Химия растительного сырья. 2025. №4. OnLine First.
Khimiya rastitel'nogo syr'ya, 2025, no. 4, OnLine First.
DOI: 10.14258/jcprm.20250415728

УДК 543.427.4:615.074:581.192

ЭЛЕМЕНТНЫЙ АНАЛИЗ КАЛЕНДУЛЫ ЛЕКАРСТВЕННОЙ И ЗОЛОТОТЫСЯЧНИКА

© ***Н.Н. Ященко, С.В. Житарь, Е.Г. Зиновьева*, А.Н. Лыщиков***

Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова,
Московский пр., 15, Чебоксары, 428015, Россия, zinelgen@mail.ru

В работе впервые рентгено-флуоресцентным методом проведен элементный анализ лекарственно-растительного сырья на основе цветков календулы лекарственной (*Calendula officinalis*) и травы золототысячника (*Centaurium erythraea*) Чувашской Республики (г. Чебоксары). Информация о минеральном составе этих растений в открытых источниках крайне скудна. Установлено, что калий, кальций, кремний и железо находятся в значительных количествах в обоих образцах по сравнению с остальными обнаруженными элементами. Суммарное содержание макро- и микроэлементов у календулы лекарственной значительно выше, чем у золототысячника. Для цветков календулы лекарственной макроэлементы можно расположить по содержанию в следующий убывающий ряд (в скобках приведено значение в мг/кг): K (18250) > Cl (10190) > Ca (9520) > S (2230) > P (2130), а микроэлементы – Si (10150) > Fe (2890) > Sr (80) > Mn (50) > Zn (30) > Cu (20) > Br (10). Макроэлементы золототысячника убывают по содержанию в порядке K (9560) > Ca (3870) > Cl (1770) > S=P (1270), а микроэлементы – Si (2140) > Fe (230) > Mn (50) > Zn (30) > Sr=Cu=Br (10). Также в ЛРС нами обнаружены следующие элементы, в мг/кг (в числителе – значение для календулы лекарственной, а в знаменателе – для золототысячника): титан (330/40), серебро (30/20), цирконий (20/0), хром (20/0), ванадий (20/0) и рубидий (10/0). Токсичные металлы (ртуть, свинец и кадмий) и мышьяк в образцах календулы лекарственной и золототысячника не обнаружены.

Ключевые слова: календула, золототысячник, рентгено-флуоресцентный метод, элементный анализ, макроэлементы, микроэлементы.

Для цитирования: Ященко Н.Н., Житарь С.В., Зиновьева Е.Г., Лыщиков А.Н. Элементный анализ календулы лекарственной и золототысячника // Химия растительного сырья. 2025. №4. OnLine First. https://doi.org/10.14258/jcprm.20250415728.

Введение

Календула лекарственная, или ноготки лекарственные (*Calendula officinalis*) – растение семейства Астровые (*Asteraceae*), входящее в десятку самых возделываемых лекарственных растений всего мира, известна своим применением в медицине. На ее основе получают такие фитопрепараты как «Цветки ноготков», «Настойка календулы», «Мазь календулы», «Ротокан», «Алором», «Калефлон», «Карофиленовая мазь» и др., которые применяют в гастроэнтерологии, стоматологии, дерматологии и отоларингологии [1–3].

Трава золототысячника (*Centaurium erythraea*) семейства Горечавковые (*Gentianaceae*) занимает особое место среди лекарственных средств для улучшения пищеварения, лечения и профилактики заболеваний мочевыводящих путей [4]. Популярны препараты Гамифрон, Нефростен®, Канефрон® Н, НефроБест и НефроБест-Н и др. на основе золототысячника.

Лечебные свойства растений традиционно связывают с наличием в них биологически активных веществ. В частности, в цветках календулы обнаружены полисахариды, каротиноиды, сапонины, гидроксикоричные кислоты, кумарины, флавоноиды и др., которые оказывают выраженное противовоспалительное, антибактериальное, противогрибковое, ранозаживляющее, противоязвенное, иммуномодулирующее, желчегонное и антиоксидантное действие [5]. Горькие гликозиды, алкалоиды и флавоноиды травы золототысячника стимулируют работу пищеварительных желез и активизируют функцию печени, увеличивая выделение желчи [6].

* Автор, с которым следует вести переписку.

