

Элементный состав листьев и плодов лимонника китайского, произрастающего в Воронежской области

А.И. Сливкин, Ю.В. Добрина

Воронежский государственный университет;
Российская Федерация, 394006, Воронеж, Университетская пл., д. 1

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Сливкин Алексей Иванович – декан фармацевтического факультета Воронежского государственного университета, заведующий кафедрой фармацевтической химии и фармацевтической технологии, доктор фармацевтических наук, профессор. Тел.: +7 (910) 243-67-88. E-mail:slivkin@pharm.vsu.ru

Добрин Юлиа Владимировна – ассистент кафедры фармацевтической химии и фармацевтической технологии Воронежского государственного университета. Тел.: +7 (950) 774-73-83. E-mail:dobrina@pharm.vsu.ru

РЕЗЮМЕ

Введение. Препараты лимонника относятся к группе наиболее востребованных растительных фитоадаптогенов. В официальной медицине используются плоды и семена лимонника китайского. С целью расширения сырьевой базы изучают побеги и листья растения. Фармакологический эффект лимонника обусловлен содержащимися в растительном сырье минеральными компонентами.

Цель работы – изучение элементного состава листьев и плодов лимонника китайского, произрастающего в Воронежской области.

Материал и методы. Объекты исследования – листья и плоды лимонника китайского, выращенного в Воронежской области, а также почва с места произрастания. Элементный состав листьев и плодов лимонника китайского определяли методом хромато-масс-спектрологии с индуктивно связанной плазмой.

Результаты. Листья и плоды лимонника китайского, произрастающего в Воронежской области, имеют аналогичный минеральный состав. Он представлен 62 элементами, из них 10 относятся к макроэлементам, 41 – к микроэлементам, 11 – к группе тяжелых металлов. Отмечено неравномерное распределение элементов между органами растения. Рассчитаны коэффициенты биологического поглощения минеральных веществ в листьях и плодах лимонника китайского и показана их вариабельность.

Заключение. Установлен элементный состав листьев и плодов лимонника китайского, заготовленных в Воронежской области. Изучаемые объекты являются перспективными источниками эссенциальных и условно эссенциальных макро- и микроэлементов.

Ключевые слова: лимонник китайский, *Schizandra chinensis* (Turcz.) Baill., элементный состав, хромато-масс-спектрология.

Для цитирования: Сливкин А.И., Добрин Ю.В. Элементный состав листьев и плодов лимонника китайского, произрастающего в Воронежской области. Фармация, 2019; 68 (6): 31–36. <https://doi.org/10.29296/25419218-2019-06-06>

THE ELEMENTAL COMPOSITION OF THE LEAVES AND FRUITS OF CHINESE MAGNOLIA VINE (*SCHIZANDRA CHINENSIS*) GROWING IN THE VORONEZH REGION

A.I. Slivkin, Yu.V. Dobrina

Voronezh State University, 1, Universitetskaya Sq., Voronezh 394006, Russian Federation

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

Slivkin Alexey Ivanovich – Dean of the faculty of pharmacy of Voronezh state University, head of the Department of pharmaceutical chemistry and pharmaceutical technology, Doctor of Pharmaceutical Sciences, Associate Professor. Tel.: +7 (910) 243-67-88. E-mail:slivkin@pharm.vsu.ru

DobrinaYulia Vladimirovna – assistant of the Department of pharmaceutical chemistry and pharmaceutical technology of Voronezh state University. Tel.: +7 (950) 774-73-83. E-mail:dobrina@pharm.vsu.ru

SUMMARY

Introduction. Chinese magnolia vine (*Schizandra chinensis*) preparations belong to a group of the most popular phytoadaptogens. Chinese magnolia vine fruits and seeds are used in officinal medicine. The shoots and leaves of the plant are being investigated to expand its raw materials base. The pharmacological effect of Chinese magnolia vine is due to the minerals contained in the plant raw materials.

Objective: to investigate the elemental composition of the leaves and fruits of Chinese magnolia vine growing in the Voronezh Region.

Material and methods. The investigation objects were the leaves and fruits of Chinese magnolia vine grown in the Voronezh Region, as well as the soil from the place of its growth. The elemental composition of Chinese magnolia vine leaves and fruits was determined by inductively coupled plasma-chromatography-mass spectroscopy.

