

УДК 615.322

3.4.2 Фармацевтическая химия, фармакогнозия

DOI: 10.37903/vsgma.2025.1.23 EDN: QKBKFT

**МАКРОЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ДИКОРАСТУЩИХ ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ
ЕСТЕСТВЕННЫХ ЭКОТОПОВ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ**

© Дьякова Н.А.

Воронежский государственный университет, Россия, 394006, Воронеж, Университетская площадь, 1

Резюме

Цель. Изучение особенностей макроэлементного состава различных видов дикорастущего лекарственного растительного сырья естественных экотопов Воронежской области.

Методика. В качестве объектов исследования использовали фармакопейные виды лекарственного растительного сырья: горца птичьего (*Polygonum aviculare* L.) траву, крапивы двудомной (*Urtica dioica* L.) листья, липы сердцевидной (*Tilia cordata* Mill.) цветки, лопуха обыкновенного (*Arctium lappa* L.) корни, одуванчика лекарственного (*Taraxacum officinale* F.H.Wigg) корни, пижмы обыкновенной (*Tanacetum vulgare* L.) цветки, подорожника большого (*Plantago major* L.) листья, полыни горькой (*Artemisia absinthium* L.) траву, пустырника пятилопастного (*Leonurus quinquelobatus* Gilib.) траву, тысячелистника обыкновенного (*Achillea millefolium* L.) траву. Элементный состав образцов изучали масс-спектрометрическим методом после кислотно-микроволнового разложения.

Результаты. Макроэлементы составляют более 84% элементного комплекса лекарственного растительного сырья. К сильно накапливаемым макроэлементам всеми исследуемыми видами растительного сырья относятся калий и фосфор. Наиболее высокие аккумулярующие способности в отношении калия выявлены у лопуха обыкновенного корней, пустырника пятилопастного травы, пижмы обыкновенной цветков, подорожника большого листьев и крапивы двудомной листьев, фосфора – у крапивы двудомной листьев, пустырника пятилопастного травы и полыни горькой травы, пижмы обыкновенной цветков. Высокий уровень аккумуляции кальция отмечен для подорожника большого листьев и крапивы двудомной листьев, магния – для крапивы двудомной листьев.

Заключение. Результаты исследования показали богатый макроэлементный состав изучаемого лекарственного растительного сырья, что может быть использовано в медицинской и фармацевтической практике для коррекции физиологических норм содержания макроэлементов в организме человека.

Ключевые слова: воронежская область; макроэлементы; калий; кальций; магний; натрий; фосфор; лекарственное растительное сырье

**MACROELEMENT COMPOSITION OF WILD MEDICINAL PLANTS OF NATURAL ECOTOPES
OF VORONEZH REGION**

Dyakova N.A.

Voronezh State University, 1, University Square, 394006, Voronezh, Russia

Abstract

Objective. The purpose of the study is to study the features of the macroelement composition of various types of wild medicinal plant raw materials of natural ecotopes of the Voronezh region.

Methods. Pharmacopoeial types of herbal raw materials were used as the objects of the study: mountain bird (*Polygonum aviculare* L.) grass, nettle dioecious (*Urtica dioica* L.) leaves, heart-shaped linden (*Tilia cordata* Mill.) flowers, common burdock (*Arctium lappa* L.) roots, medicinal dandelion (*Taraxacum officinale* F.H.Wigg) roots, common tansy (*Tanacetum vulgare* L.) flowers, plantain large (*Plantago major* L.) leaves, wormwood bitter (*Artemisia absinthium* L.) grass, motherwort five-lobed (*Leonurus quinquelobatus* Gilib.) grass, yarrow common (*Achillea millefolium* L.) grass. The element composition of the samples was studied by the mass spectroscopic method after acid-microwave decomposition.

