

Научная статья
УДК 582.711.16:581.19(571.1)
EDN: OIERME
DOI: 10.21285/achb.899



Биологически активные вещества некоторых очитковых (Sedoideae), культивируемых в условиях Западной Сибири

Т.И. Фомина✉, Т.А. Кукушкина

Центральный сибирский ботанический сад СО РАН, г. Новосибирск, Российская Федерация

Аннотация. Представители подсемейства очитковых (Sedoideae) издавна используются как лекарственные растения. Биохимический состав большинства видов изучен недостаточно, что препятствует применению очитков в фармакологии и медицине. Цель настоящей работы состояла в определении количественного содержания основных групп биологически активных веществ в надземной части очитков в начале и конце вегетационного периода. Исследовали свежесобранное сырье – вегетативные побеги следующих видов: *Aizopsis aizoon* (L.) Grulich, *Aizopsis hybrida* (L.) Grulich, *Aizopsis kurilensis* (Vorosch.) S. Gontch., *Hylotelephium ewersii* (Ledeb.) H. Ohba, *Sedum acre* L., *Sedum album* L., *Sedum hispanicum* L., *Sedum reflexum* L., *Sedum rupestre* L. и *Sedum spurium* M. Bieb. Использовали общепринятые методы фитохимического анализа. Содержание сухих веществ определяли высушиванием 1 г сырья до постоянной массы. Количество фенольных соединений, пектиновых веществ, общих сахаров определяли спектрофотометрическим методом в этанольных экстрактах, рассчитывая показатели на массу абсолютно сухого сырья. Концентрацию аскорбиновой кислоты определяли в сырой массе сырья титриметрическим методом. Установлено содержание сухих веществ (7,22–18,98%), катехинов (0,14–6,01 мг%), флавонолов (0,59–3,11%), танинов (4,44–26,73%), пектинов (0,14–3,51%), протопектинов (3,10–11,82%), общих сахаров (10,25–57,96%), аскорбиновой кислоты (43,4–94,4 мг%). Выявлена тенденция накопления фенольных соединений, сахаров, сухих веществ и снижения содержания пектиновых полисахаридов к концу вегетационного периода. Результаты свидетельствуют о перспективах культивирования очитков как источника различных биоактивных соединений.

Ключевые слова: Sedoideae, очитки, биологически активные вещества, вегетация

Финансирование. Исследование выполнено в рамках государственного задания по проекту AAAA-A21-121011290025-2 «Оценка морфогенетического потенциала популяций растений Северной Азии экспериментальными методами». При подготовке статьи использовались материалы биоресурсной научной коллекции Центрального сибирского ботанического сада СО РАН – USU 440534 «Коллекции живых растений в открытом и закрытом грунте».

Для цитирования: Фомина Т.И., Кукушкина Т.А. Биологически активные вещества некоторых очитковых (Sedoideae), культивируемых в условиях Западной Сибири // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2024. Т. 14. N 1. С. 65–71. DOI: 10.21285/achb.899. EDN: OIERME.

PHYSICO-CHEMICAL BIOLOGY

Original article

Biologically active compounds in selected Sempervivoideae (Sedoideae) cultivated in Western Siberia

Tatiana I. Fomina✉, Tatiana A. Kukushkina

Central Siberian Botanical Garden SB RAS, Novosibirsk, Russian Federation

Abstract. Although representative species of the Oчитaceae subfamily (Sedoideae) have long been used as medicinal plants, the biochemical composition of most species remains understudied. This hinders their use in pharmacology and medicine. This study quantifies the content of the main groups of biologically active substances in the aboveground part of the Sempervivoideae at the beginning and end of the vegetation period. Freshly harvested vegetative shoots of the following species (raw materials) were examined: *Aizopsis aizoon* (L.) Grulich, *Aizopsis hybrida* (L.) Grulich, *Aizopsis kurilensis* (Vorosch.) S. Gontch., *Hylotelephium ewersii* (Ledeb.) H. Ohba, *Sedum acre* L., *Sedum*

© Фомина Т.И., Кукушкина Т.А., 2024

album L., Sedum hispanicum L., Sedum reflexum L., Sedum rupestre L. and Sedum spurium M. Bieb. Conventional methods of phytochemical analysis were used. The solid content was determined by drying 1 g of raw materials to a constant weight. The amount of phenolic compounds, pectin substances and total sugars was determined by the spectrophotometric method in ethanolic extracts by calculating the indicators relative to the solid mass of the raw materials. Titrimetric analysis was used to determine the concentration of ascorbic acid in the wet weight of the raw material. The content of solid (7.22–18.98%), catechins (0.14–6.01 mg%), flavonols (0.59–3.11%), tannins (4.44–26.73%), pectins (0.14–3.51%), protopectins (3.10–11.82%), total sugars (10.25–57.96%) and ascorbic acid (43.4–94.4 mg%) was determined. The tendency to accumulate phenolic compounds, sugars and solids, along with a decrease in the content of pectin polysaccharides, by the end of the vegetation was revealed. The results indicate the potential for the cultivation of *Sempervivoideae* as a source of various bioactive compounds.