Results. The leaves and fruits of Chinese magnolia vine growing in the Voronezh Region were shown to have a similar mineral composition. It was represented by 62 elements, including 10 and 41, which belonged to gross and trace elements, respectively; 11 elements were defined as heavy metals. There was an uneven distribution of elements between the plant organs. The investigators calculated biological absorption coefficients for minerals in the Chinese magnolia vine leaves and fruits; and their variability was shown.

Conclusion. The elemental composition of Chinese magnolia vine leaves and fruits stored in the Voronezh Region has been established. The studied objects are promising sources of essential and conditionally essential gross and trace elements.

Key words: Chinese magnolia vine, *Schizandra chinensis* (Turcz.) Baill., elemental composition, chromatography-mass spectroscopy.

For citation: Slivkin A.I., Dobrina Yu.V. The elemental composition of the leaves and fruits of Chinese magnolia vine (*Schizandra chinensis*) growing in the Voronezh Region. Farmatsiya (Pharmacy), 2019; 68 (6): 31–36. <https://doi.org/10.29296/25419218-2019-06-06>

Введение

Растительные фитоадаптогены – одна из наиболее востребованных групп лекарственных средств (ЛС). Препараты лимонника китайского без вредных последствий повышают общую, неспецифическую резистентность организма в экстремальных условиях. Важное преимущество сырья лимонника по сравнению с другими адаптогенами – отсутствие стадии истощения после проявления тонизирующего действия [1]. В официальной медицине используются плоды и семена лимонника китайского. Для расширения сырьевой базы в настоящее время исследуются вегетативные части растения – побеги и листья. В литературе нет подробных данных о химическом составе листьев лимонника, что не позволяет составить целостного представления о составе биологически активных веществ (БАВ) в них [2].

В составе растительного объекта, помимо органических БАВ, присутствуют минеральные компоненты, которые также вносят вклад в развитие фармакологического эффекта [3]. Многие биоэлементы способны образовывать комплексные соединения, а также служить ключевыми интермедиаторами в физиологических и биохимических процессах. Макро-, микро- и ультрамикроэлементы оказывают существенное влияние на обмен-

ные процессы, нервную, иммунную, эндокринную, сердечно-сосудистую системы, являются составной частью ферментов, способны придавать другим БАВ легкоусвояемую и безвредную форму, одновременно потенцируя их эффект [4].

Цель данного исследования – изучение элементного состава листьев и плодов лимонника китайского, произрастающего в Воронежской области.

Материал и методы

Объектами исследования служили высушенные листья и плоды лимонника китайского – *Schizandra chinensis* (Turcz.) Baill., заготовленные от одного растения, произрастающего в Воронежской области, а также почва с места произрастания. Листья заготавливали в фазу цветения растения, плоды – в фазу созревания [5].

Изучение элементного состава исследуемых объектов проводили методом хромато-масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой на приборе «ELAN-DRC». Для анализа отбирали образцы измельченного лекарственного растительного сырья (ЛРС) и подвергали кислотному разложению с помощью систем микроволновой пробоподготовки: навеску ЛРС помещали во фторопластовый вкладыш и обрабатывали 5 мл смеси азотной и плавиковой кислот. Автоклав с про-

Таблица 1

Макроэлементы, содержащиеся в листьях и плодах лимонника китайского

Table 1

Gross elements contained in Chinese magnolia vine leaves and fruits

| № | Элемент | Листья, мкг/г | Кбн | Плоды, мкг/г | Кбн | Почва, мкг/г | № | Элемент | Листья, мкг/г | Кбн | Плоды, мкг/г | Кбн | Почва, мкг/г |
|---|---------------|---------------|--------------------|--------------|--------------------|--------------|----|---------------|---------------|--------------------|--------------|-------|--------------|
| 1 | Натрий (Na) | 39,00 | 0,01 | 94,6 | 0,025 | 3792,0 | 6 | Кальций (Ca) | 9888 | 0,56 | 1542,0 | 0,08 | 17570 |
| 2 | Магний (Mg) | 5945,0 | 1,23 | 1587,0 | 0,33 | 4820,0 | 7 | Марганец (Mn) | 46,50 | 0,08 | 47,20 | 0,08 | 595,10 |
| 3 | Алюминий (Al) | 229,00 | 5·10 ⁻³ | 221,0 | 5·10 ⁻³ | 41764,0 | 8 | Железо (Fe) | 202,00 | 9·10 ⁻³ | 226,0 | 0,01 | 22413,0 |
| 4 | Фосфор (P) | 3719,0 | 5,76 | 2432,0 | 3,77 | 645,70 | 9 | Цинк (Zn) | 23,30 | 0,35 | 9,85 | 0,148 | 66,34 |
| 5 | Калий (K) | 28452 | 1,75 | 24983 | 1,54 | 16215 | 10 | Стронций (Sr) | 23,00 | 0,28 | 6,00 | 0,07 | 80,98 |