Results. Macroelements make up more than 84% of the elemental complex of medicinal plant raw materials. Potassium and phosphorus are highly accumulative macronutrients in all types of vegetable raw materials studied. The highest accumulating abilities in relation to potassium were found in burdock of

ordinary roots, motherwort of five-lobed grass, tansy of ordinary flowers, plantain of large leaves and nettle of dioecious leaves, phosphorus – in nettle of dioecious leaves, motherwort of five-lobed grass and wormwood of bitter herbs, tansy of ordinary flowers. A high level of calcium accumulation can be noted for plantain of large leaves and nettle of dioecious leaves, magnesium – for nettle of dioecious leaves.

Conclusion. The results of the study showed a rich macronutrient composition of the studied medicinal plant raw materials, which can be used in medical and pharmaceutical practice to correct the physiological norms of the content of macronutrients in the human body.

Keywords: Voronezh region; macronutrients; potassium; calcium; magnesium; sodium; phosphorus; medicinal plant raw materials.

Введение

В состав лекарственных растительных препаратов (ЛРП) входит целый комплекс различных веществ, оказывающих то или иное фармакологическое действие [4, 6]. Среди этих веществ выделяют действующие вещества органического происхождения, а также минеральные вещества, которые обычно делят на три подгруппы: ультрамикро-, микро- и макроэлементы [5, 7]. Особый интерес представляют макроэлементы, составляющие основу тел живых организмов. Их содержание в теле человека превышает 0,1 % [8, 9]. Лекарственное растительное сырье (ЛРС) и ЛРП могут служить важными источниками таких макроэлементов, как кальций, фосфор, калий, натрий, магний [4, 7, 10]. Изучая ЛРС как натуральные источники минеральных комплексов, необходимо учитывать, что элементы находятся в них в органически связанной, то есть в более биодоступной форме [11, 12]. При этом в ЛРС и ЛРП сбалансированность и количественное содержание минеральных веществ зачастую превышает эти показатели в продуктах питания [9, 13].

Макроэлементы играют определённую роль в жизнедеятельности растений, поэтому и присутствуют в них в различных количествах. Недостаток или избыток макроэлементов приводит к нарушению обмена веществ и физиологических процессов как растительного, так и человеческого организма. Макроэлементы имеют выраженную фармакологическую активность и способны оказывать влияние на фармакологическое действие органических биологически активных веществ: повышать или понижать всасываемость, быть синергистами или антагонистами, а также уменьшать или усиливать токсическое действие [1, 8, 9].

Известно значение натрия для дыхания растений. Катион натрия – основной ион, участвующий в поддержании кислотно-основного равновесия и осмотического давления внеклеточных жидкостей. В организме человека натрий обеспечивает поддержание водного баланса, участвует в транспорте глюкозы, аминокислот, различных неорганических и органических анионов через мембраны клеток, формирует потенциал действия посредством обмена с ионами калия, регулирует объём циркулирующей крови, является катализатором ряда пищеварительных ферментов [1, 8].

Калий – важнейший катион, участвующий в поддержании кислотно-основного равновесия и осмотического давления внутриклеточных жидкостей. В организме человека регулирует водно-солевой баланс, кислотно-щелочное равновесие крови, осмотическое давление, участвует в передаче нервных импульсов, необходим для сокращения гладкой и скелетной мускулатуры, а также сердечной мышцы. Активизирует работу ряда ферментов, необходим для биосинтеза белка, преобразования глюкозы в гликоген [1, 9].

Кальций в растительных клетках выполняет ряд значимых функций – обеспечивает функционирование корневой системы, входит в состав клеточных мембран, регулирует процесс фотосинтеза, передачу сигналов в цитозоле. В организме человека кальций участвует в процессах передачи нервных импульсов, обеспечивает сокращение скелетной и сердечной мышц, функционирование клеточных мембран, способствует стабилизации тучных клеток и тормозит высвобождение гистамина, является фактором свёртываемости крови [1, 8, 9].