Keywords: *Sedoideae, Sempervivoideae, biologically active compounds, vegetation*

Funding. The study was carried out within the framework of the state assignment under the project AAAA-A21-121011290025-2 “Morphogenetic potential assessment of plant populations in North Asia using experimental methods”. When preparing the article, materials from the bioresource scientific collection of the Central Siberian Botanical Garden SB RAS were used – USU 440534 “Collection of living plants in open and closed ground”.

For citation: Fomina T.I., Kukushkina T.A. Biologically active compounds in selected *Sempervivoideae* (*Sedoideae*) cultivated in Western Siberia. *Izvestiya Vuzov. Prikladnaya Khimiya i Biotekhnologiya = Proceedings of Universities. Applied Chemistry and Biotechnology*. 2024;14(1):65-71. (In Russian). DOI: 10.21285/achb.899. EDN: OIERME.

ВВЕДЕНИЕ

К подсемейству очитковых (*Sedoideae*) семейства Толстянковые (*Crassulaceae*) относят представителей родов Живучник – *Aizopsis* Grulich, Очитник – *Hylotelephium* H. Ohba и Очиток – *Sedum* L.¹, которые ранее принадлежали к одному роду и до настоящего времени в литературе нередко объединяются под общим названием «очитки». Эти растения с давних времен известны своими лечебными свойствами: кровоостанавливающими, ранозаживляющими, противовоспалительными, благодаря которым используются в народной медицине и гомеопатии разных стран. Препараты и свежий сок из надземной части очитков применяют наружно при ожогах и ранах, кожных болезнях, а внутрь – для лечения различных инфекций, эпилепсии, гипертонии, гепатитов, а также в качестве общетонизирующего средства².

Современные исследования подтверждают высокую противомикробную, противовоспалительную и антиоксидантную активность экстрактов из надземных органов очитков [1–4]. Она обусловлена содержанием комплекса биологически активных веществ, прежде всего фенольных соединений (флавоноидов, танинов, органических кислот) и тритерпеновых сапонинов. Кроме того, в растениях некоторых видов обнаружены небольшие количества алкалоидов [5]. Установлено, что полисахариды из очитков оказывают гепатопротекторное и противоопухолевое действие [6], а также выраженный гемостатический эффект [7].

В целом обзор литературных источников показывает недостаточную биохимическую изученность большинства очитков, ограничивающую их использование в качестве сырья для получения лекарственных препаратов и натуральных биодобавок. Доступные сведения по количественному содержанию и динамике групп биоактивных соединений в течение периода вегетации у различных видов весьма ограничены. Наше исследование надземной части растений в фазу цве-

тения у 8 видов очитков выявило высокое содержание фенольных соединений, пектиновых веществ, сахаров и аскорбиновой кислоты [8].

Цель настоящего исследования заключалась в определении содержания основных групп биологически активных веществ в вегетативных побегах 10 видов очитков в начале и конце вегетационного периода.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Исследование проводили в Центральном сибирском ботаническом саду СО РАН (г. Новосибирск, Россия) в 2021 г. Объектами послужили следующие виды: *Aizopsis aizoon* (L.) Grulich, *A. hybrida* (L.) Grulich, *A. kurilensis* (Vorosch.) S. Gontch.; *Hylotelephium ewersii* (Ledeb.) H. Ohba; *Sedum acre* L., *S. album* L., *S. hispanicum* L., *S. reflexum* L., *S. rupestre* L. и *S. spurium* M. Bieb. В коллекции ботанического сада растения очитков выращиваются на открытом участке с легкими оподзоленными почвами и естественным увлажнением. Агротехнические мероприятия включают мульчирование посадок торфом и регулярные прополки в течение вегетационного периода.

Большинство исследованных очитков – почвопокровные виды с весенне-летне-зимнезеленым феноритмотипом: их ползучие надземные побеги перезимовывают с зелеными листьями, а вегетация длится от снега и до снега. *A. aizoon* и *H. ewersii* относятся к весенне-летнезеленым видам, отрастающим в конце апреля, но вегетация у первого заканчивается в середине сентября, а у второго – с наступлением сильных заморозков в октябре.

Фитохимическому анализу подвергали свежесобранные вегетативные побеги в начале активной вегетации весной и в конце вегетации осенью (у зимнезеленых видов). Содержание сухих веществ определяли высушиванием 1 г сырья при температуре 100–105 °С до постоянной массы. Количество фенольных соединений (катехинов, флавонолов, танинов), пектиновых

¹Малышев Л.И., Доронькин В.М., Зуев В.В., Власова Н.В., Никифорова О.Д., Овчинникова С.В. [и др.]. Конспект флоры Азиатской России. Сосудистые растения. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2012. 640 с. EDN: QKVBGF.

