 2001, vol. 4, no. 3, pp. 27–34 (in Russ.).
- Ebel' A.L. *Opredelitel' rasteniy Tomskoy oblasti*. [Key to plants of the Tomsk region]. Tomsk, 2014, 464 p. (in Russ.).
- Rozenberg G.S. *Krasnaya kniga Samarskoy oblasti. Redkiye vidy rasteniy, lishaynikov i gribov*. [Red Book of the Samara region. Rare species of plants, lichens and mushrooms]. Tolyatti, 2007, vol. 1, 372 p. (in Russ.).
- Krasnaya kniga Respubliki Komi*. [Red Book of the Komi Republic]. Syktyvkar, 2009, 791 p. (in Russ.).
- Tynovets S.V., Flippenko V.S. *Vestnik PolesGU*, 2012, pp. 36–40 (in Russ.).
- Ryshkel' O.S., Kryukova L.I., Tynovets S.V. *Vestnik PolesGU*, 2010, pp. 50–54. (in Russ.).
- Nelyubina Zh.S., Kasatkina N.I. *Niva Povolzh'ya*, 2017, no. 1(42), pp. 47–53 (in Russ.).
- Pogorel'skiy I.P., Leshchenko A.A., Lazykin A.G., Gurin K.I., Teterin V.V., Sharov D.A. *Journal of NBC Protection Corps.*, 2018, vol. 2, no. 4, pp. 44–56 (in Russ.).
- Klyga Ye.R. *Sbornik materialov i dokladov II Agronomicheskogo sobraniya Tomskoy oblasti*. [The collection of materials and reports of the II Agronomical meeting of the Tomsk region]. Tomsk, 2017, vol. 2, pp. 20–28 (in Russ.).
- Tereshkina O.I., Samylina I.A., Rudakova I.P., Gravel' I.V. *Biomeditsina*. 2011, no. 3, pp. 80–86 (in Russ.).
- Greshnevnikov A.N., Protasov V.F. *Pravo i bezopasnost'*, 2005, no. 3(16), pp. 58–61 (in Russ.).
- Escaray F.J., Menendez A.B., Gárriz A., Pieckenstain F.L., Estrella M.J., Castagno L.N., Carrasco P., Sanjuán J., Ruiz O.A. *Plant Science*, 2012, no. 182, pp. 121–133.
- Salman S.M., Ali S., Ahmed A., Afridi M.S., Rehman A.U. *International journal of biosciences*, 2015, vol. 7, no. 2, pp. 106–115.
- Gosudarstvennaya Farmakopeya RF, XIV izdaniye*. [State Pharmacopoeia of the Russian Federation, XIV edition]. Moscow, 2018, vol. 2. URL: <http://femb.ru/feml> (in Russ.).
- Sudyko A.F. *Materialy V Mezhdunarodnoy konferentsii*. [Materials of the V International Conference]. Tomsk, 2016, pp. 620–624 (in Russ.).
- Kolomiyets N.E. *Farmakognosticheskoye issledovaniye roda EQUISETUM L. flory Sibiri kak istochnika lekarstvennykh sredstv: diss... d-ra farm. nauk*. [Pharmacognostic study of the genus EQUISETUM L. of the Siberian flora as a source of drugs: Diss. ... Dr. Pharm. of sciences]. Moscow, 2010, 414 p. (in Russ.).
- Dospekhov B.A. *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy)*. [Field experiment methodology (with the basics of statistical processing of research results)]. Moscow, 1985, 351 p. (in Russ.).

* Corresponding author.

24. Kavelenova L.M., Zdetovetskiy A.G., Ognevenko A.Ya. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2001, no. 3, pp. 85–90 (in Russ.).
25. Kriss Ye.Ye., Volchenskova I.I., Grigor'yeva A.S., Kokhanovich N.F. *Koordinatsionnyye soyedineniya metallov v meditsine*. [Coordination compounds of metals in medicine]. Kiev, 1986, 216 p. (in Russ.).
26. Skalniy A.V. *Microelementoses person (diagnosis and treatment): A practical guide for doctors and medical students*. Moscow, 2001, 96 p.
27. Kolomiyets N.E., Ageyeva L.D., Abramets N.Yu. *Fundamental'nyye issledovaniya*, 2014, no. 8–6, pp. 1418–1421. (in Russ.).
28. Kolomiyets N.E., Poluektova T.V., Fed'ko I.V., Abramets N.Yu., Smolyakova I.M., Avdeyenko S.N. *Fundamental'nyye issledovaniya*, 2014, no. 8–7, pp. 1635–1639 (in Russ.).
29. Lovkova M.J., Buzuk G.N., Sokolova S.M., Derevyago L.N. *Trace elements in medicine*, 2005, no. 6(4), pp. 3–10.
30. Dubovaya A.V. *Mat' i ditya v Kuzbasse*, 2016, no. 4(67), pp. 10–14 (in Russ.).
31. Efeovbokhan N., Bhattacharaya S.K., Ahokas R.A. *J.Cardiovasc.Pharmacol.*, 2014, no. 64(4), pp. 393–400.
32. *SanPiN 2.3.2.1078-01. Gigiyenicheskiye trebovaniya bezopasnosti i pishchevoy tsennosti pishchevykh produktov (dlya biologicheskii aktivnykh dobavok k pishche na rastitel'noy osnove)*. [SanPiN 2.3.2.1078-01. Hygienic requirements for food safety and nutritional value (for biologically active plant-based food additives)]. Moscow, 2001, 269 p. (in Russ.).
33. *European Pharmacopoeia 6th Edition / Council of Europe European-European Directorate for the Quality of Medicines*. 2007, vol. 2, 4392 p.
34. *The British Pharmacopoeia sedition of the British Pharmacopoeia or in the associated edition of the British Pharmacopoeia. (veterinary)*. See General Notices, 2009, vol. 4, 10952 p.
35. *Vremennyy maksimal'no dopustimyy uroven' (MDU) sodержaniya nekotorykh khimicheskikh elementov i gossi-pola v kormakh dlya sel'skokhozyaystvennykh zivotnykh i kormovykh dobavkakh (utv. Glavnym upravleniyem vete-rinarii Gosudarstvennogo agropromyshlennogo komiteta SSSR 7 avgusta 1987 g.)*. [Temporary maximum permissible level (MRL) of the content of certain chemical elements and gossi-sex in feed for farm animals and feed additives (approved by the Main Veterinary Directorate of the State Agro-Industrial Committee of the USSR on August 7, 1987).] [Electronic resource]. URL: <http://base.garant.ru/70667604/#friends> (in Russ.).
36. *Veterinarno-sanitarnyye normy i trebovaniya k kachestvu kormov dlya neproduktivnykh zivotnykh (utv. 15 iyu-lya 1997 g. № 13-7-2/1010)*. [Veterinary and sanitary standards and requirements for the quality of feed for non-productive animals (approved. July 15, 1997 No. 13-7-2/1010)]. [Electronic resource]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200102836> (in Russ.).

Received June 30, 2019

Revised September 10, 2019

Accepted November 7, 2019

For citing: Shplis O.N., Kolomiyets N.E., Abramets N.Yu., Daybova Ye.B., Bondarchuk R.A., Mar'in A.A., Smolyakova I.M., Avdeyenko S.N. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2020, no. 1, pp. 237–244. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.2020016124.