Магний в растительных клетках обеспечивает функционирование ферментов (АТФазы, РНК-полимеразы, глутатион-синтазы, фосфатазы, протеинкиназы, карбоксилазы и др.), необходим в процессе фотосинтеза, присутствует в виде центрального атома тетрапиррольного кольца хлорофилла, в структуре рибосом и ферментов. В организме человека магний участвует в энергетическом обмене, проведении нервных импульсов, сокращении мышечных волокон, создании костного каркаса и производстве нуклеиновых кислот. Магний регулирует работу пищеварительной системы, участвует в расщеплении и усвоении белков, стимулирует иммунитет, участвует в биосинтезе эндорфинов [1, 8].

Фосфор входит в состав нуклеиновых кислот, участвует в процессах дыхания растений и синтеза углеводов. Фосфор входит в состав растительных гормонов, ферментов, витаминов. Фосфор – один из основных макроэлементов организма человека, соединения которого присутствуют в каждой клетке человеческого тела и обеспечивают протекание всех физиологических процессов жизнедеятельности. Почти все важнейшие физиологические процессы, происходящие в нашем организме, связаны с превращениями фосфорорганических веществ. Он участвует в большинстве обменных процессов и необходим для образования тканей (особенно нервной и костной) [1, 9].

Макроэлементы, участвующие в жизни растений, накапливаются во всех частях растений. Основными факторами, определяющими содержание какого-либо химического элемента в растениях, являются: содержание элемента и его химическая форма в почве; вид растения; распределение элемента по тканям и органам [2, 10].

Цель исследования – изучение особенностей макроэлементного состава различных видов дикорастущего лекарственного растительного сырья естественных экотопов Воронежской области.

Методика

В качестве объектов исследования использовали фармакопейные виды ЛРС: горца птичьего (*Polygonum aviculare* L.) траву, крапивы двудомной (*Urtica dioica* L.) листья, липы сердцевидной (*Tilia cordata* Mill.) цветки, лопуха обыкновенного (*Arctium lappa* L.) корни, одуванчика лекарственного (*Taraxacum officinale* F.H.Wigg) корни, пижмы обыкновенной (*Tanacetum vulgare* L.) цветки, подорожника большого (*Plantago major* L.) листья, полыни горькой (*Artemisia absinthium* L.) траву, пустырника пятилопастного (*Leonurus quinquelobatus* Gilib.) траву, тысячелистника обыкновенного (*Achillea millefolium* L.) траву [3]. Заготовку ЛРС осуществляли по фармакопейным правилам в естественных природных зарослях в Воронежском государственном биосферном заповеднике в Верхнехавском районе Воронежской области. Для изучения биологического поглощения жизненно необходимых микроэлементов дикорастущим ЛРС осуществляли отбор пробы верхних слоев почв (0-10 см от поверхности).

Из измельченного сырья отбирались образцы для анализа, которые подвергались кислотному разложению смесью плавиковой и азотной кислот с использованием систем микроволновой пробоподготовки. Растворенную пробу количественно переносили в пробирку, трижды смывая ее водой деионированной, доводили объем до метки 10 мл, перемешивали. Автоматическим дозатором отбирали аликвоту 1 мл, доводили ее до 10 мл 0,5%-ной кислотой азотной. Элементный состав проб определяли методом масс-спектропии с индуктивно связанной плазмой на приборе «ELAN-DRC» в соответствии с МУК 4.1.1483-03. Правильность определения контролировали методом добавок.

Пользовались классификацией биологически значимых элементов по А.П. Авцыну [9]. Коэффициенты биологического поглощения рассчитывали по А.И. Перельману [2].