²Растительные ресурсы СССР. Цветковые растения, их химический состав, использование. Семейства Caprifoliaceae – Plantaginaceae: справочник / сост. Т.А. Орлова и др. Л.: Наука, 1990. 325 с.

веществ и общих сахаров устанавливали спектрофотометрически в этанольных экстрактах.

Определение катехинов основано на их способности давать малиновое окрашивание с раствором ванилина в концентрированной соляной кислоте. Оптическую плотность раствора измеряли при длине волны 504 нм; количественное содержание катехинов в пробе устанавливали по калибровочной кривой, построенной по (\pm)-катехину фирмы Sigma-Aldrich (США) [9]. Определение флавонолов основано на реакции комплексообразования с хлоридом алюминия. Плотность раствора измеряли при длине волны 415 нм; концентрацию флавонолов рассчитывали по рутину фирмы Chemapol (Чехия) [10]. Содержание танинов (гидролизуемых дубильных веществ) определяли с использованием 2%-го водного раствора аммония молибденовокислого. Интенсивность полученной окраски измеряли при длине волны 420 нм, расчет дубильных веществ производили по стандартному образцу танина Sigma-Aldrich [11].

Для определения количества общих сахаров использовали метод, основанный на восстановлении феррицианида калия редуцирующими сахарами в щелочной среде до ферроцианида. Последний в присутствии желатина образует с сернокислым железом устойчивую синюю окраску, интенсивность которой измеряли при длине волны 690 нм; количество сахаров определяли по калибровочному графику, построенному по глюкозе. Концентрацию в пробах аскорбиновой кислоты определяли титриметрическим методом с использованием реакции Тильманса [12].

Содержание пектиновых веществ (пектинов и протопектинов) выявляли бескарбазольным методом,

основанным на получении специфического желто-оранжевого окрашивания уроновых кислот с тимолом в сернокислой среде. Для получения воспроизводимых результатов из сырья удаляли сахара: измельченную навеску растительного образца массой 2–3 г трехкратно экстрагировали горячим 80%-м этанолом в соотношении 1:10 на кипящей водяной бане с обратным холодильником в течение 20–30 мин. Отфильтрованную пробу высушивали при 50 °С до исчезновения запаха спирта. Сначала извлекали водой пектины, затем гидролизовали протопектины. После реакции с тимолом плотность окрашенных растворов измеряли на спектрофотометре фирмы Agilent 8453 (США) при длине волны 480 нм в кювете с рабочей длиной 1 см. Количественное содержание пектиновых веществ определяли по калибровочной кривой, построенной по галактуроновой кислоте фирмы Merck (Германия) [13].

Все биохимические показатели, кроме аскорбиновой кислоты, рассчитаны на массу абсолютно сухого сырья. Определение содержания биологически активных веществ проводилось в трехкратной повторности. Данные представлены в виде среднего арифметического значения с ошибкой ($M \pm m$).

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Одной из важнейших групп вторичных метаболитов с высокой биологической активностью являются фенольные соединения. В растениях они служат фактором устойчивости к низким температурам и засухе [14, 15], а на организм человека оказывают выраженное антиоксидантное и противовоспалительное действие [16, 17]. У исследованных очитков фенольный комплекс представлен