Определение основных групп биологически активных веществ, а также содержания эфирного масла и суммы флавоноидов изложено в фармакопейных статьях Государственной фармакопеи (ФС.2.5.0030.15 и ФС.2.5.0075.18) и служит методом контроля качества лекарственного средства [7, 8]. Наряду с биологически активными органическими соединениями растения содержат минеральные компоненты, но в литературных источниках встречается крайне мало информации об элементном составе лекарственных растений, особенно произрастающих в отдельных регионах. Макро- и микроэлементы крайне важны для организма человека, особую ценность они представляют при поступлении в сбалансированной, легко усвояемой форме из природных источников. Информация об элементном составе лекарственно-растительного сырья (ЛРС) будет полезна при подборе экологически безопасных ингредиентов для создания лекарственных и косметических препаратов, пищевых добавок и т.д.

Цель данной работы – проведение элементного анализа цветков календулы лекарственной и травы золототысячника, произрастающих на территории Чувашской Республики.

Экспериментальная часть

Объектами исследования являлись образцы ЛРС (в скобках приведено латинское название): цветки календулы лекарственной (ноготки, лат. *Calendula officinalis L.*, семейство Астровые (лат. *Asteraceae*)) и трава золототысячника (лат. *Centфurium erythraea*, семейство Горечавковые (лат. *Gentianaceae*)).

Сбор и заготовку растений проводили в весенне-осенний период 2022–2023 года в фазу цветения в лесопарковых территориях (ЦПКиО «Лакреевский лес» и этнокомплекс «Амазония»), расположенных вдали от промышленных предприятий и автомагистралей, г. Чебоксары Чувашской Республики. Число площадок сбора – четыре участка по 1 м^2 для каждой из двух территорий.

Пробоподготовка заключалась в высушивании воздушно-теневым методом отдельных частей ЛРС: *цветков* (календула лекарственная) и *травы* (золототысячник).

Далее части ЛРС перемалывали в ручной кофемолке с последующим измельчением в агатовой ступке до порошкообразного состояния. Затем брали навеску порошка массой 5 г и формировали таблетки диаметром 32 мм с помощью ручного гидравлического пресса Specac® Atlas 15T manual hydraulic press.

Для проведения элементного анализа применяли энергодисперсионный рентгенофлуоресцентный спектрометр EDX-7000P (Shimadzu, Япония), оснащенный трубкой с Rh-анодом в качестве рентгеновского генератора, высокопроизводительным кремниевым дрейфовым детектором (SDD) и пятью первичными фильтрами с автоматической сменой. Измерения проводили в атмосфере воздуха. Таблетку-излучатель (испытуемый образец) помещали в прибор без подложки. Диаметр коллиматора во всех измерениях составлял 10 мм. Спектры РФА исследуемых образцов ЛРС снимали при следующих условиях: ускоряющее напряжение на рентгеновской рубке 15–50 кВ и сила тока 19–1000 мкА в зависимости от определяемого элемента, время съемки – 60 с, время между съемками – 9–31%.

Для идентификации элементов использовали их наиболее интенсивные характеристические линии Kα. Определение количественного содержания каждого элемента проводили безэталонным способом фундаментальных параметров, включенным в программный пакет PCEDX-Navi к спектрометру.

Статистическую обработку результатов проводили для пяти параллельных измерений образцов таблеток ЛРС при доверительной вероятности 0.95. Погрешность определения не превышала 5%.

Результаты и их обсуждение

Безопасность и эффективность фитопрепаратов напрямую зависит от исходного растительного сырья. Качество сырья должно обеспечиваться тщательным входным контролем. Согласно проведенному нами анализу имеющейся в отрытом доступе информации, на сегодняшний день преобладающее количество работ по лекарственным растениям посвящено выявлению и/или изучению биологически активных веществ органической природы [9–12]. На наш взгляд, для комплексной оценки полезных свойств ЛРС нужно обратить более пристальное внимание и на минеральную составляющую, что обусловлено следующими причинами. *Во-первых*, макро- и микроэлементы играют важную роль в биогенезе биологически активных соединений. *Во-вторых*, эссенциальные элементы выполняют в организме растения специфические функции для его роста и развития; их недостаток или избыток будет приводить к патологиям или снижению урожайности. *В-третьих*, во избежание интоксикации и сохранения здоровья человека и продуктивности животных

необходимо знать состав и соотношение химических элементов в рационе с растительной пищей. *В-четвертых*, растения очень чувствительны к действию биогенных и антропогенных факторов, поэтому регулярный мониторинг элементного состава позволит своевременно выявлять степень загрязненности окружающей среды. *В-пятых*, накопление экспериментального материала с унифицированными методиками определения по элементному составу растений различных регионов поможет создать единую базу данных ЛРС. Комплексный подход к изучению ЛРС несомненно приведет к развитию фармацевтической, косметической и пищевой промышленности, а также лекарственного растениеводства страны.