Результаты исследования и их обсуждение

Все изучаемые виды ЛРС в наибольшей степени (более 84%) содержат макроэлементы, что объяснимо высокой биологической потребностью в них растений для обеспечения собственных метаболических процессов, при этом их содержание в почве места заготовки сырья составляло лишь 8,8% (табл. 1, 2). Наиболее высокие концентрации калия (более 30 мг/г) отмечены в лопуха обыкновенного корнях и пустырника пятилопастного траве (рис. 1). Лидерами по содержанию кальция (более 20 мг/г) среди изучаемых видов дикорастущего ЛРС являются крапивы двудомной листья и подорожника большого листья. Резко выделяющейся на общем фоне высокой концентрацией натрия (более 3 мг/г) обладают лопуха обыкновенного корни, для остальных видов ЛРС содержание натрия не превышало 1 мг/г, а для исследуемых цветков и большинства трав – менее 0,1 мг/г. Крапивы двудомной листья резко выделяется высоким содержанием магния (более 9 мг/г), для остальных видов ЛРС концентрация данного макроэлемента не превышало 4 мг/г. Наиболее высокое содержание фосфора (более 4 мг/г) отмечено для крапивы двудомной листьев, пустырника пятилопастного травы, полыни горькой травы.

Таблица 1. Макроэлементный состав дикорастущих видов ЛРС, мкг/г

Элемент	Калий (K)	Кальций (Ca)	Натрий (Na)	Магний (Mg)	Фосфор (P)	Всего макро-элементов	Всего определено элементов
Почва	$1,97 \times 10^4$	$3,30 \times 10^3$	$4,40 \times 10^3$	730	$3,86 \times 10^4$	$4,39 \times 10^5$	$1,97 \times 10^4$
Лопуха обыкновенного корни	$3,20 \times 10^4$	$6,61 \times 10^3$	$3,04 \times 10^3$	$1,90 \times 10^3$	$1,98 \times 10^3$	$4,55 \times 10^4$	$4,81 \times 10^4$
Одуванчика лекарственного корни	$9,2 \times 10^3$	$2,42 \times 10^3$	$9,11 \times 10^2$	$1,11 \times 10^3$	$2,48 \times 10^3$	$1,61 \times 10^4$	$1,91 \times 10^4$
Крапивы двудомной листья	$2,66 \times 10^4$	$2,61 \times 10^4$	$1,06 \times 10^2$	$9,23 \times 10^3$	$4,69 \times 10^3$	$6,67 \times 10^4$	$7,68 \times 10^4$
Подорожника большого листья	$2,67 \times 10^4$	$2,41 \times 10^4$	$2,61 \times 10^2$	$3,62 \times 10^3$	$3,42 \times 10^3$	$5,81 \times 10^4$	$6,15 \times 10^4$
Пижмы обыкновенной цветки	$2,95 \times 10^4$	$5,43 \times 10^3$	$3,9 \times 10^1$	$2,63 \times 10^3$	$3,82 \times 10^3$	$4,14 \times 10^4$	$4,23 \times 10^4$
Липы сердцевидной цветки	$1,65 \times 10^4$	$1,42 \times 10^4$	$3,8 \times 10^1$	$2,81 \times 10^3$	$3,52 \times 10^3$	$3,71 \times 10^4$	$3,85 \times 10^4$
Тысячелистника обыкновенного трава	$1,45 \times 10^4$	$1,09 \times 10^4$	$3,9 \times 10^1$	$2,41 \times 10^3$	$2,81 \times 10^3$	$3,07 \times 10^4$	$3,28 \times 10^4$
Пустырника пятилопастного трава	$3,06 \times 10^4$	$1,69 \times 10^4$	$5,6 \times 10^1$	$4,02 \times 10^3$	$4,33 \times 10^3$	$5,59 \times 10^4$	$5,81 \times 10^4$
Полыни горькой трава	$2,59 \times 10^4$	$1,00 \times 10^4$	$4,1 \times 10^1$	$1,98 \times 10^3$	$4,27 \times 10^3$	$4,22 \times 10^4$	$4,40 \times 10^4$
Горца птичьего трава	$2,15 \times 10^4$	$7,03 \times 10^3$	$6,83 \times 10^2$	$3,24 \times 10^3$	$1,78 \times 10^3$	$3,42 \times 10^4$	$3,70 \times 10^4$