Содержание биологически активных веществ в вегетативных побегах очитков

Content of biologically active substances in the vegetative shoots of stonecrops

Вид	Влажность, %	Флавонолы, %	Танины, %	Катехины, мг%	Пектины, %	Протопектины, %	Сахара, %
<i>Aizopsis aizoon*</i>	91,34 \pm 3,10	0,59 \pm 0,01	17,67 \pm 0,52	1,48 \pm 0,02	2,27 \pm 0,11	7,02 \pm 0,24	24,02 \pm 0,74
<i>Aizopsis hybridum</i>	86,38 \pm 2,19	1,25 \pm 0,02	12,56 \pm 0,35	1,53 \pm 0,02	1,30 \pm 0,05	11,82 \pm 0,16	24,45 \pm 0,78
	85,37 \pm 2,51	3,06 \pm 0,05	24,37 \pm 0,52	3,88 \pm 0,04	0,50 \pm 0,01	4,70 \pm 0,01	57,96 \pm 1,24
<i>Aizopsis kurilense</i>	88,54 \pm 2,21	1,27 \pm 0,03	21,82 \pm 0,94	2,80 \pm 0,01	1,16 \pm 0,04	6,33 \pm 0,30	26,88 \pm 0,85
	81,02 \pm 1,96	1,54 \pm 0,02	26,73 \pm 0,76	6,01 \pm 0,05	1,21 \pm 0,05	5,11 \pm 0,16	54,53 \pm 1,40
<i>Hylotelephium ewersii*</i>	91,80 \pm 3,07	3,11 \pm 0,08	11,58 \pm 0,28	0,54 \pm 0,02	3,51 \pm 0,11	8,83 \pm 0,15	14,63 \pm 0,31
<i>Sedum acre**</i>	86,38 \pm 2,43	1,35 \pm 0,03	6,10 \pm 0,09	0,54 \pm 0,01	1,17 \pm 0,01	4,37 \pm 0,12	30,18 \pm 0,72
<i>Sedum album</i>	92,78 \pm 2,08	1,05 \pm 0,02	12,74 \pm 0,21	2,77 \pm 0,08	2,82 \pm 0,01	11,01 \pm 0,39	10,25 \pm 0,23
	87,94 \pm 1,89	0,74 \pm 0,01	6,36 \pm 0,08	0,14 \pm 0,01	0,80 \pm 0,03	4,38 \pm 0,14	18,82 \pm 0,35
<i>Sedum hispanicum</i>	89,34 \pm 2,11	2,20 \pm 0,04	4,44 \pm 0,11	0,84 \pm 0,01	1,26 \pm 0,05	11,79 \pm 0,30	22,89 \pm 0,65
	81,04 \pm 2,02	2,44 \pm 0,03	5,23 \pm 0,06	0,62 \pm 0,01	0,14 \pm 0,00	3,10 \pm 0,07	35,12 \pm 0,52
<i>Sedum reflexum**</i>	89,26 \pm 2,71	1,03 \pm 0,02	12,41 \pm 0,11	4,15 \pm 0,01	0,79 \pm 0,01	5,00 \pm 0,14	48,69 \pm 1,22
<i>Sedum rupestre</i>	85,64 \pm 2,16	1,77 \pm 0,04	12,53 \pm 0,31	2,47 \pm 0,02	1,79 \pm 0,07	5,78 \pm 0,01	22,08 \pm 0,68
	83,01 \pm 2,12	2,03 \pm 0,03	11,49 \pm 0,15	4,36 \pm 0,02	0,51 \pm 0,02	3,32 \pm 0,13	32,96 \pm 0,60
<i>Sedum spurium</i>	88,94 \pm 2,10	1,03 \pm 0,02	17,90 \pm 0,43	1,56 \pm 0,02	1,84 \pm 0,01	7,50 \pm 0,16	24,41 \pm 0,71
	81,12 \pm 2,25	0,83 \pm 0,02	12,46 \pm 0,13	2,04 \pm 0,02	0,36 \pm 0,02	4,92 \pm 0,08	47,62 \pm 1,10

Примечание. Даты сбора сырья для всех образцов – 20 мая и 27 октября 2021 г. * – Данные для первого срока сбора сырья, ** – для второго срока. Все показатели, за исключением аскорбиновой кислоты, рассчитаны на абсолютно сухую массу сырья.

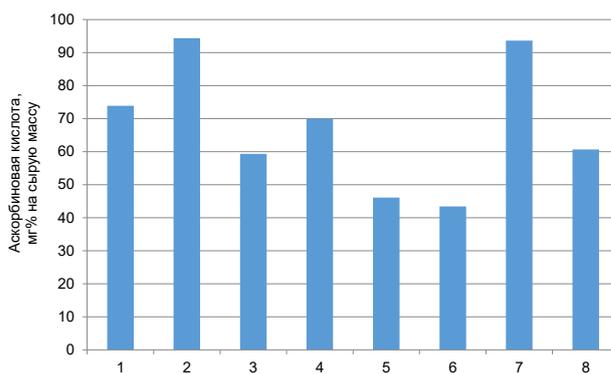
катехинами, флавонолами, танинами (таблица). Содержание этих веществ варьирует в широком межвидовом диапазоне. Количество катехинов незначительное, от 0,14 до 6,01 мг% на сухую массу, при этом наибольшие значения определены (в порядке убывания) у *A. kurilense*, *S. rupestre* и *S. reflexum* для срока окончания вегетации.

Количество флавонолов составляет 0,59–3,11% с максимумом у *H. ewersii* и *A. hybrida* осенью. Вегетативные побеги большинства очитков отличаются высоким содержанием танинов, как правило, на уровне 13–18%. *A. kurilensis* по способности к накоплению дубильных веществ заметно превосходит другие виды, тогда как *S. hispanicum*, напротив, существенно уступает. Полученные данные позволяют оценивать очитки как растения с высоким содержанием фенольных соединений, что подтверждается и другими исследованиями [18]. Индивидуальная изменчивость количества катехинов, флавонолов и танинов в течение сезона имеет разнонаправленный характер и различную величину – от незначительных колебаний до двукратных.

Установлено, что содержание сухих веществ у очитков значительно варьирует на межвидовом уровне и в течение сезона. Весной в быстрорастущих побегах количество сухих веществ (основная доля которых приходится на углеводы) составляет 7,22–14,36%. При подготовке к периоду зимнего покоя оводненность тканей в зимующих побегах резко снижается, соответственно, содержание сухих веществ возрастает, достигая почти 19%.

Вегетативные побеги очитков отличаются высоким содержанием моно- и олигосахаридов. Известно, что в водозапасающих тканях этих суккулентов присутствуют глюкоза, ксилоза, фруктоза, сахароза и рафиноза, а также характерный для толстянковых сахар – седо-гептулоза². У исследованных видов содержание общих сахаров составляет 10,25–26,88% весной и возрастает до 18,82–57,96% при подготовке к периоду зимнего покоя. Интенсивный синтез сахаров осенью связан с важной ролью этих метаболитов в формировании зимостойкости [19].

