

УДК 615.322

## БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ РАСТЕНИЙ РОДА *RUMEX* (*POLYGONACEAE*)

© В.В. Подгурская<sup>1\*</sup>, Е.А. Лукаша<sup>1</sup>, Е.С. Гущина<sup>1</sup>, И.А. Савченко<sup>1</sup>, И.Н. Корнеева<sup>1</sup>, Г.И. Калинкина<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Омский государственный медицинский университет, ул. Ленина, 12, Омск, 644099 (Россия), e-mail: verapodgurskaya@mail.ru

<sup>2</sup> Сибирский государственный медицинский университет, ул. Московский тракт, 2, Томск, 634050 (Россия)

В обзоре представлены сведения о биологической активности 26 видов рода *Rumex* L. по результатам исследований за период 2014–2019 гг. Поиск информации и проведение наукометрического анализа осуществлялись с использованием ресурсов научной базы данных Scopus. Ежегодное количество научных публикаций, касающихся растений рода щавель, держится на достаточно высоком уровне (более 100 публикаций в год). Установлено, что наиболее изученными в отношении биологической активности и состава являются виды *R. acetosa*, *R. crispus*, *R. dentatus*, *R. nervosus*, *R. obtusifolius*, *R. vesicarius*, которые в фармакологических исследованиях показали наличие антигипертензивной, антиостеопоротической, противовирусной, нефро- и гепатопротекторной и других видов активности. Представлены статьи с описанием механизмов проявления биологического эффекта действующих веществ экстрактов, однако эти сведения носят фрагментарный характер. Химический состав изучен в основном для официальных видов. Ряд видов – *R. alveolatus*, *R. aquaticus*, *R. conglomeratus*, *R. hastatus*, *R. lunaria*, *R. maritimus*, *R. occidentalis* и др. – являются перспективными для дальнейшего изучения в связи с обнаруженной у различных экстрактов этих растений антибактериальной, цитопротективной, противоопухолевой, антигипергликемической активностью, способностью стимулировать рост волос, бороться с гиперпигментацией.

**Ключевые слова:** Polygonaceae, Rumex, щавель, биологическая активность, наукометрический анализ.

Род *Rumex* L. входит в семейство *Polygonaceae* Juss. и насчитывает около 200 видов [1]. Растения рода щавель произрастают практически на всех континентах земного шара, но более свойственны умеренному поясу северного полушария [2–4]. Растения рода щавель широко используются как пищевые, кормовые, ме-доносные, а также в качестве лекарственных [5].

В Европе применяются в медицине главным образом щ. кислый и щ. воробьиный (листья, трава, се-

---

Подгурская Вера Викторовна – ассистент кафедры фармацевтической, аналитической и токсикологической химии, e-mail: verapodgurskaya@mail.ru

Лукаша Елена Александровна – кандидат фармацевтических наук, заведующая кафедрой фармацевтической, аналитической и токсикологической химии, e-mail: chem68@mail.ru

Гущина Елена Сергеевна – ординатор кафедры фармацевтической, аналитической и токсикологической химии, e-mail: selena\_96@inbox.ru

Савченко Ирина Александровна – кандидат фармацевтических наук, доцент кафедры фармацевтической, аналитической и токсикологической химии, e-mail: irina0458@yandex.ru

Корнеева Ирина Николаевна – кандидат химических наук, доцент кафедры фармацевтической, аналитической и токсикологической химии, e-mail: korneeva\_ir\_nik@mail.ru

Калинкина Галина Ильинична – доктор фармацевтических наук, профессор, заведующая кафедрой фармакогнозии с курсами ботаники и экологии, e-mail: galina\_kalinkina@mail.ru

мена), щ. альпийский (корни), щ. конский (семена), щ. курчавый (корни, семена) и щ. туполистный (трава) [6]. Разные виды щавелей употреблялись в XVI в. в Британии в виде порошка внутрь для облегчения боли в животе. Корни разваривали в кипятке, смешивали с кабаньим жиром и получали мазь, использовавшуюся наружно при зуде и чесотке [7]. С древности в народной медицине применяется щ. кислый (*R. acetosa* L.) как противовоспалительное, кровоостанавливающее, вяжущее средство [8]. О свойстве щ. кислого «очищать кровь» известно в Британии и Ирландии. С этой целью, а также для лечения цинги внутрь употребляется само растение и его сок [9]. Щ. туполистный (*R. obtusifolius* L.) применяется при крапивных ожогах, в качестве вяжущего, слабительного, тонизирующего средства, для лечения ожогов, язв [10]. Корни щ. альпийского (*R. alpinus* L.) используются при желтухе, запоре, диарее, экземе [11].

---

\* Автор, с которым следует вести переписку.

Щ. конский (*R. confertus* Willd.) является фармакопейным растением и включен в Государственную фармакопею РФ XIV издания [12]. Корни щ. конского применяются при заболеваниях печени, при дизентерии, легочных и маточных кровотечениях, в качестве слабительного средства, при геморрое и трещинах заднего прохода, наружно при ожогах, ранах, стоматитах, гингивитах, кожных заболеваниях [13].

Щ. курчавый (*R. crispus* L.) входит в Американскую Травяную Фармакопею [14], где описывается его применение в медицине как средства для лечения отравлений («general detoxifier») и различных заболеваний кожи. Британской Травяной Фармакопеей предлагается использовать комбинацию корней лопуха и корней щ. курчавого для лечения заболеваний кожи [15].

В медицине Нигерии, Индии, Китая и Индонезии традиционно применяется щ. непальский (*R. nepalensis* Spreng.). Листья этого растения обладают диуретическим, вяжущим, слабительным и успокаивающим свойством, используются при ожогах, вызванных крапивой (*Urtica* spp.) [16]. Важным лекарственным растением в индийской медицине является щ. приморский (*R. maritimus* L.), используемый как жаропонижающее, слабительное средство и афродизиак [17]. В традиционной китайской медицине при бактериальных и грибковых инфекциях, а также при запорах, диарее, акариозах используются корни щ. зубчатого (*R. dentatus* L.) [18, 19].

Таким образом, растения рода щавель обладают рядом полезных свойств, поэтому в настоящее время накоплен значительный массив научных сведений об их химическом составе и биологической активности. В связи с этим обобщение сведений по научно обоснованному подходу к возможности применения растений рода щавель в медицинской практике является актуальной задачей.

Для проведения наукометрического исследования были использованы ресурсы научной базы данных Scopus. Подбор релевантных данных осуществляли путем поиска по ключевому слову «gumex» в разделах названия статей, резюме, типу публикации, научному направлению и др., в соответствии с алгоритмом, указанным в работе [19].

Общее количество научных публикаций, содержащих ключевое слово «gumex», в базе данных Scopus составляет 4049 единиц. Журнальные статьи составляют 91% от общего объема публикаций, обзоры – 4%, доклады на конференциях – 3%.

Первое упоминание щавеля относится к 1834 году: в статье на немецком языке докладывается об идентичности румицина, вещества, обнаруженного в корнях щ. шпинатного (*R. patientia* L.), соединению рабарбарину, содержащемуся в корнях ревеня волнистого (*Rheum rhabarbarum* L.) [21].

До 70-х годов XX века интерес к изучению видов щавелей оставался на довольно низком уровне (рис. 1): за период с 1834 до 1970 гг. было опубликовано 153 статьи (3.78%). Начиная с 70-х гг. XX века ежегодное количество научных публикаций, касающихся растений рода щавель, постепенно возрастало и с 2002 года держится на достаточно высоком уровне (более 100 публикаций в год). За период с 1970 до настоящего времени в базе данных Scopus зафиксировано 3894 статьи, что составляет 96% от всех публикаций.

Большинство статей – 3739 (92%) – опубликованы на английском языке, 71 – на немецком, 70 – на китайском, 41 – на испанском, 40 – на французском, 14 – на русском языках. Наиболее активно изучением растений рода *Rumex* занимаются исследователи из США (19% публикаций), Великобритании (9.5%), Китая (7.6%), Индии (6.3%) и Германии (6%).