Примечание. Здесь и далее Кбн – коэффициент биологического поглощения по А.И. Перельману.

Note. Here and further. Bac – biological absorption coefficient according to A.I. Perelman.

бой во вкладыше помещали в микроволновую печь и подвергали разложению. Растворенную навеску количественно переносили в пробирку вместимостью 15 мл, троекратно встряхивая вкладыш с крышкой с 1 мл деионизированной воды и перенося каждый смыв в пробирку, доводили объем пробирки до 10 мл деионизированной водой, закрывали и перемешивали. Автоматическим дозатором со сменным наконечником отбирали аликвотную часть 1 мл и доводили до 10 мл 0,5% азотной кислотой, закрывали защитной лабораторной пленкой, передавали на анализ.

Результаты и обсуждение

Листья и плоды лимонника китайского, выращенного в Воронежской области, имеют сходный и богатый минеральный состав, представленный

62 элементами, из них 10 относятся к макроэлементам, 41 – к микроэлементам, 11 – к группе тяжелых металлов (табл. 1–3). Выявлена неравномерность распределения минеральных компонентов в растении, для некоторых из них существует физиологический барьер поступления в генеративные и ассимилирующие органы лимонника китайского (табл. 4).

Физиологический барьер [6, 7] наблюдается для таких элементов, как Al, Ca, Ti, Cr, Mn, Fe, Zn, Ba. Необходимо отметить, что Mg, K, Ca и P, содержание которых в листьях значительно выше, чем в плодах лимонника и почве с места его произрастания, относятся к повторно используемым элементам, способным накапливаться в растении. Данные элементы могут передвигаться от старых тканей к молодым. Возможно, более высокое содержание в