Впервые у очитков определено количественное содержание пектиновых веществ. Пектиновые полисахариды присутствуют в клеточных стенках растений (в основном в нерастворимой форме протопектинов) в качестве функционально-структурных компонентов и составляют совместно с сахарами основную долю сухих веществ. Они играют роль в формировании засухоустойчивости у растений, а в отношении организма человека действуют как энтеросорбенты. В последнее время интерес к этим биоактивным веществам значительно возрос в связи с установленным их иммуномодулирующим, гипогликемическим и антиканцерогенным эффектом [5, 20, 21]. Количество пектинов в вегетативных побегах очитков достигает 3,51%, а протопектинов – в несколько раз больше, до 11,82%. По сравнению с весенним периодом активной вегетации осенью отмечается снижение содержания пектиновых полисахаридов, обусловленное их гидратацией с наступлением холодов [19]. Межвидовая вариабельность содержания пектиновых веществ больше, чем их сезонные колебания на видовом уровне. Повышенным содержанием пектиновых веществ выделяются побеги *A. hybridum*, *S. hispanicum*, *S. album*.



Содержание аскорбиновой кислоты в вегетативных побегах очитков (21 мая 2021 г.): 1 – *Aizopsis aizoon*; 2 – *Aizopsis hybrida*; 3 – *Aizopsis kurilensis*; 4 – *Hylotelephium ewersii*; 5 – *Sedum album*; 6 – *Sedum hispanicum*; 7 – *Sedum rupestre*; 8 – *Sedum spurium*

Ascorbic acid content in the vegetative shoots of stonecrops (May 21, 2021): 1 – *Aizopsis aizoon*; 2 – *Aizopsis hybrida*; 3 – *Aizopsis kurilensis*; 4 – *Hylotelephium ewersii*; 5 – *Sedum album*; 6 – *Sedum hispanicum*; 7 – *Sedum rupestre*; 8 – *Sedum spurium*

Содержание аскорбиновой кислоты в вегетативных побегах очитков варьирует от 43,4 до 94,4% (рисунок) с наибольшими значениями для *A. hybrida* и *S. rupestre*, а наименьшими – для *S. album* и *S. hispanicum*.

Сравнение результатов исследования с данными, полученными нами ранее [8], выявило некоторые особенности динамики групп биоактивных веществ у очитков в течение вегетационного периода. Содержание катехинов и флавонолов, как правило, выше в цветущих побегах, танинов же накапливается больше в вегетативных побегах. Количество пектиновых веществ весной выше, но осенью ниже по сравнению с фазой цветения. Содержание аскорбиновой кислоты в растениях очитков в основном возрастает с весны до фазы цветения. Уровень синтеза сахаров весной соответствует или немного превышает таковой у цветущих растений, тогда как осенью отмечается значительный рост. Тем не менее в большинстве случаев динамика метаболитов на межвидовом уровне не является однонаправленной, а отражает видовую специфику обмена вторичных метаболитов в ответ на колебания погодных факторов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Вегетативные побеги очитков, культивируемых в Новосибирске, характеризуются сравнительно высоким содержанием фенольных соединений, аскорбиновой кислоты, пектиновых полисахаридов, общих сахаров. Количественное содержание основных групп биоактивных веществ отличается, как правило, значительной межвидовой и индивидуальной изменчивостью. Динамика вторичных метаболитов в течение сезона имеет разнонаправленный характер вследствие видовой специфики, проявляющейся как неодинаковая физиологическая реакция видов на внешние условия. При этом содержание сахаров у всех исследованных видов осенью в сравнении с весной однозначно возрастает, а количество пектиновых полисахаридов снижается, что связано с важной ролью этих веществ

в формировании зимостойкости. Содержание сухих веществ в период активной вегетации весной более высокое. Интенсивность синтеза фенольных соединений в целом выше в конце вегетационного периода. Из изученных очитков более высоким содержанием различных групп биоактивных веществ отличаются