Анализ научной направленности публикаций (рис. 2) показал, что значительная часть статей относится к следующим разделам: сельскохозяйственные и биологические науки (45.9%), биохимия, генетика и молекулярная биология (32.5%), науки об окружающей среде (17%), фармакология, токсикология и фармацевтические науки (12.8%), медицина (11%).

При анализе публикаций за период 1834–2019 гг. было выделено 15 журналов, в которых наиболее часто встречаются статьи (более 20 в журнале) с ключевым словом «gumex» (рис. 3). По количеству статей лидирующее положение занимает Journal of Ethnopharmacology (60). Доля публикаций статей в зарубежных журналах, представленных на рисунке 3, составляет 12.5% от общего числа публикаций, посвященных изучению растений рода щавель.

Проанализировав данные по количеству публикаций, касающихся различных видов рода *Rumex*, можно выделить наиболее изучаемые виды щавелей. К ним относятся щ. кислый, щ. туполистный, щ. курчавый, щ. воробьиный, щ. зубчатый (рис. 4). В последние годы у этих, а также у многих других видов щавелей обнаружены новые виды биологической активности.

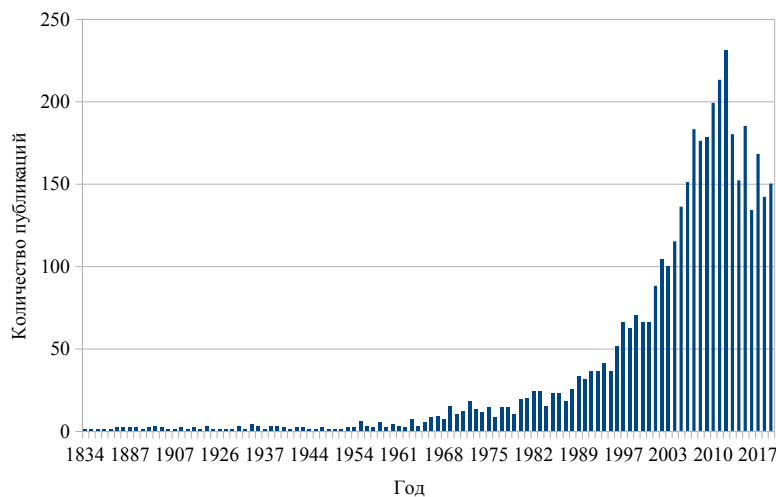


Рис. 1. Количество публикаций с ключевым словом «*Rumex*» в базе данных Scopus за период 1834–2019 гг.



Рис. 2. Распределение публикаций за период 1834–2019 гг. по отраслям знаний



Рис. 3. Топ 15 журналов с публикациями статей с ключевым словом «*Rumex*»

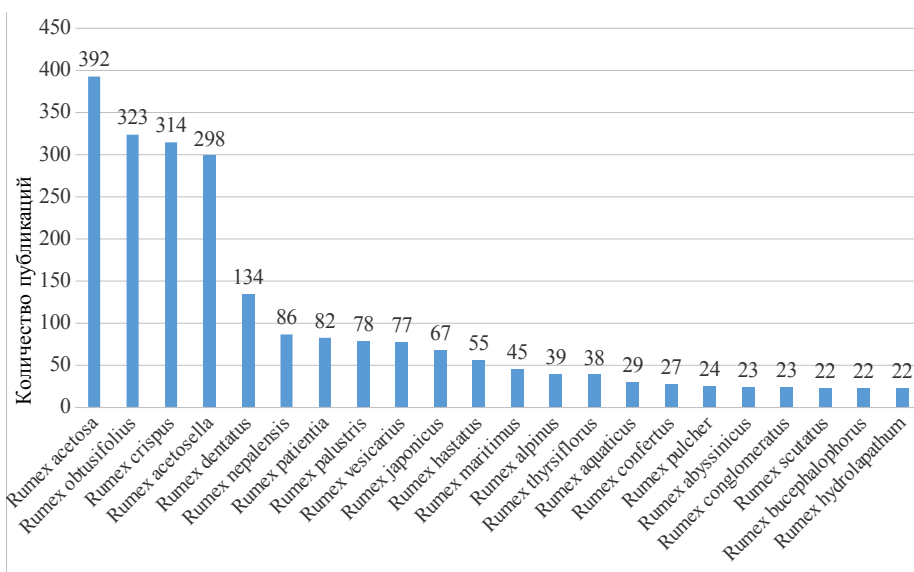


Рис. 4. Количество публикаций по видам растений рода *Rumex* за период с 1834 по 2019 гг.

Актуальным направлением является изучение антибактериальных, антиоксидантных и противовоспалительных свойств щавелей. Установлено наличие таких видов активности у щ. водного, щ. гребенчатого, щ. зубчатого, щ. приморского, щ. пузырчатого, щ. курчавого, щ. клубковатого и других видов.

**R. abyssinicus Jacq. – щ. абиссинский.** Обнаружен хемопревентивный потенциал 80%-ного метанольного экстракта корневищ щ. абиссинского при вызванном 1,2-диметилгидразином раке толстой кишки у самок крыс Вистар. Экстракт в дозах 250 мг/кг и 500 мг/кг уменьшал количество маркеров рака толстой кишки (АС – аберрантных крипт и АСФ – очагов аберрантных крипт) через 12 недель после начала эксперимента более чем на 50%, но не имел статистически значимого влияния на количество крипт в очаге. Авторами было проведено исследование антраценпроизводных, извлекаемых из корневищ щ. абиссинского метанолом (реин, хризофанол, эмодин, эмодиновая кислота, алоэ-эмодин, ализарин, фисцион, дамнакантал и катенарин), на способность связываться с ферментом циклооксигеназой-2 (ЦОГ-2) *in silico* методом молекулярного докинга. Стыковка лиганда и рецептора произошла успешно; это говорит о том, что возможным механизмом, обуславливающим хемопревентивное действие метанольного экстракта корневищ щ. абиссинского, является способность ингибировать ЦОГ-2 [22]. Данный механизм действия может быть ответственен за возможную противовоспалительную активность растения.

Метанольный экстракт корневищ щ. абиссинского исследовался на ранозаживляющую и противовоспалительную активность. На основе экстракта были приготовлены 5%-ная и 10%-ная мази в соответствии с Британской Фармакопеей. Топическое нанесение 5%-ной и 10%-ной мазей на иссеченную модель раны у мышей значительно ускоряло заживление раны. 5%-ная мазь вызвала заметное сокращение раны на 7-й день, 10%-ная – на третий день. Однако в дальнейшем до конца лечения не было заметных различий в скорости заживления ран в двух группах. Средняя сила натяжения резаных ран значительно увеличивалась: на 36.2% после нанесения 5%-ной мази и на 57.2% – при лечении 10%-ной мазью по сравнению с контролем. Противовоспалительная активность изучалась на модели отека лап, индуцированного каррагинаном. При пероральном введении мышам экстракта в дозах 500 мг/кг и 750 мг/кг уменьшение отека наступало через два часа после инъекции каррагинана, в дозе 250 мг/кг – через 3 ч. Наличие противовоспалительной активности может отчасти объяснить способность экстракта заживлять раны [23].

Установлена антибактериальная активность этанольного экстракта корней щ. абиссинского против *Staphylococcus aureus* (минимальная подавляющая концентрация (МПК) составила  $0.104 \pm 0.03$  мг/мл, минимальная бактерицидная концентрация (МБК) –  $0.167 \pm 0.07$  мг/мл), *Bacillus subtilis* (МПК = МБК =  $0.167 \pm 0.07$  мг/мл), *Staphylococcus epidermidis* (МПК = МБК =  $0.104 \pm 0.03$  мм), а также антиоксидантная активность в концентрации 25 мг/мл против радикалов DPPH (2,2-дифенил-1-пикрилгидразил) и ABTS (2,2'-азинобис(3-этилбензотиазолин-6-сульфонат)[24].

**R. acetosa L. – щ. кислый.** У крыс с гипертензией внутривенное введение метанольного экстракта листьев и н-гексановой, хлороформной, этилацетатной, водной фракций в дозах 1, 3, 10 и 50 мг/кг вызывало антигипертензивный эффект, статистически значимый при дозах 10 и 50 мг/кг по сравнению с крысами с нормальным давлением. При введении крысам метанольного экстракта в дозе 50 мг/кг среднее артериальное давление снижалось на  $484.0 \pm 4.93\%$ . Авторами исследования был выявлен эндотелий-зависимый и эндотелий-независимый вазодилатирующие эффекты экстракта листьев щ. кислого, однако не были установлены вещества, ответственные за данные эффекты [25].