Таблица 2

Микроэлементы, содержащиеся в листьях и плодах лимонника китайского

Table 2

Trace elements contained in Chinese magnolia vine leaves and fruits

| № | Элемент | Листья, мкг/г | Кбн | Плоды, мкг/г | Кбн | Почва, мкг/г | № | Элемент | Листья, мкг/г | Кбн | Плоды, мкг/г | Кбн | Почва, мкг/г |
|----|---------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------|----|----------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------|
| 1 | Литий (Li) | 0,21 | 9·10 ⁻³ | 0,17 | 7·10 ⁻³ | 23,19 | 22 | Лантан (La) | 0,14 | 5·10 ⁻³ | 0,10 | 4·10 ⁻³ | 26,89 |
| 2 | Бериллий (Be) | 7·10 ⁻³ | 5·10 ⁻³ | 8·10 ⁻³ | 6·10 ⁻³ | 1,25 | 23 | Церий (Ce) | 0,25 | 4·10 ⁻³ | 0,19 | 3·10 ⁻³ | 54,86 |
| 3 | Скандий (Sc) | <0,001 | 1·10 ⁻⁴ | <0,001 | 1·10 ⁻⁴ | 7,76 | 24 | Празеодим (Pr) | 0,03 | 5·10 ⁻³ | 0,02 | 3·10 ⁻³ | 6,39 |
| 4 | Титан (Ti) | 15,00 | 5·10 ⁻³ | 13,10 | 4·10 ⁻³ | 3178,0 | 25 | Неодим (Nd) | 0,12 | 5·10 ⁻³ | 0,09 | 4·10 ⁻³ | 22,19 |
| 5 | Хром (Cr) | 1,51 | 0,02 | 15,10 | 0,25 | 61,10 | 26 | Самарий (Sm) | 0,02 | 5·10 ⁻³ | 0,02 | 4·10 ⁻³ | 4,39 |
| 6 | Кобальт (Co) | 0,15 | 1·10 ⁻⁴ | 0,08 | 6·10 ⁻³ | 12,62 | 27 | Европий (Eu) | 5·10 ⁻³ | 6·10 ⁻³ | 4·10 ⁻³ | 4·10 ⁻³ | 0,88 |
| 7 | Никель (Ni) | 4,98 | 0,17 | 2,93 | 0,10 | 29,78 | 28 | Гадолиний (Gd) | 0,02 | 6·10 ⁻³ | 0,02 | 4·10 ⁻³ | 4,10 |
| 8 | Галлий (Ga) | 0,06 | 6·10 ⁻³ | 0,06 | 6·10 ⁻³ | 10,53 | 29 | Тербий (Tb) | 3·10 ⁻³ | 5·10 ⁻³ | 2·10 ⁻³ | 4·10 ⁻³ | 0,612 |
| 9 | Германий (Ge) | 0,02 | 8·10 ⁻³ | 0,02 | 9·10 ⁻³ | 2,52 | 30 | Диспрозий (Dy) | 0,02 | 5·10 ⁻³ | 0,04 | 0,01 | 3,04 |
| 10 | Мышьяк (As) | 0,08 | 0,01 | 0,07 | 0,01 | 6,74 | 31 | Гольмий (Ho) | 3·10 ⁻³ | 5·10 ⁻³ | 3·10 ⁻³ | 4·10 ⁻³ | 0,62 |
| 11 | Селен (Se) | 0,12 | 0,01 | 0,09 | 9·10 ⁻³ | <0,001 | 32 | Эрбий (Er) | 9·10 ⁻³ | 5·10 ⁻³ | 7·10 ⁻³ | 4·10 ⁻³ | 1,80 |
| 12 | Рубидий (Rb) | 12,78 | 0,18 | 12,33 | 0,18 | 68,86 | 33 | Тулий (Tm) | 1·10 ⁻³ | 4·10 ⁻³ | 1·10 ⁻³ | 4·10 ⁻³ | 0,27 |
| 13 | Итрий (Y) | 0,09 | 5·10 ⁻³ | 0,07 | 4·10 ⁻³ | 16,72 | 34 | Иттербий (Yb) | 8·10 ⁻³ | 5·10 ⁻³ | 7·10 ⁻³ | 4·10 ⁻³ | 1,61 |
| 14 | Цирконий (Zr) | 0,43 | 3·10 ⁻³ | 0,41 | 3·10 ⁻³ | 120,57 | 35 | Лютеций (Lu) | 1·10 ⁻³ | 4·10 ⁻³ | 1·10 ⁻³ | 4·10 ⁻³ | 0,28 |
| 15 | Уран (U) | 9·10 ⁻³ | 7·10 ⁻³ | 0,01 | 9·10 ⁻³ | 1,26 | 36 | Гафний (Hf) | 0,01 | 3·10 ⁻³ | 0,01 | 3·10 ⁻³ | 4,62 |
| 16 | Ниобий (Nb) | 0,04 | 4·10 ⁻³ | 0,04 | 4·10 ⁻³ | 9,97 | 37 | Тантал (Ta) | 3·10 ⁻³ | 7·10 ⁻³ | 2·10 ⁻³ | 5·10 ⁻³ | 0,40 |
| 17 | Торий (Th) | 0,03 | 5·10 ⁻³ | 0,03 | 4·10 ⁻³ | 6,74 | 38 | Вольфрам (W) | 0,01 | 0,01 | 0,03 | 0,03 | 1,08 |
| 18 | Индий (In) | 5·10 ⁻⁴ | 0,13 | 9·10 ⁻⁴ | 0,02 | 0,04 | 39 | Рений (Re) | <0,001 | 5·10 ⁻⁴ | <0,001 | 5·10 ⁻⁴ | <1,0 |
| 19 | Теллур (Te) | 1·10 ⁻³ | 1·10 ⁻³ | 2·10 ⁻³ | 2·10 ⁻³ | <1,0 | 40 | Золото (Au) | 4·10 ⁻³ | 4·10 ⁻³ | 7·10 ⁻³ | 7·10 ⁻³ | <1,0 |
| 20 | Цезий (Cs) | 0,03 | 8·10 ⁻³ | 0,03 | 7·10 ⁻³ | 3,45 | 41 | Таллий (Tl) | 1·10 ⁻³ | 4·10 ⁻³ | 2·10 ⁻³ | 5·10 ⁻³ | 0,35 |
| 21 | Барий (Ba) | 6,20 | 0,02 | 3,01 | 9·10 ⁻³ | 324,50 | | | | | | | |