При анализе долевого содержания макроэлементов в общем минеральном комплексе (табл. 2) выявлена несколько другая иерархическая картина. Так, наибольшая доля калия в общем минеральном комплексе относительно других изучаемых видов ЛРС отмечена для пижмы обыкновенной цветков и лопуха обыкновенного корней (более 60% от общего элементного комплекса ЛРС). Наибольшее относительное содержание кальция отмечено в подорожника большого листьях и липы сердцевидной цветках (более 35%). Лидерами по содержанию натрия в долевом соотношении являются лопуха обыкновенного корни и одуванчика лекарственного корни (более 4%). Наибольшая доля магния в общем минеральном комплексе изучаемых дикорастущих видов ЛРС выявлена для крапивы двудомной листьев (более 12%), а наибольшая доля фосфора отмечена для одуванчика лекарственного корней (13%). Для остальных видов ЛРС доли магния и фосфора в общем минеральном комплексе не превышали 10%.

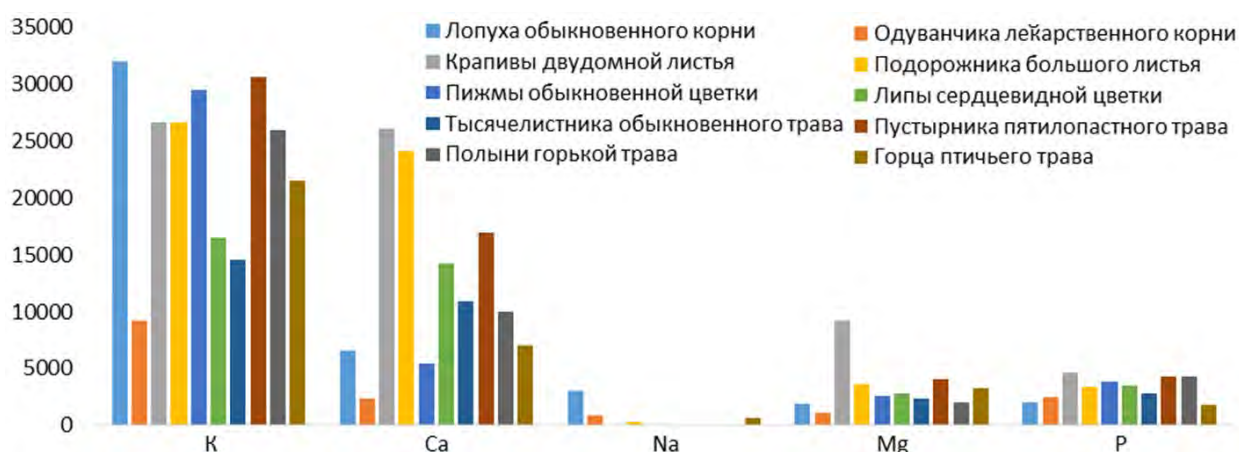


Рис. 1. Содержание макроэлементов в дикорастущих видах ЛРС, мкг/г

Для анализа аккумуляции макроэлементов из почв изучаемыми видами дикорастущего ЛРС рассчитывались коэффициенты биологического поглощения, которые анализировали в соответствии с классификацией по А.И. Перельману (рис. 2).

Таблица 2. Доля макроэлементов в общей сумме минерального комплекса дикорастущих видов ЛРС, %

Элемент	Калий (K)	Кальций (Ca)	Натрий (Na)	Магний (Mg)	Фосфор (P)	Всего макроэлементов
Почва	2,4	4,5	0,8	1,0	0,2	8,8
Лопуха обыкновенного корни	66,5	13,7	6,3	4,0	4,1	94,7
Одуванчика лекарственного корни	48,4	12,7	4,8	5,8	13,0	84,7
Крапивы двудомной листья	34,6	34,0	0,1	12,0	6,1	86,9
Подорожника большого листья	43,3	39,3	0,4	5,9	5,6	94,5
Пижмы обыкновенной цветки	69,8	12,9	0,1	6,2	9,1	98,0
Липы сердцевидной цветки	42,8	36,9	0,1	7,3	9,1	96,2
Тысячелистника обыкновенного трава	44,4	33,4	0,1	7,3	8,6	93,8
Пустырника пятилопастного трава	52,7	29,1	0,1	6,9	7,5	96,3
Полыни горькой трава	59,0	22,8	0,1	4,5	9,7	96,0
Горца птичьего трава	58,0	19,0	1,8	8,7	4,8	92,4