Антигипертензивное и вазодилатирующее действия щ. кислого изучалось и ранее. Полученный настаиванием на 70% этиловом спирте экстракт всего растения в концентрациях от 0.1 до 100 мкг/мл вызывал расслабление аортальных колец (полученных разрезанием изолированной у крыс Спрег-Доули аорты на сегменты 2–3 мм длиной) после спровоцированной фенилэфрином вазоконстрикции. Кольца аорты с нетронутым эндотелием демонстрировали эффект в зависимости от концентрации экстракта, наивысшая вазодилатация (96.72%) наблюдалась при концентрации 100 мкг/мл. Кольца с предварительно удаленным эндотелием оставались в суженном состоянии вне зависимости от концентрации, что говорит об активации экстрактом эндотелий-зависимого сигнального пути. Внутривенное введение экстракта крысам в дозе 1 мг/кг приводило к снижению систолического давления на 20% [26].

Ацетоно-водный экстракт (7 : 3) травы щ. кислого в концентрациях от 5 до 15 мкг/мл способен уменьшать адгезию *Porphyromonas gingivalis* к клеткам линии KB на 90%. Данный эффект обусловлен способностью связанных с галловой кислотой проантоцианидинов (в основном эпикатехин-3-О-галлат-(4β,8)-эпикатехин-3'-О-галлат, или процианидин В2-дигаллат), которые взаимодействуют с бактериальным фактором

вирулентности *Arg-gingipain* и гемагглютинином. *P. gingivalis* является одной из наиболее частых причин периодонтита, и экстракт травы щ. кислого – перспективный кандидат на роль составляющего продуктов для ухода за полостью рта [27].

При изучении антиоксидантной активности спиртовых экстрактов листьев щ. кислого, высушенных различными способами (теплом или лиофилизацией), была установлена наивысшая активность в отношении радикалов ABTS и DPPH у экстракта листьев, высушенных теплом, на 60%-ном этиловом спирте. Данный экстракт содержал также наибольшее количество фенольных соединений – 51.81 мг ГАЕ/мл (ГАЕ–эквивалент галловой кислоты). Экстракты не показали цитотоксической активности в отношении нормальных клеток Hfl-1 и опухолевых клеток HeLa, однако селективно повышали жизнеспособность клеток Hfl-1 при воздействии на них оксалиплатина и облучения кобальтом в дозе 2 Грей. Жизнеспособность опухолевых клеток не изменилась при добавлении к ним экстрактов. Полученные результаты могут в дальнейшем быть использованы для разработки на основе спиртовых экстрактов листьев щ. кислого препаратов-адьювантов, способных снижать побочные эффекты лучевой терапии и химиотерапии [28].

Изолированный из корневищ щ. кислого эмодин в комбинации с паклитакселом (в дозе 12 мг/кг эмодина + 8 мг/кг паклитаксела интраперитонеально) практически полностью подавлял рост опухоли яичника у крыс Спрег-Доули. Хотя монотерапия паклитакселом в дозе 8 мг/кг привела к уменьшению опухоли на 50%, летальность через 9 недель лечения достигла 100%, в то время как в группе животных, получавших паклитаксел и эмодин, летальность снизилась на 50%. Назначение паклитаксела в комбинации с эмодином также предотвращало потерю массы тела [29].

Сообщается о случае острого интерстициального нефрита у ребенка в результате приема больших количеств щ. кислого. Лабораторные анализы выявили у пациента протеинурию, гематурию, пиурию, наличие кристаллов кальция оксалата в моче и увеличение концентраций печеночных ферментов, креатинина и мочевины в крови. Авторы связывают токсическое действие травы щ. кислого с наличием в ней оксалатов, которые являются чрезвычайно токсичными при приеме в больших дозах ( $LD_{50}$  для щавелевой кислоты составляет около 25 г для человека с массой тела 65 кг) [30].

Метанольный экстракт всего растения обладает противорвотной активностью. При назначении цыплятам экстракта в дозе 50 мг/кг, а затем разделении их на три группы и назначении средств, вызывающих рвоту: раствора меди сульфата, свежего сока *Brassica campestris* L. (*Brassicaceae*) и цисплатина количество позывов на рвоту уменьшилось на 50.1, 46.0 и 25.5% соответственно. Назначение экстракта в дозе 100 мг/кг в таких же группах привело к уменьшению позывов на 75.5, 78.0 и 34.1% соответственно, что было сопоставимо с эффектом препарата сравнения – хлорпромазином (150 мг/кг). Метанольный экстракт в концентрациях от 0.01 до 1 мг/мл также вызывал преходящий спазмогенный эффект на препарате тощей кишки кролика. В более высоких дозах (3–10 мг/мл) экстракт обладал спазмолитическим действием. Было выявлено, что данный эффект опосредован блокированием компонентами экстракта кальциевых каналов [31].

Хлороформная фракция метанольного экстракта травы щ. кислого в концентрации 400 мкг/мл показала значительную ингибирующую активность в отношении ксантиноксидазы (процент ингибирования – 90.29%, концентрация полумаксимального ингибирования  $IC_{50} = 91.08$  мкг/мл) [32].

***R. acetosella* L. – щ. воробьиный.** Радикал-ингибирующая активность экстракта листьев, полученного настаиванием в смеси растворителей ацетон – вода – уксусная кислота (70 : 29.5 : 0.5), в отношении DPPH оказалась довольно высокой ( $IC_{50} = 15.66$  мкг/мл), что может быть обусловлено высоким содержанием аскорбиновой кислоты – 72 мг% [33].

Установлена ингибирующая активность хлороформной фракции метанольного экстракта всего растения (концентрация 400 мкг/мл) в отношении ксантиноксидазы. Процент ингибирования составил 83.29%,  $IC_{50} = 19.32$  мкг/мл [32].

***R. alpinus* L. – щ. альпийский.** Хлороформные фракции метанольных экстрактов цветков и плодов, листьев, корней в концентрации 400 мкг/мл значительно (более чем на 90%) ингибировали ксантиноксидазу *in vitro*. Концентрация полумаксимального ингибирования составила 23.40, 49.34 и 146.60 мкг/мл для экстрактов цветков и плодов, листьев и корней соответственно [32].

***R. alveolatus* Losinsk. – щ. ячеистый** показал наличие гепатопротективных свойств: экстракт травы на 70% этаноле при введении мышам интраперитонеально в дозировке 450 мг/кг уменьшал концентрацию печеночных ферментов (аланинаминотрансферазы (АлАТ), аспартатаминотрансферазы (АсАТ), щелочной фосфатазы (ЩФ)) при поражении печени, индуцированном четыреххлористым углеродом [34].

***R. aquaticus* L. – щ. водный.** Впервые выделенные из щ. водного флавоноиды, кверцетин-3-О-галактозид (1) и кверцетин-3-О-арабинозид (2), в концентрации 10 мкмоль значительно (на 100%) повышали жизнеспособность клеток феохромоцитомы РС12 на модели кислородно-глюкозной депривации и способствовали росту нейритов. Было установлено, что соединение (1) повышает выработку синаптофизина – маркера синаптических контактов. Полученные данные говорят о возможности применения данных соединений в качестве нейропротективных средств в терапии инсульта [35].

Водная фракция этанольного экстракта травы щ. водного, содержащая кверцетин-3-О-β-глюкуронопиранозид, в эксперименте в дозах 5–20 мкг/мл индуцировала выделение гемоксигеназы (НО-1), одного из цитопротективных ферментов, защищающих клетку от оксидативного стресса, и ингибировала вызванную пероксидом водорода цитотоксичность в клетках желудочного эпителия. Выживаемость клеток увеличивалась на 81.2% при добавлении к ним 20 мкг/мл экстракта. Пероксид водорода известен способностью вызывать оксидативный стресс и воспаление органов желудочно-кишечного тракта, и антиоксидантные свойства экстракта травы щ. водного могут быть применимы для лечения данных состояний [36].