Тяжелые металлы, содержащиеся в листьях и плодах лимонника китайского

Table 3

Heavy metals contained in Chinese magnolia vine leaves and fruits

| № | Элемент | Листья, мкг/г | Кбн | Плоды, мкг/г | Кбн | Почва, мкг/г | № | Элемент | Листья, мкг/г | Кбн | Плоды, мкг/г | Кбн | Почва, мкг/г |
|---|---------------|---------------|-------|--------------|--------------------|--------------|----|--------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------|
| 1 | Медь (Cu) | 6,27 | 0,20 | 3,21 | 0,10 | 31,17 | 7 | Сурьма (Sb) | 0,03 | 0,05 | 0,02 | 0,03 | 0,58 |
| 2 | Молибден (Mo) | 0,16 | 0,062 | 0,25 | 0,097 | 2,58 | 8 | Платина (Pt) | 5·10 ⁻⁴ | 5·10 ⁻⁴ | 3·10 ⁻⁴ | 3·10 ⁻⁴ | <1,0 |
| 3 | Рутений (Ru) | <0,001 | 0,001 | <0,001 | 5·10 ⁻⁴ | <1,0 | 9 | Ртуть (Hg) | 8·10 ⁻³ | 0,27 | 4·10 ⁻³ | 0,15 | 0,03 |
| 4 | Серебро (Ag) | 0,01 | 0,05 | 0,02 | 0,07 | 0,32 | 10 | Свинец (Pb) | 0,32 | 0,02 | 0,29 | 0,02 | 16,99 |
| 5 | Кадмий (Cd) | 0,03 | 0,11 | 0,01 | 0,04 | 0,26 | 11 | Висмут (Bi) | 0,06 | 0,28 | 0,04 | 0,16 | 0,22 |
| 6 | Олово (Sn) | 0,10 | 0,06 | 0,14 | 0,09 | 1,58 | | | | | | | |

листьях некоторых элементов, к которым растение имеет физиологический барьер, связано с разными сроками заготовки сырья. Листья собирали раньше, чем плоды лимонника, к моменту созревания плодов часть элементов могла быть израсходована растением в процессе его жизнедеятельности.

По количественному соотношению элементов, а также общему содержанию плоды и листья лимонника китайского существенно отличаются:

в листьях элементов почти в 2 раза больше, чем в плодах. При этом и плоды, и листья лимонника являются источником таких необходимых для организма элементов, как К, Mg, Ca, P, Fe, Al. Содержание К, Fe, и Al в изучаемых объектах находится на примерно одинаковом уровне, а содержание Mg, Ca, P в листьях лимонника почти в 2 раза превышает таковое в плодах. В почве с места произрастания растения содержится большое количество Al, K, Na, Ca, Mg, P, Ti, Mn, Fe, Ba.

Доля эссенциальных элементов в листьях лимонника китайского составила 280 мкг/г (0,57%), в плодах – 301 мкг/г (0,96%). Условно количество эссенциальных элементов в листьях – 5,3 мкг/г (0,01%), в плодах растения их – 3,17 мкг/г (0,01%).

Содержание минеральных веществ в листьях и плодах лимонника китайского по сравнению с таковым в почве показало, что растение не накапливает макроэлементы и токсичные элементы. Однако в почве их значительно больше, чем в плодах и листьях. Микроэлементы в плодах лимонника и почве присутствуют в одинаковых количествах, которое превышает их содержание в листьях растения в 2 раза. Содержание ультрамикроэлементов в почве значительно меньше такового в сырье.

Содержание токсичных элементов (свинца, ртути, кадмия и мышьяка) в листьях лимонника достигает 0,438 мкг/г, в плодах - 0,374 мкг/г (табл. 5). Несмотря на присутствие в сырье некоторого количества токсичных элементов, плоды и листья лимонника относятся к экологически безопасным объектам, так как содержание указанных элементов не превышает предельно допустимого уровня [8, 9].