С развитием науки и технологий появляются инструментальные методы нового поколения, позволяющие быстро и точно провести элементный анализ. К таким методам можно отнести рентгенофлуоресцентный анализ (РФА). К преимуществам РФА относят: недеструктивность, панорамность, возможность использования малых навесок, простая пробоподготовка, одновременное определения многих элементов с достаточно высокой чувствительностью и легкость обработки экспериментальных спектров с помощью программных пакетов [13–17].

На рисунках 1 и 2 приведены результаты определения макро- и микроэлементов в календуле лекарственной методом РФА.

Как видно по данным рисунка 1, в образцах цветков календулы лекарственной обнаружено высокое содержание необходимых для нормального развития растения макроэлементов − ионов металлов калия и кальция. Основные функции ионов калия заключаются в поддержании осмотического давления, удерживании воды тканями, регуляции водного обмена и активации некоторых ферментов; ионов кальция – стабилизации клеточных структур и нормального роста и развития корневой системы.

Из биогенных элементов неметаллов хлор занимает лидирующую позицию по содержанию в сравнении с серой и фосфором. Хлор также способствует росту и развитию растения, принимает участие в энергетическом обмене.

Фосфор и сера находятся в примерно равных соотношениях среди найденных макроэлементов. Они необходимы в процессах фотосинтеза, входят в состав нуклеиновых кислот. Оба элемента принимают участие в образовании витаминов, гормонов и ферментов. Сера улучшает усвоение азота растениями. Сравнение наших результатов с данными работы [18] выявило (в скобках приведено в числителе значение по нашим данным, а в знаменателе − по литературным, в мг/кг) сходное содержание по фосфору (2130/2100) и сильное отличие по калию (18250/29800). Обнаруженные макроэлементы по убывающему содержанию можно расположить в следующий ряд: K >Cl>Ca>S>P.

Интересно отметить, что по данным работы [19] в календуле лекарственной из Марокко содержание кальция (24062 мг/кг) выше по сравнению с калием (18952.8 мг/кг). В работах [20, 21] не было указано, какая именно часть растения подвергалась анализу, а в [18] нет данных по территории произрастания, поэтому в данном случае невозможно объяснить причину такого различия в содержании макроэлементов.

Как видно по данным рисунка 2, среди микроэлементов в цветках календулы лекарственной содержится большое количество кремния (10150 мг/кг) и железа (2890 мг/кг). Для сравнения: количество железа, указанное в работе [18], составило 1100 мг/кг. Железо участвует в синтезе хлорофилла, обмене веществ, процессе дыхания растений. Кремний играет важную роль при формировании урожая, повышает скорость созревания плодов, ускоряет синтез витаминов и сахара, является защитником от биотических (насекомые-вредители, бактериальные инфекции и т.д.) и абиотических стрессовых факторов (химическое и/или радиоактивное загрязнение, засоление и т.д.). Найденные микроэлементы можно расположить в следующий убывающий ряд: Si>Fe>Sr>Mn>Zn>Cu>Br. Физиологическая роль стронция заключается в том, что он принимает участие в обмене веществ и совместно с бором способствует росту корней растений.

При сопоставлении результатов, полученных нами, с данными работы [18] обнаружена (в скобках приведено в числителе значение по нашим данным, а в знаменателе − по литературным, в мг/кг) корреляция по содержанию марганца (50/60) и сильное расхождение для цинка (30/0.14). Марганец повышает содержание хлорофилла в листьях, способствует синтезу аскорбиновой кислоты и сахара, активирует различные ферменты. Цинк оказывает влияние на фотосинтез и углеводный обмен, регулирует выработку регуляторов роста растения. Медь, как и кремний способствует повышению стрессоустойчивости растений, а также повышает интенсивность фотосинтеза и дыхания, оказывает влияние на углеводный и белковый обмен. О физиологической роли брома в растениях информация практически отсутствует [22].