Водная фракция метанольного экстракта надземной части щ. водного, а также *n*-гексановая, хлороформная и водная фракции корней в значительной степени подавляли рост *S. epidermidis*, *S. aureus*, *B. subtilis*, *Moraxella catarrhalis* (10 мкл каждой фракции, растворенной в диметилсульфоксиде в концентрации 50 мг/мл). Установлена также антибактериальная активность *n*-гексановой фракции экстракта корней против MRSA, *Streptococcus pneumoniae*; хлороформной фракции – против *Streptococcus pyogenes*, *S. pneumoniae*; водной фракции – против метициллинрезистентного *S. aureus* (MRSA). Рост MRSA подавляла и водная фракция метанольного экстракта травы щ. водного. За антибактериальную активность данного растения ответственны по крайней мере три выделенных из различных частей растения компонента: нафталены музицин (неподин), музицин-8-О-глюкозид и нафтохинон 2-метоксистиандрон [37].

***R. conglomeratus* Murray – щ. клубковатый.** Полученный мацерацией 70%-ным этанолом экстракт листьев был исследован на антиоксидантную активность по степени обесцвечивания β-каротина. После 30 мин инкубации экстракт показал высокую степень ингибирования перекисного окисления линолевой кислоты ( $IC_{50} = 5.53$  мкг/мл), что связано с высоким содержанием в растении флавоноидов. Этот же экстракт ингибировал рост клеток гепатокарциномы HepG2 примерно на 40% по сравнению с контролем [38].

Хлороформная фракция и сухой остаток метанольного экстракта травы щ. клубковатого в концентрации 400 мкг/мл обладали ингибирующей ксантиноксидазу активностью (98.92%,  $IC_{50} = 23.38$  мкг/мл и 80.86%,  $IC_{50} = 51.49$  мкг/мл соответственно) [32].

***R. crispus* L. – щ. курчавый.** Установлена противовоспалительная активность этанольного экстракта листьев щ. курчавого (экстрагент – 70%-ный этанол) и его фракций на культуре клеток-макрофагов RAW 264.7. Добавление различных концентраций (10, 50, 100, 200 мкг/мл) гексановой, хлороформной, этилацетатной, *n*-бутанольной и водной фракций к липополисахарид-стимулированным макрофагам приводило к увеличению количества жизнеспособных клеток (выживаемость составляла более 90%). Все перечисленные фракции, кроме водной, в концентрации 50 мкг/мл ингибировали продукцию оксида азота (NO) макрофагами, вызванную липополисахаридом. Наибольшей ингибирующей активностью (86.9%) обладала этилацетатная фракция. Этилацетатная фракция в концентрации 50 мкг/мл также в значительной степени подавляла продукцию простагландина PGE<sub>2</sub> и фактора некроза опухоли (на 40%). Авторы связывают данные эффекты с наличием в составе растения полифенольных соединений [39].

Сухой остаток метанольного экстракта травы щ. курчавого в концентрации 400 мкг/мл ингибировал ксантиноксидазу *in vitro* на 81.72% ( $IC_{50} = 37.34$  мкг/мл) [32].

Водный экстракт всего растения в эксперименте в дозе 250 мг/кг подавлял у мышей потерю губчатой костной ткани, стимулировал минерализацию остеообластов, ингибировал дифференциацию остеокластов. Полученные данные говорят о возможности в будущем применять водный экстракт щ. курчавого в комплексной терапии остеопороза [40].

С помощью уравнения Мансура (Mansur equation) была установлена солнцезащитная активность экстрактов корней, листьев и плодов щ. курчавого, полученных экстракцией водно-этанольным (30 : 70) раствором. Рассчитанный SPF (Sun protective factor, солнцезащитный фактор) экстрактов с концентрацией 200 мкг/мл составил 13.568, 15.011 и 15.365 для корней, листьев и плодов соответственно, что позволяет использовать экстракты щ. курчавого в качестве солнцезащитных средств у людей с фототипами III и IV. Кроме того, в этом же исследовании изучалась антиоксидантная активность различных экстрактов корней, листьев

и плодов щ. курчавого и их способность ингибировать матриксные металлопротеиназы (ММП). Было установлено, что в наибольшей степени ингибировали DPPH-радикал этанольные и этанольно-водные (70 : 30) экстракты корней, листьев и плодов (этанольные экстракты: 89.80%, 80.09%, 92.53%; этанольно-водные экстракты: 90.31%, 80.04%, 92.92% соответственно). Экстракты корней лучше всего ингибировали ABTS-радикалы (этанольный экстракт корней в концентрации 800 мкг/мл – на 94.08%, тролокс – на 93.91%). Этанольные и этанольно-водные (70 : 30) экстракты плодов показали наибольший процент ингибирования NO-радикалов, составивший 55.88% (аскорбиновая кислота – 71.89%). Высокую способность ингибировать металлопротеиназы ММП-1, ММП-8 и ММП-13 (85.48%, 87.30%, 89.38% соответственно) показал этанольно-водный экстракт плодов. Полученные данные позволяют сделать вывод о возможности использования экстрактов щ. курчавого в качестве средств, замедляющих старение [41].

***R. cristatus* DC. – щ. гребенчатый** может использоваться в стоматологии для фотоактивной дезинфекции полости рта. Водный экстракт листьев щ. гребенчатого в концентрации 0.26 г/мл подавлял рост *Streptococcus mutans* на 99% после облучения светом при длине волны 430–480 нм, в то время как простое облучение светом не дало результата [42].

***R. cyprius* Murb. – щ. кипрский.** Установлена антиоксидантная активность метанольного экстракта травы щ. кипрского в тесте сDPPH, а также активность в отношении грибов *Syncephalastrum racemosum* (диаметр зоны ингибирования больше, чем у стандарта) и *Aspergillus fumigatus* и бактерий *Escherichia coli*, *S. pneumonia* [43].

Другое исследование антиоксидантной активности щ. кипрского показало, что метанольный экстракт листьев данного растения обладает сопоставимой с тролоксом способностью ингибировать свободные радикалы (IC<sub>50</sub> экстракта составила 5.07 мкг/мл, тролокса – 5.10 мкг/мл) [44].

***R. dentatus* L. – щ. зубчатый.** Метанольный экстракт травы щ. зубчатого демонстрировал наивысшую противовирусную активность по сравнению с этанольным, бензольным, хлороформным и н-гексановым извлечениями, ингибируя репликацию вируса денге DENV-2 с IC<sub>50</sub> = 0.154 мг/мл и 0.234 мг/мл при добавлении к клеткам до заражения их 45 и 90 бляшкообразующими единицами (БОЕ) соответственно. Однако все экстракты были имели лишь профилактический эффект против DENV-2, при добавлении их к клеткам через 6 ч после инфицирования терапевтический эффект отсутствовал [45].

Хлороформный и метанольный экстракты листьев обладают наивысшей антипролиферативной активностью (IC<sub>50</sub> = 83 мкг/мл и 111 мкг/мл соответственно через 48 ч) по сравнению с другими экстрактами листьев данного растения (этанольным, бензольным, н-гексановым) и останавливают клеточный цикл и индуцируют апоптоз раковых клеток груди; эффект является дозо- и временезависимым [46].

Метанольный экстракт всего растения обладает антибактериальной активностью против *S. aureus*, *Bacillus bronchiseptica*, *Micrococcus luteus* с зонами ингибирования роста 8±1 мм, 7±0.12 мм и 9±1.4 мм соответственно. Кроме того, экстракт обладает высокой антиоксидантной активностью (12.13±1.32 мкг GAE/мг сухого вещества) благодаря высокому содержанию фенольных соединений [47].

Исследовалась антимикробная активность метанольного экстракта листьев и побегов щ. зубчатого против различных штаммов *Pseudomonas aeruginosa*, выделенных из ожоговых ран и мочи больных. Наибольшие диаметры зоны ингибирования были установлены при концентрации экстракта 200 мг/мл: 22.43 мм (штаммы из ожоговых ран) и 22.86 мм (штаммы из мочи). Минимальная подавляющая и бактерицидная концентрации были схожи для всех штаммов: МПК = 25 мг/мл, МБК = 50 мг/мл [48].