Поглощая из почвы тяжелые металлы, аккумулируя их в тканях или на поверхности листьев, растения могут быть промежуточным звеном в

Таблица 4

Содержание минеральных веществ в плодах и листьях лимонника китайского

Table 4

The content of minerals in Chinese magnolia vine fruits and leaves

| Объект | Макроэлементы, мкг/г (%) | Микроэлементы, мкг/г (%) | Токсичные элементы мкг/г |
|--------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Листья | 48566 (99,89) | 42,327 (0,087) | 0,438 |
| Плоды | 31142 (99,81) | 54,05 (0,173) | 0,374 |
| Почва | 111810 (99,70) | 265,7 (0,237) | 24,02 |

Таблица 5

Содержание токсичных элементов в плодах и листьях лимонника китайского

Table 5

The content of toxic elements in Chinese magnolia vine fruits and leaves

| Токсичный элемент | Листья лимонника | Плоды лимонника | Норма по НД (ГФ XIII) |
|-------------------|------------------|-----------------|-----------------------|
| Кадмий, мкг/г | 0,03 | 0,01 | 1,0 |
| Свинец, мкг/г | 0,32 | 0,29 | 6,0 |
| Ртуть, мкг/г | 0,008 | 0,004 | 0,1 |
| Мышьяк, мкг/г | 0,08 | 0,07 | 0,5 |

Таблица 6

Распределение элементов в плодах и листьях лимонника китайского, согласно Кбп (по Перельману)

Table 6

Distribution elements in Chinese magnolia vine fruits and leaves (according to A.I. Perelman)

| Элементы сильного накопления, $n \cdot 10^0 - n \cdot 10^1$ | | Элементы слабого накопления и среднего захвата, $n \cdot 10^0 - n \cdot 10^1$ | | Элементы слабого накопления и очень слабого захвата, $n \cdot 10^{-1} - n \cdot 10^{-2}$ | |
|---|--------------|---|--|---|---|
| Плоды | Листья | Плоды | Листья | Плоды | Листья |
| P, K, Sr | Mg, P, K, Sr | Na, Mg, Cr, Cu, Zn, Rb, Hg, Bi | Na, Ca, Ni, Cu, Zn, In, Rb, Sr, Hg, Bi, Cd | Li, Be, Al, Ca, Sc, Ti, Mn, Fe, Co, Ni, Ge, Ga, As, In, Sn, Sb, Te, Cs, Ba, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Hf, Th, Sr, Y, Zr, U, Nb, Mo, Ru, Ag, Cd, Ta, W, Re, Pt, Au, Tl, Pb, Se | Li, Be, Al, Sc, Ti, Cr, Mn, Fe, Co, Ge, Ga, As, Sn, Sb, Te, Cs, Ba, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Hf, Th, Y, Zr, U, Nb, Mo, Ru, Ag, Ta, W, Re, Pt, Au, Tl, Pb, Se |

цепи почва → растение → животное → человек. Учитывая опасность накопления растениями тяжелых металлов [9–11], оценивали присутствие в сырье экологически опасных компонентов с помощью коэффициентов биологического поглощения (Кбп) по А.И. Перельману. Согласно проведенным расчетам, к энергично накапливаемым относятся элементы, накапливаемые в количестве $n \cdot 10^{-n} \cdot 10^2$, к сильно накапливаемым – $n \cdot 10^0 - n \cdot 10^1$, к группам слабого накопления и среднего захвата – $n \cdot 10^{-1} - n \cdot 10^0$, группе слабого захвата – $n \cdot 10^{-1}$, к группе слабого и очень слабого захвата – $n \cdot 10^{-1} - n \cdot 10^{-2}$ [12, 13].

Благодаря рассчитанным Кбп удалось выяснить, что листья и плоды лимонника с одного и того же растения в течение одного года его жизни накапливали элементы по-разному (см. табл. 1–3, табл. 6 и рисунок). Так, в листьях лимонника группа элементов сильного накопления включала Mg (Кбп = 1,23), P (Кбп = 5,76) и K (Кбп = 1,75), а в плодах

только P (Кбп = 3,7) и K (Кбп = 1,5). При этом интенсивность поглощения элементов репродуктивными органами ниже, чем вегетативными. Элементы слабого накопления и среднего захвата в листьях лимонника: Na, Ca, Ni, Cu, Zn, In, Rb, Sr, Cd, Hg, Bi; в плодах: Na, Mg, Cr, Cu, Zn, Rb, Hg, Bi. Остальные минеральные компоненты относятся к элементам слабого накопления и слабого захвата.