На рисунках 3 и 4 приведены результаты определения макро- и микроэлементов в образцах золототысячника методом РФА.

По данным рисунка 3 следует, что образцы травы золототысячника, так же, как и цветки календулы лекарственной, содержат большие количества калия и кальция по сравнению с другими макроэлементами. Наибольшее количество обоих элементов в ЛРС на основе календулы лекарственной. В ней калия почти в 2 раза, а кальция − 2.5 раза больше по сравнению с ЛРС на основе золототысячника. Кроме того, в обоих образцах практически одинаковое соотношение элементов серы и фосфора по отношению к друг другу, равное приблизительно 1 : 1. Макроэлементы золототысячника по убывающему содержанию можно расположить в следующий ряд: K>Ca>Cl>S=P. Химический состав золототысячника изучен недостаточно [6], поэтому провести сравнение с результатами других исследователей невозможно.

Аналогично, в ЛРС на основе травы золототысячника, как и в цветках календулы лекарственной, высокое содержание кремния и железа по отношению к другим микроэлементам. Кремния в 4.7 раза, железа в 12.6 раза, а меди в 2 раза больше в цветках календулы лекарственной по сравнению с золототысячником. В обоих растениях одинаковое количество марганца, цинка и брома, равное 50, 30 и 10 мг/кг соответственно. Микроэлементы, выявленные в траве золототысячника, можно расположить в следующий убывающий ряд: Si>Fe>Mn>Zn>Sr=Cu=Br.

В таблице приведено сравнительное суммарное содержание макро- и микроэлементов в образцах ЛРС.

Как видно по данным таблицы, в образцах ЛРС на основе цветков календулы лекарственной большее содержание биогенных элементов по сравнению с ЛРС на основе травы золототысячника. По макроэлементам превышение составляет в 2.4 раза, по микроэлементам – в 5.3, по общему содержанию биогенных элементов – в 2.7 раза.

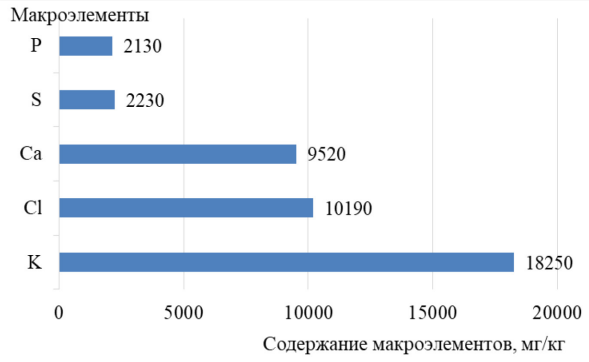

Рис. 1. Содержание макроэлементов в образцах цветков календулы лекарственной

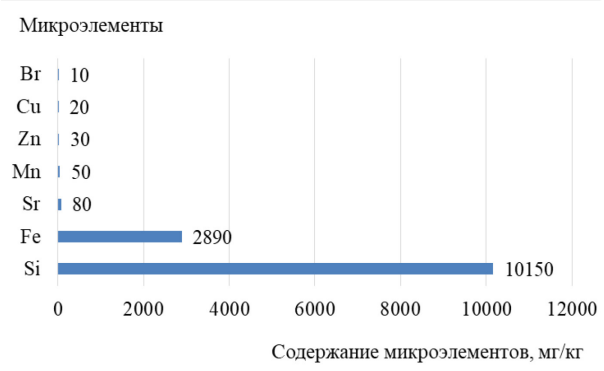

Рис. 2. Содержание микроэлементов в образцах цветков календулы лекарственной

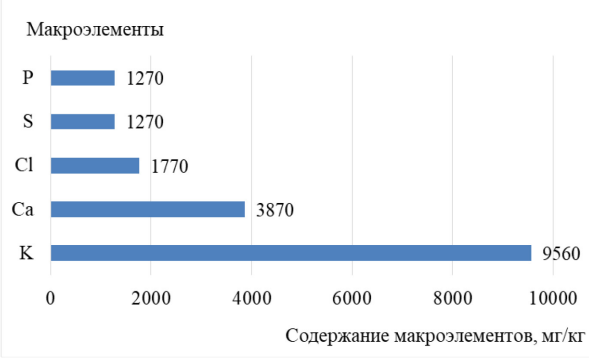

Рис. 3. Содержание макроэлементов в образцах травы золототысячника

Рис. 4. Содержание микроэлементов в образцах травы золототысячника

Суммарное содержание макро- и микроэлементов в образцах ЛРС

Наименование ЛРС	Цветки календулы лекарственной	Трава золототысячника
Суммарное содержание макроэлементов, мг/кг	42320	17740
Суммарное содержание микроэлементов, мг/кг	13230	2480
Общее содержание элементов, мг/кг	55550	20220