К сильно накапливаемым макроэлементам (табл. 3) всеми изучаемыми дикорастущими видами ЛРС отнесены калий и фосфор, что объясняется высокой биологической потребностью в них растительных организмов для обеспечения собственных метаболических процессов. Наиболее высокие аккумулирующие способности калия выявлены у лопуха обыкновенного корней, пустырника пятилопастного травы, пижмы обыкновенной цветков, подорожника большого листьев и крапивы двудомной листьев (коэффициент биологического поглощения составил не менее 2,5). Фосфора наиболее интенсивно накапливается в крапивы двудомной листьях, пустырника пятилопастного траве, полыни горькой траве, пижмы обыкновенной цветках (коэффициент биологического поглощения более 5,0). Относительно высокий уровень аккумуляции кальция (коэффициент биологического поглощения более 1,0) отмечен для подорожника большого листьев и крапивы двудомной листьев, а магния – для крапивы двудомной листьев (коэффициент биологического поглощения более 2,0).

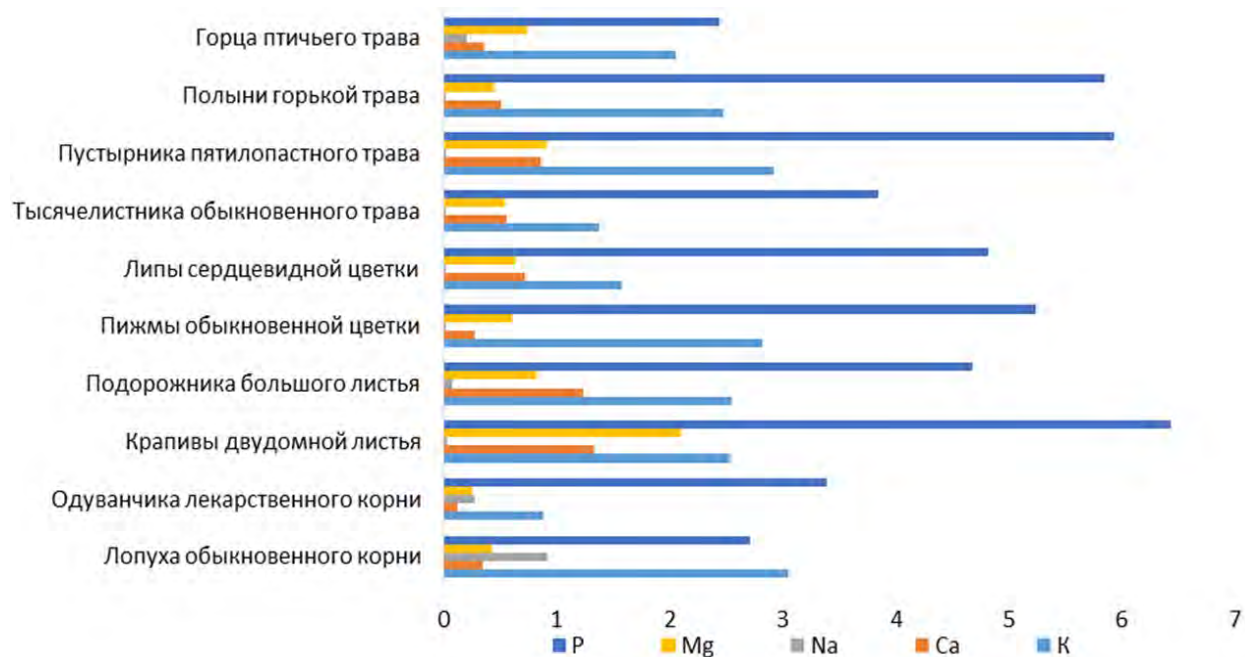


Рис. 2. Коэффициенты биологического поглощения макроэлементов дикорастущими видами ЛРС из почв