Заключение

Установленный элементный состав листьев и плодов лимонника китайского, заготовленных в Воронежской области, показал, что изучаемые объекты являются перспективными источниками эссенциальных и условно эссенциальных макро- и микроэлементов. Плоды и листья лимонника китайского имеют сходный качественный состав, включающий 62 элемента. Изучаемые объекты отличаются по количественному соотношению макро- и микроэлементов.

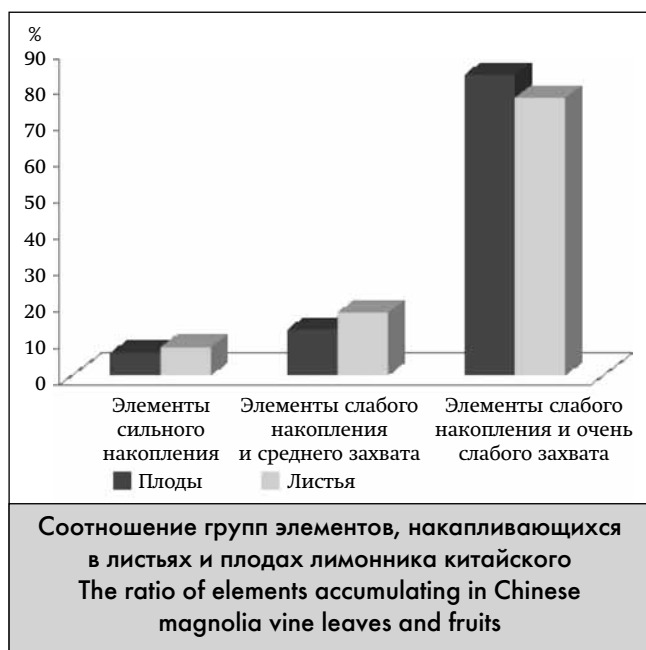
Установлено, что для некоторых элементов существует физиологический барьер их поступления в растение. Интенсивность биологического накопления минеральных компонентов в плодах ниже, чем в листьях лимонника китайского. Рассчитанные коэффициенты биологического накопления элементов в плодах и листьях лимонника китайского позволяют судить о безопасности их использования в медицинской практике. Токсичные элементы в изучаемых объектах отличаются слабым накоплением и средним или слабым захватом. Их содержание не превышает нормы.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.