Метанольный экстракт растения обладает гепатопротективным эффектом. Экстракт в дозе 500 мг/кг перорально оказался сопоставим с эталонным препаратом силимарином (50 мг/кг перорально): назначение его мышам за 3 часа перед введением им парацетамола в дозе 250 мг/кг приводило к снижению концентраций печеночных ферментов в крови на 50–60% и к нормализации гистологической картины печени в течение 7 дней. Среди обнаруженных в экстракте соединений гепатопротективный эффект был выявлен у флавоноидов мирицетина, кверцетина и кемпферола [49].

Изучалась гепато- и нефропротекторная активность этанольных экстрактов листьев и стеблей щ. зубчатого (экстрагент – 80% этанол) на крысах-самцах Вистар при поражении четыреххлористым углеродом (0.5 мл/кг интраперитонеально). Экстракты в дозе 200 мг/кг (перорально ежедневно в течение 6 недель) оказывали эффекты, сопоставимые с действием стандартного препарата силимарина (100 мг/кг перорально ежедневно в течение 6 недель): восстанавливали уровни лактатдегидрогеназы (ЛДГ) и сукцинатдегидрогеназы (СДГ), снижали концентрации АлАТ, АсАТ, ЩФ, гамма-глутамилтрансферазы, мочевины и креатинина, а также маркеров воспаления (интерлейкинов IL-2 и IL-6, фактора некроза опухоли-альфа (ФНО-α), С-реактивного белка) в

крови. Вероятно, за данные свойства отвечают антрахиноны (эмодин, хризофановая кислота, 1,5-дигидрокси-3-метилантрахинон) и флавоноиды (катехин, гликозиды кверцетина) в составе растения [50].

**R. hastatus D. Don. – щ. раскидистый.** Метанольный экстракт листьев в дозировке 200 мг/кг снижал гепатотоксичность тетрахлорметана у мышей, уменьшая концентрации печеночных ферментов в крови и повреждение клеток печени, а также улучшал антиоксидантный статус, повышая активность антиоксидантных ферментов [51].

Хлороформная фракция метанольного экстракта травы щ. раскидистого показала наивысшую цитотоксическую активность против клеток линий HeLa ( $IC_{50} = 151.50$  мкг/мл) и NIH/3T3 ( $IC_{50} = 53.37$  мкг/мл) по сравнению с н-гексановой, этилацетатной и водной фракциями. Компонентами, ответственными за данный эффект и идентифицированными методом газовой хроматографии масс-спектрологии (ГХ-МС) в хлороформной фракции, являются фитол, дигидрожасмон, этил- $\alpha$ -D-глюкопиранозид, антрацендион, нонивамид, силан, эйкозанол, аристон, 2-этилтио-2-этокси-3-оксо-N-фенилбутанамид и ситостенон [52].

Эфирное масло из надземной части щ. раскидистого проявляло антихолинэстеразную и антиоксидантную (против радикалов DPPH и ABTS) активность, что может быть полезно в дальнейшем при разработке препаратов для борьбы с оксидативным стрессом и нейродегенеративными заболеваниями [53].

Метанольный экстракт корней и гексановая, хлороформная, этилацетатная, н-бутанольная и водная фракции показали в эксперименте антибактериальную активность с МПК от 0.1 мг/мл (этилацетатная фракция против *B. subtilis*; метанольный экстракт, этилацетатная, хлороформная и водная фракции против *Salmomella typhy*; экстракт и все фракции против *P. aeruginosa*) до 10 мг/мл (гексановая фракция против *Klebsiella pneumoniae*), а также противогрибковую активность (процент ингибирования составил от 20.4 до 63.8% против *Aspergillus niger*, 23.6–69.4% против *Aspergillus flavus*, 15.5–51.3% против *A. fumigatus* и 14.1–34.9% против *Fusarium solani*). Было проведено также исследование цитотоксичности экстракта и фракций на солоноводных креветках (brine shrimp lethality bioassay). Наименьшая летальная доза составила 15.4 ppm для н-бутанольной фракции. В скрининге противоопухолевой активности на картофельных дисках была установлена способность метанольного экстракта подавлять рост опухоли при  $IC_{50} = 60$  ppm. Исследования подтверждают, что щ. раскидистый может быть в дальнейшем использован для получения антибактериальных и противоопухолевых средств [54].

**R. hydrolaphatum Huds. – щ. прибрежный.** Сухой остаток метанольных экстрактов листьев и корней показали значительную (свыше 90%) ингибирующую активность в отношении ксантиноксидазы.  $IC_{50}$  экстракта листьев составила 73.83 мкг/мл, экстракта корней – 25.40 мкг/мл [32].

**R. japonicas Houtt. – щ. японский.** Установлена значительная дозо- и времязависимая антипролиферативная активность фисцион-8-O- $\beta$ -глюкопиранозид, выделенного из щ. японского, в отношении клеточной линии A549 ( $IC_{50}$  составила 53.01 мкг/мл через 24 ч и 27.31 мкг/мл через 48 ч). Полученное соединение вызывает остановку клеточного цикла в фазе G<sub>2</sub>/M (то есть в премитотической фазе митоза) и индуцирует апоптоз [55].

Выявлена способность этанольного экстракта корней щ. японского стимулировать рост волос у черных мышей C57BL/6. При ежедневном нанесении экстракта в концентрации 8 мг/мл на бритые спины мышей через 25 дней волосяной покров почти полностью восстановился у всех мышей, кроме трех, в то время как в контрольной группе рост шерсти был выражен в меньшей степени. Было также установлено, что экстракт корней увеличивает соотношение количества волос в фазе анагена к количеству волос в фазе телогена, что говорит об увеличении толщины кожи и количества, размера и длины волосяных фолликулов. Механизм действия экстракта корней щ. японского связан с индуцированием им экспрессии ферментов ERK1/2 и Akt в клетках человеческого дермального сосочка и человеческих кератиноцитах. Данные ферменты – киназы стимулируют пролиферацию клеток дермального сосочка, способствуя таким образом росту волос [56].

Установлено, что выделенный из щ. японского фисцион-8-O- $\beta$ -D-глюкопиранозид в значительной степени способен угнетать высвобождение ФНО- $\alpha$  из клеток мышинных макрофагов RAW264.7, а также в дозировке 40 мг/кг улучшать жизнеспособность мышей после введения им летальных доз липополисахарида и убитых жаром *E. coli*, что позволяет предположить наличие противосептической активности [57].

Ацетоновая фракция этанольного экстракта травы щ. японского в дозах 50, 100 и 200 мкг/мл улучшала в эксперименте выживаемость миокардиальных клеток линии H9c2, сниженную после добавления к ним пероксида водорода, способствовала уменьшению концентраций ЛДГ и креатининкиназы и повышению концентраций супероксиддисмутазы (СОД), каталазы и малонового диальдегида в клетках. Таким образом,



экстракт травы щ. японского ингибирует оксидативный стресс и замедляет апоптоз в клетках миокарда, вызванные пероксидом водорода [58].

Экстракт корней щ. японского, полученный экстракцией 95%-ным этанолом и содержащий 30% нафталинового производного неподина, в концентрации 5 мг/мл ингибировал образование биопленок *Candida albicans* на 85%, а в концентрации 10 мг/мл практически полностью остановил формирование биопленок *C. albicans* в 96-луночных полистироновых планшетах. В концентрации от 2 до 10 мг/мл экстракт уменьшал плотность и толщину биопленок. Таким образом, богатые неподином растения могут использоваться для борьбы с биопленками, образуемыми *C. albicans* [59].

***R. lunaria* L. – щ. луновидный.** Метанольный экстракт листьев в концентрации 1 мг/мл ингибирует реакцию гликилирования бычьего сывороточного альбумина на  $61.2 \pm 0.6\%$  после 5 дней инкубации, что может в будущем дать возможность использовать экстракт щ. луновидного для лечения связанных с гипергликемией состояний [60].