Таблица 3. Биологическое поглощение макроэлементов из почв дикорастущими видами ЛРС согласно классификации по А.И. Перельману [2]

Элементы	Сильно накапливаемые элементы ($n \times 10^0$ - $n \times 10^1$)	Элементы среднего захвата ($n \times 10^{-1}$ - $n \times 10^0$)	Элементы слабого захвата ($n \times 10^{-1}$ - $n \times 10^{-2}$)
Лопуха обыкновенного корни	К, Р	Ca, Mg, Na	-
Одуванчика лекарственного корни	К, Р	Ca, Mg, Na	-
Крапивы двудомной листья	К, Ca, Mg, Р	-	Na
Подорожника большого листья	К, Ca, Р,	Mg	Na
Пижмы обыкновенной цветки	К, Р	Ca, Mg	Na
Липы сердцевидной цветки	К, Р	Ca, Mg,	Na
Тысячелистника обыкновенного трава	К, Р	Ca, Mg	Na
Пустырника пятилопастного трава	К, Р	Ca, Mg	Na
Полыни горькой трава	К, Р	Ca, Mg	Na
Горца птичьего трава	К, Р	Ca, Mg, Na	-

Заключение

Изучен макроэлементный состав дикорастущего лекарственного растительного сырья естественных экотопов Воронежской области. Результаты исследования показали богатый макроэлементный состав изучаемого ЛРС, что может быть использовано в медицинской и фармацевтической практике для коррекции физиологических норм содержания макроэлементов в организме человека. Макроэлементы составляют более 84% элементного комплекса ЛРС. К сильно накапливаемым макроэлементам всеми исследуемыми видами ЛРС относятся калий и фосфор. Наиболее высокие аккумулирующие способности в отношении калия выявлены у лопуха обыкновенного корней, пустырника пятилопастного травы, пижмы обыкновенной цветков, подорожника большого листьев и крапивы двудомной листьев, фосфора – у крапивы двудомной листьев, пустырника пятилопастного травы и полыни горькой трав, пижмы обыкновенной цветков. Высокий уровень аккумуляции кальция можно отметить для подорожника большого листьев и крапивы двудомной листьев, магния – для крапивы двудомной листьев.

Литература (references)

1. Биогенные элементы и их физиологическая роль / Ю.П. Афиногенов, И.А. Бусыгина, Е.Г. Гончаров. – Воронеж: Издательский Дом ВГУ, 2008. – 143 с. [*Biogenny'e e`lementy` i ix fiziologicheskaya rol`*. Biogenic elements and their physiological role / Yu.P. Afinogenov, I.A. Busy`gina, E.G. Goncharov. – Voronezh: Izdatel'skiy Dom VGU, 2008. – 143 p. (in Russian)]
2. Геохимия ландшафта / А.И. Перельман, Н.С. Касимов. – Москва: МГУ, 1999. – 610 с. [*Geohimiya landshafta*. Landscape geochemistry / A.I. Perel'man, N.S. Kasimov. – Moskva: MGU, 1999. – 610 p. (in Russian)]
3. Государственная фармакопея Российской Федерации. Издание XIV. Том 4. – М.: ФЭМБ, 2018. – 1883 с. [*Gosudarstvennaya farmakopeya Rossijskoj Federacii. Izdanie XIV, Tom 4*. State Pharmacopoeia of the Russian Federation. Edition XIV. V. 4. Moscow: FEMB, 2018. – 1883 p. (in Russian)]
4. Дьякова Н.А. Изучение минерального комплекса корней лопуха обыкновенного // Вестник Смоленской государственной медицинской академии. – 2022. – Т.21, №1. – С. 175-180. [D'yakova N.A. *Vestnik Smolenskoj gosudarstvennoj medicinskoj akademii*. Bulletin of the Smolensk State Medical Academy. – 2022. – V.21, N1. – P. 175-180. (in Russian)]
5. Дьякова Н.А. Изучение минерального комплекса корней одуванчика лекарственного // Вестник Смоленской государственной медицинской академии. – 2022. – Т.21, №2. – С. 171-186. [D'yakova N.A. *Vestnik Smolenskoj gosudarstvennoj medicinskoj akademii*. Bulletin of the Smolensk State Medical Academy. – 2022. – V.21, N2. – P. 171-176. (in Russian)]
6. Дьякова Н.А. Изучение особенностей накопления флавоноидов травой горца птичьего, произрастающего в различных урбо- и агробиоценозах Воронежской области // Вестник Смоленской государственной медицинской академии – 2020. – №4. – С. 158-163. [D'yakova N.A. *Vestnik Smolenskoj gosudarstvennoj medicinskoj akademii*. Bulletin of the Smolensk State Medical Academy. – 2020. – N4. – P. 158-163. (in Russian)]