Также в ЛРС нами обнаружены следующие элементы, в мг/кг (в числителе – значение для календулы лекарственной, а в знаменателе – для золототысячника): титан (330/40), серебро (30/20), цирконий (20/0), хром (20/0), ванадий (20/0) и рубидий (10/0).

Токсичные металлы (ртуть, свинец и кадмий) и мышьяк в образцах календулы лекарственной и золототысячника не обнаружены.

Выводы

Таким образом, нами проведен комплексный элементный анализ лекарственно-растительного сырья на основе цветков календулы лекарственной и травы золототысячника Чувашской Республики (г. Чебоксары). Показано, что метод РФА является информативным и пригодным для экспресс-определения химических элементов. В испытуемых образцах обнаружены 22 химических элемента Периодической системы, большая часть макро- и микроэлементов содержится в цветках календулы лекарственной. Такие элементы как калий, кальций, кремний и железо по сравнению с другими элементами присутствуют в преобладающем количестве в обоих образцах. Отсутствие тяжелых металлов в сырье свидетельствует об экологической безопасности территории произрастания растений.

Полученные результаты по элементному составу лекарственно-растительного сырья Чувашской Республики можно предложить к включению в единую базу данных, отсутствие которой в настоящее время затрудняет эффективное использование природного сырья для решения практических задач в лекарственном растениеводстве, медицине, фармацевтике, пищевой промышленности и других отраслях народного хозяйства.

Финансирование
Данная работа финансировалась за счет средств бюджета Чувашского государственного университета имени И.Н. Ульянова. Никаких дополнительных грантов на проведение или руководство данным конкретным исследованием получено не было.

Конфликт интересов
Авторы данной работы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

Открытый доступ
Эта статья распространяется на условиях международной лицензии Creative Commons Attribution 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), которая разрешает неограниченное использование, распространение и воспроизведение на любом носителе при условии, что вы дадите соответствующие ссылки на автора(ов) и источник и предоставите ссылку на Лицензию Creative Commons и укажете, были ли внесены изменения.

Список литературы

1. Бойко Н.Н., Писарев Д.И., Жилякова Е.Т., Новиков О.О. Изучение процесса распределения рутина и хлорогеновой кислоты в экстракционной системе из цветков календулы лекарственной и экстрагента // Вестник фармации. 2018. №3 (81). С. 52–58.
2. Мальцева Е.М., Егорова И.Н., Большаков В.В. Сравнительное исследование содержания фенольных соединений цветков различных сортов календулы лекарственной и их антиоксидантной активности // Медико-фармацевтический журнал «Пульс». 2020. Т. 22. №7. С. 92–96. https://doi.org/10.26787/nydha-2686-6838-2020-22-7-92-96.
3. Dhingra G., Dhakad P., Tanwar S. Review on phytochemical constituents and pharmacological activities of plant Calendula officinalis Linn // Biological Sciences. 2022. Vol. 2(2). Pp. 216–228. https://doi.org/10.55006/biolsciences.2022.2205.
4. Котов С.В., Низин П.Ю. Возможности неантибактериальной терапии и профилактики инфекций мочевыводящих путей // Экспериментальная и клиническая урология. 2023. Т. 16(3). С. 105–110. https://doi.org/10.29188/2222-8543-2023-16-3-105-110.
5. Полупанова Ю.В., Качкин К.В. Фармакогностический анализ отдельных сортов календулы лекарственной (Calendula officinalis L.) // Вестник ВГУ. Серия: химия, биология фармация. 2019. №1. С. 153–158.