***R. maritimus* L. – щ. приморский.** Обнаружена антибактериальная и антирадикальная активность метанольного экстракта всего растения, а также подтверждено наличие у растения антидиарейных свойств. Экстракт в концентрации 500 мкг/диск подавлял рост грамположительных (*Streptococcus agalactiae*, *Staphylococcus saprophyticus*) и грамотрицательных (*Shigella dysenteriae*) бактерий, показывая узкую зону ингибирования. Антирадикальная активность в отношении DPPH-радикала ( $IC_{50} = 80$  мкг/мл, максимум ингибирования при концентрации 500 мкг/мл) оказалась сопоставима с активностью аскорбиновой кислоты ( $IC_{50} = 7$  мкг/мл). По сравнению со стандартным препаратом – лоперамидом в дозе 3 мг/кг метанольный экстракт щ. приморского (250 мг/кг) показал более слабую закрепляющую активность при диарее, вызванной касторовым маслом у мышей; эффект экстракта в дозе 500 мг/кг был сопоставим со стандартом. Антидиарейное и антибактериальное действие могут оказывать танины и алкалоиды в составе щ. приморского. Полученные данные подтверждают применение растения в народной медицине [61].

***R. nepalensis* Spreng. – щ. непальский.** Установлена высокая антибактериальная активность ацетонного экстракта листьев в отношении *Salmonella spp.*, *S. aureus*, *E. coli* (зоны ингибирования от 9 до 12 мм) с низкими МПК и МБК (до 12 мг/мл против штаммов, изолированных с рук работников здравоохранения и общественного питания) [62].

***R. nervosus* Vahl.** Метанольные экстракты листьев и стеблей показали ингибирующую активность в отношении уреазы (значения  $IC_{50}$  составили 17.5 и 29.6 мкг/мл соответственно). Среди фракций данного экстракта значительной уреазингибирующей активностью обладали метанольные фракции листьев ( $IC_{50} = 21.9$  мкг/мл) и стеблей ( $IC_{50} = 21.5$  мкг/мл) и этилацетатные фракции стеблей и листьев [63].

Была установлена антибактериальная активность водного экстракта травы растения против грамположительных (MRSA, *Enterococcus faecalis*) бактерий в разведении экстракта 1 : 4. Этанольный и гексановый экстракты были активны в отношении *S. aureus* (МБК = 50 мг/мл для обоих экстрактов), MRSA (МБК = 25 мг/мл для этанольного и 10 мг/мл для гексанового экстракта), *E. faecalis* (МБК = 10 мг/мл). Гексановый экстракт травы был также активен против *E. coli* (МБК = 50 мг/мл) и грибов *C. albicans* (МБК = 10 мг/мл) [64].

Метанольный экстракт листьев в концентрациях 250–500 мкг/мл в исследовании противовоспалительной активности *in vitro* подавлял продукцию оксида азота и простагландина  $E_2$  благодаря способности снижать экспрессию белков, ответственных за синтез этих провоспалительных медиаторов [65].

Исследовалась антиоксидантная активность метанольных экстрактов листьев и стеблей в тестах с ABTS, DPPH, супероксидным радикалом, тесте FRAP (железовосстанавливающей антиоксидантной способности) и хелатирующей способности с ионом железа  $Fe^{2+}$ . DPPH-радикал-ингибирующая активность и FRAP экстрактов оказалась выше, чем у стандарта – бутилгидрокситолуола (ВНТ). Известно, что за антиоксидантную активность ответственны полифенольные компоненты, в частности флавонолы [66].

***R. obtusifolius* L. – щ. туполистный.** Обнаружена ингибирующая ксантинооксидазу активность подвита щ. туполистного *R. obtusifolius* subsp. *subalpinus* (Schur) Rech. fil. Сухой остаток метанольного экстракта травы в концентрации 400 мкг/мл ингибировала ксантинооксидазу на 92.11% ( $IC_{50} = 33.62$  мкг/мл) [32].

Экстракт семян, полученный настаиванием их в системе растворителей этилацетат – метанол – вода очищенная (6 : 3 : 1), показал высокую противогрибковую активность против *Candida glabrata* (n=6) и *C. Albicans* (n = 34) с наивысшей зоной ингибирования против *C. albicans*, составившей  $18 \pm 2.0$  мм, и МПК = 100–150 мг/мл [67].

Противогрибковой активностью обладает и экстракт листьев щ. туполистного (экстрагент – смесь растворителей этилацетат – метанол – вода очищенная в отношении 6 : 3 : 1). Экстракт в концентрации

400 мг/мл ингибировал рост *C. albicans* (зона ингибирования – 13 мм) и *C. glabrata* (11 мм), значения МПК составляли от 200 до 250 мг/мл. Этот же экстракт показал антирадикальную в отношении DPPH-радикала ( $IC_{50} = 25.50$ ) и восстанавливающую активность (91.39%) [68].

***R. occidentalis* S. Watson – щ. западный.** Проведенное в 2014 году рандомизированное двойное слепое плацебо-контролируемое клиническое исследование эффективности и безопасности крема с 3%-ным содержанием экстракта растения при мелазме было установлено, что результат сопоставим с эффектом крема с 4%-ным содержанием гидрохинона, стандартного средства для лечения гиперпигментации [69].

***R. patientia* L. – щ. шпинатный.** Изучалось влияние водного и этанольного (70%) экстрактов семян щ. шпинатного на массу органов, биохимические и гематологические параметры крыс Спрег-Доули обоих полов. После ежедневного (6 дней в неделю) назначения крысам водного или этанольного экстрактов в дозах 2 г/кг и 4 г/кг в течение 14 недель и последующего восстановительного периода (15 дней) были установлены значительные гистопатологические изменения в печени, легких и почках: в органах наблюдались воспалительные инфильтраты, некроз, стеатоз и отек. Этанольный экстракт в дозе 4 г/кг вызывал необратимые изменения в яичках, придатках и селезенке у крыс-самцов. Патологические изменения, вызванные остальными исследованными экстрактами, были обратимы, и все показатели вернулись в норму после 15-дневного восстановительного периода. В общем самцы были более подвержены негативному воздействию экстрактов. Возможно, водные экстракты обладали более мягким действием из-за меньшей концентрации антрахинонов в них [70].

Хлороформная фракция и сухой остаток метанольных экстрактов цветков и корней щ. шпинатного в концентрации 400 мкг/мл показали значительную ингибирующую активность в отношении ксантиноксидазы ( $IC_{50} = 27.63, 18.87, 97.61$  и  $60.02$  мкг/мл для хлороформной фракции и сухого остатка экстракта цветков и хлороформной и сухого остатка экстракта корней соответственно) [32].

Пациентозиды А и В, выделенные из щ. шпинатного, в концентрации 10 мкмоль значительно ингибировали продукцию IL-6 мезангиоцитами при стимуляции клеток высокими дозами глюкозы. Кроме того, пациентозид А ингибировал продукцию коллагена IV и фибронектина в концентрации 10 мкмоль. Эти данные говорят о возможности применения полученных соединений в комплексной терапии диабетической нефропатии [71].

***R. pulcher* L. – щ. красивый.** Этанольные экстракты листьев, корней и травы, собранные в весенний период и период цветения, показали антиоксидантную активность против радикалов DPPH и ABTS, а также способность хелатировать металлы. Необходимо отметить, что более активен был экстракт растений, собранных весной, в то время как содержание фенольных соединений, ответственных за проявление антиоксидантного действия, было выше в растениях, собранных в период цветения [72].

Сухой остаток метанольного экстракта всего растения ингибировал ксантиноксидазу *in vitro* на 96.24% ( $IC_{50} = 51.72$  мкг/мл) [32].

***R. spinosus* L. (син. *Emex spinosa* (L.) Campd.) – щ. колючий.** Этилацетатные фракции спирто-водных извлечений надземной и подземной частей в дозировке 100 мг/кг уменьшали каррагинан-индуцированный отек лап у мышей эффективнее, чем дексаметазон в дозировке 10 мг/кг, благодаря наличию фенольных и флавоноидных соединений. Кроме того, методом газовой хроматографии выявлено наличие в этилацетатной фракции надземной части пальмитиновой и линолевой кислот, известных противовоспалительными и анальгезирующими свойствами [73].