виды *Aizopsis*, *S. spurium*, *S. rupestre*. Полученные данные позволяют заключить, что вегетативные побеги очитков (надземная зеленая масса) могут служить потенциальным источником сырья для получения фенольных веществ и других биологически активных соединений.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Plastun V.O., Raikova S.V., Durnova N.A., Zараeva N.V., Golikov A.G. Comparative analysis of the antimicrobial activity of extracts from two stonecrop species (*Sedum maximum* (L.) Hoffm. and *S. telephium* L.) // *Pharmaceutical Chemistry Journal*. 2018. Vol. 51, no. 10. P. 918–921. DOI: 10.1007/s11094-018-1716-6.
2. Xu F., Cao S., Wang C., Wang K., Wei Y., Shao X., et al. Antimicrobial activity of flavonoids from *Sedum aizoon* L. against *Aeromonas* in culture medium and in frozen pork // *Food Science & Nutrition*. 2019. Vol. 7, no. 10. P. 3224–3232. DOI: 10.1002/fsn3.1178.
3. Trabsa H., Krach I., Boussoulim N., Ouhida S., Arrar L., Baghiani A. Evaluation of anti-inflammatory and antioxidant activities of *Sedum sediforme* extracts // *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*. 2020. Vol. 19, no. 10. P. 2109–2114. DOI: 10.4314/tjpr.v19i10.14.
4. Canli K., Bozyel M.E., Benek A., Yetgin A., Akata I., Altuner E.M. Screening of *in vitro* antimicrobial activity of *Sedum hispanicum* ethanol extract and determination of its biochemical composition // *Fresenius Environmental Bulletin*. 2021. Vol. 30, no. 11A. P. 12614–12619.
5. Hassan M.H.A., Elwekeel A., Moawad A., Affi N., Amin E., El Amir D. Phytochemical constituents and biological activity of selected genera of family Crassulaceae: a review // *South African Journal of Botany*. 2021. Vol. 141. P. 383–404. DOI: 10.1016/j.sajb.2021.05.016.
6. Zhang X., Bi C., Chen Q., Xu H., Shi H., Li X. Structure elucidation of arabinogalactoglucon isolated from *Sedum sarmentosum* Bunge and its inhibition on hepatocellular carcinoma cells *in vitro* // *International Journal of Biological Macromolecules*. 2021. Vol. 180. P. 152–160. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2021.03.051.
7. Ebrahimi F., Torbati M., Mahmoudi J., Valizadeh H. Medicinal plants as potential hemostatic agents // *Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*. 2020. Vol. 23, no. 1. P. 10–23. DOI: 10.18433/jpps30446.
8. Фомина Т.И., Кукушкина Т.А. Содержание биологически активных веществ в надземной части некоторых очитковых (*Sedoideae*) // *Химия растительного сырья*. 2022. N 4. С. 191–197. DOI: 10.14258/jcprm.20220411300. EDN: USAKGS.
9. Кукушкина Т.А., Зыков А.А., Обухова Л.А. Манжетка обыкновенная (*Alchemilla vulgaris* L.) как источник лекарственных средств // *Актуальные проблемы создания новых лекарственных препаратов природного происхождения: материалы VII Междунар. съезда «Фитофарм-2003»* (г. Санкт-Петербург, 3–5 июля 2003 г.). СПб.: Фитофарм, 2003. С. 64–69.
10. Беликов В.В., Шрайбер М.С. Методы анализа флавоноидных соединений // *Фармация*. 1970. N 1. С. 66–72.
11. Федосеева Л.М. Изучение дубильных веществ подземных и надземных вегетативных органов бадана толстолистного (*Bergenia crassifolia* (L.) Fitch.), произрастающего на Алтае // *Химия растительного сырья*. 2005. N 2. С. 45–50. EDN: HYIMRB.
12. Методы биохимического исследования растений / ред. А.И. Ермаков. Л.: Агропромиздат, 1987. 429 с.
13. Кривенцов В.И. Бескарбазольный метод количественного спектрофотометрического определения пектиновых веществ // *Сборник научных трудов Государственного Никитского ботанического сада*. 1989. Т. 109. С. 128–137.
14. Губанова Т.Б. Особенности накопления некоторых биологически активных веществ у стеблевых и листовых суккулентов с контрастной степенью морозостойкости // *Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада*. 2015. N 115. С. 61–66. EDN: UJVAGX.
15. Koźmińska A., Hassan M.A., Wiszniewska A., Hanus-Fajerska E., Boscaiu M., Vicente O. Responses of succulents to drought: comparative analysis of four *Sedum* (*Crassulaceae*) species // *Scientia Horticulturae*. 2019. Vol. 243. P. 235–242. DOI: 10.1016/j.scienta.2018.08.028.
16. Baskar V., Venkatesh R., Ramalingam S. Flavonoids (antioxidants systems) in higher plants and their response to stresses // *Antioxidants and antioxidant enzymes in higher plants* / eds D. Gupta, J. Palma, F. Corpas. Cham: Springer, 2018. P. 253–268. DOI: 10.1007/978-3-319-75088-0_12.
17. Wang T.-Y., Li Q., Bi K.-S. Bioactive flavonoids in medicinal plants: structure, activity and biological fate // *Asian Journal of Pharmaceutical Sciences*. 2018. Vol. 13, no. 1. P. 12–23. DOI: 10.1016/j.ajps.2017.08.004.
18. Карпук В.В., Поликсенова В.Д., Шевелева О.А., Асинова М.И., Иванова А.В. Слизи, флавоноиды, танины в листьях суккулентов: содержание и локализация // *Актуальные проблемы изучения и сохранения фито- и микобиоты: материалы III Междунар. науч.-практ. конф.* (г. Минск, 11–13 ноября 2020 г.). Минск: Изд-во БГУ, 2020. С. 41–45. EDN: RCOOYK.
19. Губанова Т.Б. Особенности углеводного обмена видов рода *Sedum* L. в связи с низкотемпературной устойчивостью // *Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада*. 2008. Вып. 96. С. 68–70. EDN: ULGJRB.
20. Minzanova S.T., Mironov V.F., Arkhipova D.M., Khabibulina A.V., Mironova L.G., Zakirova Yu.M., et al. Biological activity and pharmacological application of pectic polysaccharides: a review // *Polymers*. 2018. Vol. 10, no. 12. P. 1407. DOI: 10.3390/polym10121407.
21. De Oliveira A.F., da Luz B.B., Werner M.F.P., Iacomini M., Cordeiro L.M.C., Cipriani T.R. Gastroprotective activity of a pectic polysaccharide fraction obtained from infusion of *Sedum dendroideum* leaves // *Phytomedicine*. 2018. Vol. 41. P. 7–12. DOI: 10.1016/j.phymed.2018.01.015.