Литература

1. Барнаулов О.Д., Осипова Т.В. Стресс-лимитирующие свойства классических фитоадаптогенов. *Обзоры по клинической фармакологии и лекарственной терапии*, 2012; 10 (3): 40–9.
2. Темирбулатова А.М. и др. Фитохимическое исследование и разработка технологии жидкого экстракта из листьев лимонника китайского. *Научные ведомости. Серия: Медицина. Фармация*, 2010; 22/2: 141–4.
3. Добрин Ю.В. и др. Изучение химического и элементного состава листьев лимонника китайского, заготовленных в Воронежской области. *Вестник ВГУ. Серия: Химия. Биология. Фармация*, 2016; 1: 170–4.
4. Шилова И.В. Фармакологические аспекты изучения химических элементов в растениях. *Международная молодежная школа-семинар «Геохимия живого вещества»*, посвященная 150-летию со дня рождения В.И. Вернадского (1863–2013 гг.). 2–5 июня 2013. Томск: 2013; 111–5.
5. Государственная фармакопея Российской Федерации, XIII издание. Том 1. М.: 2015; 1470.
6. Юткина И.С., Евдокимова Р.С., Каримова А.З. Распределение микроэлементов и аскорбиновой кислоты в почве и тканях крапивы двудомной (*Urtica dioica* L.). *Наука и современность*, 2014; 32–1: 68–74.
7. Скальный А.В. Химические элементы в окружающей среде и их роль в жизнедеятельности человека. М.: Мир, 2004; 216.
8. Никитина Ю.Е. и др. Исследование влияния микро- и макроэлементов на организм человека и биоаккумуляции некоторых ионов тяжёлых металлов микроорганизмами. *Вольск Саратовско обл.: Вольский военный институт материального обеспечения. Электронный ресурс*. Режим доступа: <https://www.scienceforum.ru/2016/pdf/23008.pdf>
9. Гравель И.В. Фармакогнозия. Экоотоксиканты в лекарственном растительном сырье и фитопрепаратах. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2012; 304.
10. Протасова Н.А., Беляев А.Б. Химические элементы в жизни растений. *Соровский образовательный журнал*, 2001; 3: 25–32.
11. Кроик А. А. и др. Закономерности накопления и распределения тяжелых металлов в системе «почва-растения». *Вісник Дніпропетровського університету. Геологія, географія*, 2012; 32: 1–4.
12. Мальцева А.А. и др. Элементный состав горцев почечуйного и перечного. *Фармация*, 2016; 2: 14–8.
13. Афанасьева Л.В., Кашин В.К. Содержание микроэлементов в растениях *Vaccinium uliginosum* L., произрастающих в Южном Прибайкалье. *Химия растительного сырья*, 2013; 2: 195 – 200.
2. Temirbulatova A.M. et al. Phytochemical research and development of technology of liquid extract from the leaves of Schisandra Chinese. *Nauchnyye vedomosti. Seriya: Meditsina. Farmatsiya*, 2010; 22/2: 141–4 (in Russian).
3. Dobrina Yu.V. et al. The study of the chemical and elemental composition of Chinese magnolia leaves, harvested in the Voronezh region. *Vestnik Voronezhskogo Gosudarstvennogo Universiteta. Seriya: Khimiya. Biologiya. Farmatsiya*, 2016; 1: 17–4 (in Russian).
4. Shilova I.V. Pharmacological aspects of the study of chemical elements in plants. *Mezhdunarodnaya molodezhnaya shkola-seminar «Geokhimiya zhivogo veshchestva»*, posvyashchennaya 150-letiyu so dnya rozhdeniya V.I. Vernadskogo (1863–2013 rr.). 2–5 June 2013. Tomsk: 2013; 111–5 (in Russian).
5. The State Pharmacopoeia of The Russian Federation, XIII ed. Tom 1. Moscow, 2015; 1470 (in Russian).
6. Yutkina I.S., Evdokimova R.S., Karimova A.Z. Distribution of trace elements and ascorbic acid in the soil and tissues of nettle (*Urtica dioica* L.). *Nauka i sovremennost'*, 2014; 32-1: 68–74 (in Russian).
7. Skalnyy A.V. Chemical elements in the environment and their role in human life. Moscow: Mir, 2004; 216 (in Russian).
8. Nikitina Yu.E. et al. Investigation of the effects of micro and macro elements on the human body and the bioaccumulation of some heavy metal ions by microorganisms. *Volsky military material support institute. Vol'sk. Saratovskaya obl., Rossiya*. [Electronic resource]. Access mode: <https://www.scienceforum.ru/2016/pdf/23008.pdf> (in Russian)
9. Gravel I.V. Pharmacognosy. Ecotoxicants in medicinal plant materials and phytopreparations. Moscow: GEOTAR-Media, 2012; 304 (in Russian).
10. Protasova N.A., Belyaev A.B. Chemical elements in plant life. *Sorovskiy obrazovatel'nyy zhurnal*, 2001; 3: 25–32 (in Russian).
11. Kroik A. A. et al. Patterns of accumulation and distribution of heavy metals in the system «soil-plants». *Вісник Дніпропетровського університету. Геологія, географія*, 2012; 32: 1–4 (in Ukrainian).
12. Maltseva A.A. et al. The elemental composition of mountaineers pochechuynogo and pepper. *Farmatsiya*, 2016; 2: 14–8 (in Russian).
13. Aphanasieva L.V., Kashin V.K. The content of trace elements in plants of *Vaccinium uliginosum* L., grown in the Southern Baikal region. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2013; 2: 195–200 (in Russian).

Поступила 6 декабря 2018 г.

Received 6 december 2018

Принята к публикации 17 апреля 2019 г.

Accepted 17 april 2019

References

1. Barnaulov O.D., Osipova T.V. Stress-limiting properties of classical phytoadaptogens. *Obzory po klinicheskoy farmakologii i lekarstvennoy terapii*, 2012; 10 (3): 40–9 (in Russian).