Установлена антибактериальная активность 50 мкл метанольного экстракта травы щ. колючего (концентрация 10 мг/мл, растворитель — диметилсульфоксид) в отношении грамположительных (*Bacillus cereus*) и грамотрицательных бактерий (*Proteus vulgaris*, *K. pneumoniae*), диаметр зон ингибирования составил от 8 до 10 мм; антифунгальная активность в отношении *Fusarium moniliforme* (зона ингибирования 11 мм) [74].

***R. stenophyllus* Ledeb. – щ. узколиственный.** Сухой остаток метанольного экстракта цветков и плодов щ. узколистного ингибировал ксантиноксидазу *in vitro* на 99.94%; концентрация полумаксимального ингибирования составила 27,28 мкг/мл [32].

***R. thyrsoflorus* Fingerh. – щ. пирамидальный.** Сухой остаток метанольных экстрактов травы и корней в значительной степени ингибируют ксантиноксидазу (более чем на 95%) с  $IC_{50} = 78.45$  мкг/мл у экстракта травы и 39.25 мкг/мл у экстракта корней [32].

***R. vesicarius* L. – щ. пузырчатый.** Исследование цитотоксичности экстрактов щ. пузырчатого на солоноводных креветках показало, что этилацетатный экстракт листьев вызывал гибель креветок с  $LC_{50} = 47.98$  мкг/мл; этанольный экстракт листьев – с  $LD_{50} = 147.05$  мкг/мл. Экстракты листьев щ. пузырчатого также оказывали дозозависимый цитотоксический эффект на клетки линий HT-29 ( $IC_{50} = 54.81$  мкг/мл у

этилацетатного экстракта и  $IC_{50} = 118.66$  мкг/мл у этанольного экстракта) и РС-3 ( $IC_{50} = 70.90$  мкг/мл и 94.63 мкг/мл), что говорит о потенциальной возможности применения их в качестве противораковых агентов [75].

Метанольный экстракт всего растения обладает гепатопротективной активностью при индуцированном четыреххлористым углеродом поражении печени у крыс Вистар. Экстракт в дозе 200 мг/кг перорально показал значительное снижение концентраций печеночных ферментов (АлАТ, АсАт, ЩФ), а также улучшил гистологическую картину печени до нормального состояния [76].

Кроме того, метанольный экстракт всего растения минимизирует у взрослых крыс-альбиносов поражение печени, вызванное однократным приемом малаиона в концентрации 250 мг/мл. При назначении крысам малаиона и последующем ежедневном введении им через желудочный зонд экстракта щ. пузырчатого в дозе 200 мг/кг через 28 дней в гепатоцитах не наблюдалось других гистологических изменений, кроме пикнотических ядер и вакуолизированной цитоплазмы в некоторых клетках. Кроме того, увеличение концентраций печеночных ферментов у крыс, получавших лечение экстрактом, было менее значительным, чем у крыс, получавших только малаион. Гепатопротекторный эффект щ. пузырчатого может быть объяснен его антиоксидантными и противовоспалительными свойствами, предотвращающими перекисное окисление липидов и поражение ДНК гепатоцитов [77].

Противовоспалительная активность метанольного экстракта щ. пузырчатого проявилась в уменьшении у крыс отека, вызванного каррагинаном, через 3 ч на 41.095 и 46.575% при назначении перорально в дозах 100 мг/кг и 200 мг/кг соответственно (стандарт – диклофенак натрия в дозе 10 мг/кг – уменьшал отек на 57.534%). В исследовании противовоспалительной активности экстракта *in vitro* был установлен зависимый от концентрации эффект ингибирования денатурации белков (на 76% в концентрации 1000 мкг/мл, диклофенак натрия – на 94% в той же концентрации), которая является причиной воспаления, и мембраностабилизирующий эффект эритроцитов, также зависимый от концентрации (процент стабилизации в концентрации 1 мг/мл составил 72.143% для экстракта и 97.809% для стандарта). Были проведены также исследования токсичности метанольного экстракта. В дозах 100 и 200 мг/кг у крыс не было замечено каких-либо симптомов интоксикации; в дозе 1 г/кг у животных наблюдалась потеря аппетита, в дозе 2 г/кг – потеря аппетита, пилоэрекция, гиподинамия, увеличение концентраций ЩФ и АсАТ в крови по сравнению с контрольной группой. Ни одна из исследованных дозировок не вызвала смерти животных [78].

Щ. пузырчатый может быть эффективен при нефропатии. Этанольный экстракт растения показывает дозозависимый эффект против гентамицин-индуцированной нефротоксичности. В дозах 200 мг/кг и 400 мг/кг щ. пузырчатый значительно уменьшает концентрации сывороточного креатинина, мочевины, мочевой кислоты и азота мочевины крови у крыс при назначении перорально [79].

При изучении антиоксидантной активности экстрактов разных частей щ. пузырчатого было выявлено, что этанольный экстракт семян в наибольшей степени способен захватывать свободные радикалы (АВТС-радикал и супероксидный радикал) по сравнению с этанольными экстрактами цветков, листьев и стеблей данного растения. Скрининг антибактериальной активности показал, что этанольные экстракты семян, листьев, цветков и стеблей щ. пузырчатого в значительной степени ингибируют рост *E. coli* и *P. aeruginosa* (зоны ингибирования  $12 \pm 0.4$  мм и  $12 \pm 0.5$  мм соответственно при концентрации экстракта семян 50 мг/мл<sup>-1</sup>) и в умеренной степени – *S. aureus*, *B. subtilis*, *Salmonella typhimurium* [80].

Исследовались также антиоксидантные свойства этанольных экстрактов листьев щ. пузырчатого, полученных разными способами: классической экстракцией, экстракцией с помощью ультразвука и экстракцией в аппарате Сокслета. Было установлено, что наибольшей антиоксидантной активностью обладает экстракт, полученный последним способом (в аппарате Сокслета). Данный экстракт наиболее эффективно ингибировал гидроксильные радикалы (181.52 мкг/мл) и хлорноватистую кислоту (157.43 мкг/мл), захватывал супероксидные радикалы ( $IC_{50} = 208.56$  мкг/мл) и DPPH-радикалы ( $IC_{50} = 116.54$  мкг/мл), а также обладал наивысшей хелатирующей способностью (61.35 мг ЭДТА/г сухого сырья). Активность против супероксидных радикалов и хлорноватистой кислоты оказалась выше, чем у стандартов (кверцетин ( $IC_{50} = 287.95$  мкг/мл) и аскорбиновой кислоты ( $IC_{50} = 143.39$  мкг/мл) соответственно). Экстракт, полученный экстракцией в аппарате Сокслета, также содержал наибольшее количество фенольных соединений, чем остальные экстракты [81].

Метанольный экстракт травы щ. пузырчатого (концентрация 10 мг/мл в диметилсульфоксиде) при добавлении к культурам микроорганизмов в объеме 50 мкл показал антибактериальную активность против *B. cereus*, *K. pneumoniae*, *P. vulgaris*, *S. aureus*, *Micrococcus roseus* (зоны ингибирования от 8 до 9 мм), *P. aeruginosa* и *Serratia marcescens* (зоны ингибирования от 10 до 12 мм), а также антифунгальную активность против *F. moniliforme* (зона ингибирования 12 мм) [74].

Назначение крысам-самцам Вистар метанольного экстракта травы щ. пузырчатого в дозе 400 мг/кг при гепатоцеллюлярной карциноме, вызванной N-нитрозодиэтиламино, приводило к снижению концентраций в сыворотке крови печеночных ферментов (на 22.83–38.21%) и онкомаркеров (на 11.75–57.5%) по сравнению с группой крыс, не получавших лечение. Кроме того, в ткани печени крыс после лечения экстрактом наблюдались лишь единичные воспалительные клетки. Полученные данные говорят о наличии у щ. пузырчатого гепатопротективных свойств [82].

Метанольный экстракт листьев обладал антидиарейным действием при вызванной касторовым маслом диарее у крыс. Экстракт в дозе 400 мг/кг интраперитонеально уменьшал количество дефекаций на 66.3%, продвижение содержимого по тонкой кишке – на 45% (атропин в дозе 3 мг/кг интраперитонеально – на 74.3% и 57% соответственно); при приеме экстракта внутрь в той же дозе вес кишечного содержимого сокращался на 49.3% (при назначении атропина – на 24.4%). Механизм антидиарейного эффекта экстракта щ. пузырчатого может быть связан с ингибированием секреции воды в просвет кишечника путем блокады хлоридных каналов. Среди биологически активных веществ, отвечающих за антидиарейные свойства растений, выделяют алкалоиды, тритерпеноиды, танины, флавоноиды, фенолы, камеди, углеводы и слизи, содержащиеся в щ. пузырчатом [83, 84].