REFERENCES

1. Plastun V.O., Raikova S.V., Durnova N.A., Zaraeva N.V., Golikov A.G. Comparative analysis of the antimicrobial activity of extracts from two stonecrop species (*Sedum maximum* (L.) Hoffm. and *S. telephium* L.). *Pharmaceutical Chemistry Journal*. 2018;51(10):918-921. DOI: 10.1007/s11094-018-1716-6.
2. Xu F., Cao S., Wang C., Wang K., Wei Y., Shao X., et al. Antimicrobial activity of flavonoids from *Sedum aizoon* L. against *Aeromonas* in culture medium and in frozen pork. *Food Science & Nutrition*. 2019;7(10):3224-3232. DOI: 10.1002/fsn3.1178.
3. Trabsa H., Krach I., Boussoualim N., Ouhida S., Arrar L., Baghiani A. Evaluation of anti-inflammatory and antioxidant activities of *Sedum sediforme* extracts. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*. 2020;19(10):2109-2114. DOI: 10.4314/tjpr.v19i10.14.
4. Canli K., Bozuel M.E., Benek A., Yetgin A., Akata I., Altuner E.M. Screening of *in vitro* antimicrobial activity of *Sedum hispanicum* ethanol extract and determination of its biochemical composition. *Fresenius Environmental Bulletin*. 2021;30(11A):12614-12619.
5. Hassan M.H.A., Elwekeel A., Moawad A., Afifi N., Amin E., El Amir D. Phytochemical constituents and biological activity of selected genera of family Crassulaceae: a review. *South African Journal of Botany*. 2021;141:383-404. DOI: 10.1016/j.sajb.2021.05.016.
6. Zhang X., Bi C., Chen Q., Xu H., Shi H., Li X. Structure elucidation of arabinogalactoglucan isolated from *Sedum sarmentosum* Bunge and its inhibition on hepatocellular carcinoma cells *in vitro*. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2021;180:152-160. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2021.03.051.
7. Ebrahimi F., Torbati M., Mahmoudi J., Valizadeh H. Medicinal plants as potential hemostatic agents. *Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*. 2020;23(1):10-23. DOI: 10.18433/jpps30446.
8. Fomina T.I., Kukushkina T.A. Content of biologically active substances in the aboveground part of some stonecrops (*Sedoideae*). *Khimija rastitel'nogo syr'ja = Chemistry of plant raw material*. 2022;4:191-197. (In Russian). DOI: 10.14258/jcprm.20220411300. EDN: USAKGS.
9. Kukushkina T.A., Zykov A.A., Obukhova L.A. Lady's mantle (*Alchemilla vulgaris* L.) as a source of the medicinal preparations. In: *Aktual'nye problemy sozdaniya novykh lekarstvennykh preparatov prirodnoho proiskhozhdeniya: materialy VII Mezhdunar. S'ezda "Fitofarm-2003" = Actual problems of creation of new medicinal preparations of natural origin: Proc. of the 7th Intern. Congress "Phytopharm-2005"*. 3-5 July 2003, Saint-Petersburg. Saint-Petersburg: Fitofarm; 2003, p. 64-69. (In Russian).
10. Belikov V.V., Shraiber M.S. Methods of analysis of flavonoid compounds. *Farmatsiya*. 1970;1:66-72. (In Russian).
11. Fedoseeva L.M. An assay of tannic substances in underground and overground vegetal parts of *Leather bergenia* (*Bergenia crassifolia* (L.) Fitch) native of Altai area. *Khimija rastitel'nogo syr'ja = Chemistry of plant raw material*. 2005;2:45-50. (In Russian). EDN: HYIMRB.
12. Ermakov A.I. *Methods of biochemical studies of plants*. Leningrad: Agropromizdat; 1987, 420 p. (In Russian).
13. Kriventsov V.I. Noncarbazole method of quantitative spectrophotometric determination of pectin substances. *Sbornik nauchnykh trudov Gosudarstvennogo Nikitskogo botanicheskogo sada*. 1989;109:128-137. (In Russian).
14. Gubanova T.B. stem and leaf succulents with contrasting frost-resistance level: accumulation peculiarities of some biologically active substances. *Byulleten' Gosudarstvennogo Nikitskogo botanicheskogo sada = Bulletin of the State Nikitsky Botanical Gardens*. 2015;115:61-66. (In Russian). EDN: UJVAGX.
15. Koźmińska A., Hassan M.A., Wiszniewska A., Hanus-Fajerska E., Boscaiu M., Vicente O. Responses of succulents to drought: comparative analysis of four *Sedum* (*Crassulaceae*) species. *Scientia Horticulturae*. 2019;243:235-242. DOI: 10.1016/j.scienta.2018.08.028.
16. Baskar V., Venkatesh R., Ramalingam S. Flavonoids (antioxidants systems) in higher plants and their response to stresses. In: Gupta D., Palma J., Corpas F. (eds). *Antioxidants and antioxidant enzymes in higher plants*. Cham: Springer; 2018, p. 253-268. DOI: 10.1007/978-3-319-75088-0_12.
17. Wang T.-Y., Li Q., Bi K.-S. Bioactive flavonoids in medicinal plants: structure, activity and biological fate. *Asian Journal of Pharmaceutical Sciences*. 2018;13(1):12-23. DOI: 10.1016/j.ajps.2017.08.004.
18. Karpuk V.V., Poliksenova V.D., Sheveleva O.A., Asinova M.I., Ivanova A.V. Mucus, flavonoids, tannids in the leaves of succulents: content and localization. In: *Aktual'nye problemy izucheniya i sokhraneniya fito- i mikrobioty: materialy III Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. = Actual problems of studying and preserving phyto- and mycobiota: Proc. of the 3^d Intern. Conference*. 11-13 November 2020, Minsk. Minsk: Belarusian State University; 2020, p. 41-45. (In Russian). EDN: RCOOYK.
19. Gubanova T.B. Peculiarities of carbohydrates exchange in species *Sedum* L. in the connection with low temperature resistance. *Byulleten' Gosudarstvennogo Nikitskogo botanicheskogo sada = Bulletin of the State Nikitsky Botanical Gardens*. 2008;96:68-70. (In Russian). EDN: ULGJRB.
20. Minzanova S.T., Mironov V.F., Arkhipova D.M., Khabibulina A.V., Mironova L.G., Zakirova Yu.M., et al. Biological activity and pharmacological application of pectic polysaccharides: a review. *Polymers*. 2018;10(12):1407. DOI: 10.3390/polym10121407.
21. De Oliveira A.F., da Luz B.B., Werner M.F.P., Iacomini M., Cordeiro L.M.C., Cipriani T.R. Gastroprotective activity of a pectic polysaccharide fraction obtained from infusion of *Sedum dendroideum* leaves. *Phytomedicine*. 2018;41:7-12. DOI: 10.1016/j.phymed.2018.01.015.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Фомина Татьяна Ивановна,
к.б.н., старший научный сотрудник,
Центральный сибирский
ботанический сад СО РАН,
630090, г. Новосибирск, ул. Золотодолинская,
101, Российская Федерация,
✉ fomina-ti@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-4724-2480>