7. Дьякова Н.А., Сливкин А.И., Гапонов С.П. Особенности накопления биологически активных веществ в корнях одуванчика лекарственного синантропной флоры Воронежской области // Вестник Смоленской государственной медицинской академии. – 2020. – №4. – С. 152-157. [D'yakova N.A., Slivkin A.I., Gaponov S.P. *Vestnik Smolenskoj gosudarstvennoj medicinskoj akademii*. Bulletin of the Smolensk State Medical Academy. – 2020. – N4. – P. 152-157. (in Russian)]
8. Медицинская элементология / А.В. Скальный, М.Г. Скальная, А.А. Киричук, А.А. Тиньков. – Москва: Наука, 2021. – 199 с. [Medicinskaya e`lementologiya. Medical elementology / A.V. Skal'ny`j, M.G. Skal'naya, A.A. Kirichuk, A.A. Tin'kov. – Moskva: Nauka, 2021. – 199 p. (in Russian)]
9. Микроэлементозы человека: этиология, классификация, органопатия / А.П. Авцын, А.А. Жаворонков, М.А. Риш, Л.С. Строчкова. – Москва: Медицина, 1991. – 496 с. [Mikroe`lementozy`cheloveka: e`tiologiya, klassifikaciya, organopatiya. Human trace elements: etiology, classification, organopathy / A.P. Avcyn, A.A. Zhavoronkov, M.A. Rish, L.S. Strochkova. – Moskva: Medicina, 1991. – 496 p. (in Russian)]
10. Фармацевтическая экология / Н.А. Дьякова, С.П. Гапонов, А.И. Сливкин. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 288 с. [Farmaceuticheskaya e`kologiya. Pharmaceutical ecology / N.A. D'yakova, S.P. Gaponov, A.I. Slivkin. – Sankt-Peterburg : Lan`, 2022. – 288 p. (in Russian)]
11. Hill C. H., Matrone G. Chemical parameters in the study of in vivo and in vitro interactions of transition elements // Federation Proceedings. – 1970. – N29(4). – P.1474-1481.
12. Li J., Assmann S.M. Mass Spectrometry. An Essential Tool in Proteome Analysis // Plant Physiology. – 2000. – N123(3). – P. 807-810.
13. Wada O., Yanagisawa H. Trace elements, with special reference to the usefulness and safety of zinc // Medicine and Drug Journal. – 1997. – N33(12). – P. 126-134.

Информация об авторах

Дьякова Нина Алексеевна – доктор фармацевтических наук, доцент кафедры фармацевтической химии и фармацевтической технологии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет» Минздрава России. E-mail: ninochka_V89@mail.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила 06.12.2024

Принята к печати 20.03.2025