6. Кароматов И.Д., Давлатова М.С. Лекарственное растение золототысячник (обзор литературы) // Биология и интегративная медицина. 2016. №6. С. 177–185.
7. ФС.2.5.0030.15. Ноготков лекарственных цветки.
8. ФС.2.5.0075.18. Золототысячника трава.
9. Afzal M., Ahmed E., Sharif A., Khan I.H., Javaid A. Evaluation of antifungal potential and phytochemical analysis of a medicinal herb, Centaurium erythreaea // Pak. J. Weed Sci. Res. 2022. Vol. 28(3). Pp. 295–303. https://doi.org/10.28941/pjwsr.v28i3.1071.
10. Sapkota B., Kunwar P. A Review on Traditional Uses, Phytochemistry and Pharmacological Activities of Calendula officinalis Linn // Natural Product Communications. 2024. Vol. 19(6). https://doi.org/10.1177/1934578X241259021.
11. Ashwlayan V. Therapeutic Potential of Calendula officinalis // Pharmacy & Pharmacology International Journal. 2018. Vol. 6(2). Pp. 149–155. https://doi.org/10.15406/ppij.2018.06.00171.
12. Ященко Н.Н., Житарь С.В., Зиновьева Е.Г. Разработка тест-системы для определения суммы фенольных соединений в лекарственном растительном сырье // Бутлеровские сообщения. 2022. Т. 71, №8. С. 106–111. https://doi.org/10.37952/ROI-jbc-01/22-71-8-106.
13. Ревенко А.Г. Применение рентгенофлуоресцентного анализа в биологии и медицине // Аналитика и контроль. 2020. Т. 24. №4. С. 236–276. https://doi.org/10.15826/analitika.2020.24.4.00.
14. Храмова Е.П., Чанкина О.В., Сыева С.Я., Костикова В.А., Ракшун Я.В., Сороколетов Д.С. Элементный состав растений Горного Алтая // Сибирский физический журнал. 2019. Т. 14, №3. С. 86–96. https://doi.org/10.25205/2541-9447-2019-14-3-86-96.
15. Каликина И.Ю., Турышев А.Ю., Белоногова В.Д., Курицын А.В., Пучнина С.В., Бузмакова Н.А. Применение рентгенофлуоресцентного и радиационного методов для анализа лекарственного растительного сырья на примере Achilleae millefolii herba // Разработка и регистрация лекарственных средств. 2023. №12 (4-1). С. 104–111. https://doi.org/10.33380/2305-2066-2023-12-4(1)-1597.
16. Ревенко А.Г., Шарыкина Д.С. Применение рентгенофлуоресцентного анализа для исследования химического состава чая и кофе // Аналитика и контроль. 2019. Т. 23. №1. С. 6–23. https://doi.org/10.15826/analitika.2019.23.1.015.
17. Кузьменко А.Н., Краснюк (мл.) И.И., Боков Д.О., Плахотная О.Н., Евграфов А.А., Родин М.Н., Кузьменко И.А., Нестерова Н.В., Самылина И.А. Изучение химического состава плодов яблони домашней методом рентгенофлуоресцентного анализа // Фармация. 2024. Т. 73 (1). С. 10–15. https://doi.org/10/29296/25419218-2024-01-02.
18. Гербер Ю.Б., Ярошенко Н.Ю. Использование криопорошка из календулы в технологии продуктов питания // Health, Food & Biotechnology. 2023. Т. 5, №3. С. 32–36. https://doi.org/10.36107/hfb.2023.i3.s185.
19. Benabderrahmane A., Atmani M., Rhioui W., Boutagayout A., Errachidi F., Belmalha S. Chemical and Elemental Composition of Ammi visnaga L. and Calendula officinalis L. from Meknes, Morocco // Journal of Ecological Engineering. 2023. Vol. 24(8). Pp. 84–94. https://doi.org/10.12911/22998993/165961.
20. Merghem M., Dahamna S. Antioxidant Activity of Centaurium erythraea Extracts // Journal of Drug Delivery and Therapeutics. 2020. Vol. 10(2). Pp. 171–174. https://doi.org/10.22270/jddt.v10i2.3935.
21. Кащенко Н.И., Оленников Д.Н. Спектрофотометрический анализ фенольных соединений календулы лекарственной (Calendula officinalis L.). Ревизионное исследование существующих методов // Бутлеровские сообщения. 2014. Т. 37, №1. С. 146–155.
22. Ермохин Ю.И., Бобренко И.А., Бобренко Е.Г. Микроэлементный состав растений сельскохозяйственных культур в условиях Сибири // Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ. 2020. №2 (21). С. 1–10.