Кукушкина Татьяна Абдулхаиловна,
старший научный сотрудник,
Центральный сибирский
ботанический сад СО РАН,
630090, г. Новосибирск, ул. Золотодолинская,
101, Российская Федерация,
kukushkina-phyto@yandex.ru,
<https://orcid.org/0000-0002-7235-9667>

Вклад авторов

Т.И. Фомина – предоставление ресурсов,
анализ данных, обзор литературы,
написание статьи.
Т.А. Кукушкина – сбор данных.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта
интересов.

*Все авторы прочитали и одобрили
окончательный вариант рукописи.*

Информация о статье

Поступила в редакцию 16.02.2023.
Одобрена после рецензирования 28.08.2023.
Принята к публикации 29.02.2024.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Tatiana I. Fomina,
Cand. Sci. (Biology), Senior Researcher,
Central Siberian Botanical Garden SB RAS,
101, Zolotodolinskaya St., Novosibirsk, 630090,
Russian Federation,
✉ fomina-ti@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-4724-2480>

Tatiana I. Kukushkina,
Senior Researcher,
Central Siberian Botanical Garden SB RAS,
101, Zolotodolinskaya St., Novosibirsk, 630090,
Russian Federation,
kukushkina-phyto@yandex.ru,
<https://orcid.org/0000-0002-7235-9667>

Contribution of the authors

Tatiana I. Fomina – resources providing, data analysis,
writing the manuscript.
Tatiana I. Kukushkina – data collection.

Conflict interests

The authors declare no conflict of interests
regarding the publication of this article.

*The final manuscript has been read and approved
by all the co-authors.*

Information about the article

The article was submitted 16.02.2023.
Approved after reviewing 28.08.2023.
Accepted for publication 29.02.2024.