Поступила в редакцию 29 августа 2024 г.

После переработки 27 декабря 2024 г.

Принята к публикации 14 мая 2025 г.

Yaschenko N.N., Zhitar S.V., Zinovjeva E.G., Lyshikov A.N.* ELEMENTAL ANALYSIS OF CALENDULA OFFICINALIS AND GOLDEN MILLET

Chuvash State University named after. I.N. Ulyanova, Moskovsky ave., 15, Cheboksary, 428015, Russia, zinelgen@mail.ru

In this work, for the first time, an elemental analysis of medicinal plant materials based on the flowers of calendula (*Calendula officinalis*) and centaury herb (*Centaurium erythraea*) of the Chuvash Republic (Cheboksary) was carried out using the X-ray fluorescent method. Information about the mineral composition of these plants in open sources is extremely scarce. It was found that potassium, calcium, silicon and iron are present in significant quantities in both samples compared to the rest of the detected elements. The total content of macro- and microelements in calendula officinalis is significantly higher than in centaury. For Calendula officinalis flowers, macroelements can be arranged according to their content in the following descending order (the value in mg/kg is given in parentheses): K (18250) > Cl (10190) > Ca (9520) > S (2230) > P (2130), and trace elements – Si (10150) > Fe (2890) > Sr (80) > Mn (50) > Zn (30) > Cu (20) > Br (10). Macroelements of centaury decrease in content in the order K (9560) > Ca (3870) > Cl (1770) > S=P (1270), and microelements – Si (2140) > Fe (230) > Mn (50) > Zn (30) > Sr=Cu=Br (10). We also found the following elements in the plant, in mg/kg (in the numerator is the value for calendula officinalis, and in the denominator for centaury): titanium (330/40), silver (30/20), zirconium (20/0), chromium (20/0), vanadium (20/0) and rubidium (10/0). Toxic metals (mercury, lead and cadmium) and arsenic were not detected in samples of marigold and centaury.

Keywords: calendula, centaury, x-ray fluorescence method, elemental analysis, macroelements, microelements.

For citing: Yaschenko N.N., Zhitar S.V., Zinovjeva E.G., Lyshikov A.N. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2025, no. 4, OnLine First. (in Russ.). https://doi.org/10.14258/jcprm.20250415728.

References

1. Boyko N.N., Pisarev D.I., Zhilyakova E.T., Novikov O.O. *Bulletin of Pharmacy*, 2018, no. 3 (81), pp. 52–58. (in Russ.).
2. Mal'tseva Ye.M., Yegorova I.N., Bol'shakov V.V. *Mediko-farmatsevticheskiy zhurnal «Pul's»*, 2020, vol. 22, no. 7, pp. 92–96. https://doi.org/10.26787/nydha-2686-6838-2020-22-7-92-96. (in Russ.).
3. Dhingra G., Dhakad P., Tanwar S. *Biological Sciences*, 2022, vol. 2(2), pp. 216–228. https://doi.org/10.55006/biolsciences.2022.2205.
4. Kotov S.V., Nizin P.Yu. *Eksperimental'naya i klinicheskaya urologiya*, 2023, vol. 16(3), pp. 105–110. https://doi.org/10.29188/2222-8543-2023-16-3-105-110. (in Russ.).
5. Polupanova Yu.V., Kachkin K.V. *Vestnik VGU. Seriya: khimiya, biologiya farmatsiya*, 2019, no. 1, pp. 153–158. (in Russ.).
6. Karomatov I.D., Davlatova M.S. *Biologiya i integrativnaya meditsina*, 2016, no. 6, pp. 177–185. (in Russ.).
7. *FS.2.5.0030.15. Nogotkov lekarstvennykh tsvetki*. [FS.2.5.0030.15. Medicinal marigold flowers]. (in Russ.).
8. *FS.2.5.0075.18. Zolototysyachnika trava*. [FS.2.5.0075.18. Centaury herb]. (in Russ.).
9. Afzal M., Ahmed E., Sharif A., Khan I.H., Javaid A. *Pak. J. Weed Sci. Res*., 2022, vol. 28(3), pp. 295–303. https://doi.org/10.28941/pjwsr.v28i3.1071.
10. Sapkota B., Kunwar P. *Natural Product Communications*, 2024, vol. 19(6). https://doi.org/10.1177/1934578X241259021.
11. Ashwlayan V. *Pharmacy & Pharmacology International Journal*, 2018, vol. 6(2), pp. 149–155. https://doi.org/10.15406/ppij.2018.06.00171.
12. Yashchenko N.N., Zhitar' S.V., Zinov'yeva Ye.G. *Butlerovskiye soobshcheniya*, 2022, vol. 71, no. 8, pp. 106–111. https://doi.org/10.37952/ROI-jbc-01/22-71-8-106. (in Russ.).
13. Revenko A.G. *Analitika i kontrol'*, 2020, vol. 24, no. 4, pp. 236–276. https://doi.org/10.15826/analitika.2020.24.4.00. (in Russ.).
14. Khramova Ye.P., Chankina O.V., Syyeva S.Ya., Kostikova V.A., Rakshun Ya.V., Sorokoletov D.S. *Sibirskiy fizicheskiy zhurnal*, 2019, vol. 14, no. 3, pp. 86–96. https://doi.org/10.25205/2541-9447-2019-14-3-86-96. (in Russ.).
15. Kalikina I.Yu., Turyshev A.Yu., Belonogova V.D., Kuritsyn A.V., Puchnina S.V., Buzmakova N.A. *Razrabotka i registratsiya lekarstvennykh sredstv*, 2023, no. 12 (4-1), pp. 104–111. https://doi.org/10.33380/2305-2066-2023-12-4(1)-1597. (in Russ.).
16. Revenko A.G., Sharykina D.S. *Analitika i kontrol'*, 2019, vol. 23, no. 1, pp. 6–23. https://doi.org/10.15826/analitika.2019.23.1.015. (in Russ.).
17. Kuz'menko A.N., Krasnyuk (ml.) I.I., Bokov D.O., Plakhotnaya O.N., Yevgrafov A.A., Rodin M.N., Kuz'menko I.A., Nesterova N.V., Samylina I.A. *Farmatsiya*, 2024, vol. 73 (1), pp. 10–15. https://doi.org/10/29296/25419218-2024-01-02. (in Russ.).
18. Gerber Yu.B., Yaroshenko N.Yu. *Health, Food & Biotechnology*, 2023, vol. 5, no. 3, pp. 32–36. https://doi.org/10.36107/hfb.2023.i3.s185. (in Russ.).
19. Benabderrahmane A., Atmani M., Rhioui W., Boutagayout A., Errachidi F., Belmalha S. *Journal of Ecological Engineering*, 2023, vol. 24(8), pp. 84–94. https://doi.org/10.12911/22998993/165961.
20. Merghem M., Dahamna S. *Journal of Drug Delivery and Therapeutics*, 2020, vol. 10(2), pp. 171–174. https://doi.org/10.22270/jddt.v10i2.3935.

* Corresponding author.

21. Kashchenko N.I., Olennikov D.N. *Butlerovskiye soobshcheniya*, 2014, vol. 37, no. 1, pp. 146–155. (in Russ.).
22. Yermokhin Yu.I., Bobrenko I.A., Bobrenko Ye.G. *Elektronnyy nauchno-metodicheskiy zhurnal Omskogo GAU*, 2020, no. 2 (21), pp. 1–10. (in Russ.).

Received August 29, 2024

Revised December 27, 2024

Accepted May 14, 2025

Сведения об авторах

Ященко Наталия Николаевна – доцент, кандидат химических наук, n.yashenko.n@mail.ru

Житарь Светлана Владимировна – доцент, кандидат химических наук, svezhi@yandex.ru

Зиновьева Елена Геннадьевна – доцент, кандидат химических наук, zinelgen@mail.ru

Лыщиков Анатолий Николаевич – профессор, доктор химических наук, analitika2011@mail.ru

Information about authors

Yashchenko Natalia Nikolaevna – associate professor, PhD in Chemistry, n.yashenko.n@mail.ru

Zhitar Svetlana Vladimirovna – associate professor, PhD in Chemistry, svezhi@yandex.ru

Zinovjeva Elena Gennadievna – associate professor, PhD in Chemistry, zinelgen@mail.ru

Lyshikov Anatoly Nikolaevich – professor, Doctor of Chemical Sciences, analitika2011@mail.ru