Кроме того, была выявлена антиирритантная активность метанольного экстракта листьев щ. пузырчатого. Экстракт в концентрации 100 мг/мл значительно уменьшал покраснение и размер эритемы при раздражении кожи наждачной бумагой (на 94.42%), натрия лаурилсульфатом (90%), фенолом (94.23%) и гистамином (88.46%) в течение 3 мин (дексаметазон как стандарт – в течение 1 мин). Данное действие связывают с танинами, которые при местном применении обладают вяжущим, заживляющим, антиэкссудативным, противовоспалительным, антисептическим, анестезирующим и антиоксидантным свойствами [85].

В таблице обобщена информация по видам биологической активности растений рода *Rumex*, обнаруженным за период 2014–2019 гг.

Фармакологическая активность, обнаруженная у экстрактов различных видов щавелей за последние 5 лет (2014–2019 гг.)

Наименование растения	Орган растения, экстрагент	Обнаруженная фармакологическая активность
1	2	3
<i>R. abyssinicus</i> Jacq. – щ. абиссинский	корневища, метанол корни; этанол	хемопреventивная [22], ранозаживляющая, противовоспалительная [23] антибактериальная [24]
<i>R. acetosa</i> L. – щ. кислый	все растение; 70% этанол трава; ацетон – вода 7 : 3 листья; 60%-ный этанол листья; метанол все растение; метанол трава; метанол	антигипертензивная, вазодилатирующая [26] ингибирование адгезии <i>P. Gingivalis</i> к клеткам [27] повышение жизнеспособности нормальных клеток, антирадикальная [28] антигипертензивная, вазодилатирующая [25] противорвотная, спазмолитическая [31] ингибирование ксантиноксидазы [32]
<i>R. acetosella</i> L. – щ. воробьиный	листья; ацетон – вода – уксусная кислота 70 : 29.5 : 0,5 все растение; метанол	антирадикальная [33] ингибирование ксантиноксидазы [32]
<i>R. alpinus</i> L. – щ. альпийский	цветки и плоды, листья, корни; метанол	ингибирование ксантиноксидазы [32]
<i>R. alveolatus</i> Losinsk. – щ. яченстый	трава; 70% этанол	гепатопротекторная [34]
<i>R. aquaticus</i> L. – щ. водный	трава; этанол надземная часть, корни; метанол	цитопротективная [36] антибактериальная [37]
<i>R. conglomeratus</i> Murray – щ. клубковатый	листья; 70% этанол трава; метанол	противоопухолевая, антиоксидантная [38] ингибирование ксантиноксидазы [32]
<i>R. crispus</i> L. – щ. курчавый	листья; 70% этанол трава; метанол все растение; вода корни, листья, плоды; этанол – вода 70 : 30	противовоспалительная [39] ингибирование ксантиноксидазы [32] антиостеопоротическое [40] солнцезащитная, антиоксидантная, ингибирование матриксных металлопротеиназ [41]

Продолжение таблицы

1	2	3
<i>R. cristatus</i> DC. – щ. гребенчатый	листья; вода	антибактериальная [42]
<i>R. cyprius</i> Murb. – щ. кипрский	трава; метанол листья; метанол	антирадикальная, противогрибковая [43] антирадикальная [44]
<i>R. dentatus</i> L. – щ. зубчатый	трава; метанол листья; хлороформ листья; метанол все растение; метанол  листья и побеги; метанол листья и стебли; 80% этанол	противовирусная [45] антипролиферативная [46]  антибактериальная [47], гепатопротективная [49] антибактериальная [48] гепатопротекторная, нефропротекторная [50]
<i>R. hastatus</i> D. Don. – щ. раскидистый	листья; метанол трава; метанол эфирное масло корни; метанол	гепатопротекторная [51] цитотоксическая [52] антихолинэстеразная, антирадикальная [53] антибактериальная, цитотоксическая [54]
<i>R. hydrolaphatum</i> Huds. – щ. прибрежный	листья и корни; метанол	ингибирование ксантиноксидазы [32]
<i>R. japonicus</i> Houtt. – щ. японский	корни; этанол корни; 95% этанол трава; этанол	стимулирование роста волос [56] противогрибковая [59] цитопротекторная [58]
<i>R. lunaria</i> L. – щ. луновидный	листья; метанол	антигипергликемическая [60]
<i>R. maritimus</i> L. – щ. приморский	все растение; метанол	антибактериальная, антирадикальная [61]
<i>R. nepalensis</i> Spreng. – щ. непальский	листья; ацетон	антибактериальная [62]
<i>R. nervosus</i> Vahl.	листья и стебли; метанол  листья; метанол трава; вода, этанол, гексан трава; гексан	ингибирование уреазы [63], антирадикальная [66]  противовоспалительная [65] антибактериальная [64] противогрибковая [64]
<i>R. obtusifolius</i> L. – щ. туполистный	трава; метанол семена; этилацетат – метанол – вода очищенная 6 : 3 : 1 листья; этилацетат – метанол – вода очищенная 6 : 3 : 1	ингибирование ксантиноксидазы [32] противогрибковая [67]  противогрибковая [68]
<i>R. occidentalis</i> S. Watson – щ. западный	крем с 3% содержанием экстракта растения	депигментирующая [69]
<i>R. patientia</i> L. – щ. шпинатный	цветки, корни; метанол	ингибирование ксантиноксидазы [32]
<i>R. pulcher</i> L. – щ. красивый	все растение; метанол листья, корни, трава; этанол	ингибирование ксантиноксидазы [32] антирадикальная [72]
<i>R. spinosus</i> L. – щ. колючий	надземная часть, корни; этанол трава; метанол	противовоспалительная [73] антибактериальная, противогрибковая [74]
<i>R. stenophyllus</i> L. – щ. узколистный	цветки и плоды; метанол	ингибирование ксантиноксидазы [32]
<i>R. thyrsiflorus</i> Fingerh. – щ. пирамидальный	трава, корни; метанол	ингибирование ксантиноксидазы [32]
<i>R. vesicarius</i> L. – щ. пузырчатый	листья; этилацетат, этанол все растение; метанол  все растение; этанол семена, листья, цветки, стебли; этанол листья; этанол листья; метанол трава; метанол	цитотоксическая [75] гепатопротекторная [76, 77] противовоспалительная [78] нефропротекторная [79] антирадикальная, антибактериальная [80] антирадикальная [81] антидиарейная [83], антиирритантная [85] антибактериальная, противогрибковая [74], гепатопротекторная [82]

Обобщение приведенных данных показало, что в настоящее время экспериментально доказаны новые виды терапевтической активности (депигментирующей, антигипертензивной, противоопухолевой, противогрибковой, антибактериальной и др.) извлечений из растений рода *Rumex* L. Наиболее изученными являются виды *R. acetosa*, *R. crispus*, *R. dentatus*, *R. nervosus*, *R. obtusifolius*, *R. vesicarius*. Сведения о действующих

веществах и механизме проявления биологического эффекта носят фрагментарный характер. Химический состав изучен в основном для официальных видов. Ряд растений – *R. alveolatus*, *R. aquaticus*, *R. conglomeratus*, *R. hastatus*, *R. lunaria*, *R. japonicus*, *R. maritimus*, *R. occidentalis* и др. – являются перспективными для дальнейшего изучения и разработки новых фитопрепаратов с гепатопротекторным, цитопротективным, антибактериальным, антигипергликемическим, депигментирующим действием.

### Список литературы

1. Гончаров М.Ю., Повыдыш М.Н., Яковлев Г.П. Систематика цветковых растений: учебное пособие. СПб., 2015. 176 с.
2. Тахтаджян А.Л. Система магнолиофитов. Л.: Наука, 1987. 439 с.
3. Бородина А.Е. Основные направления эволюции в роде щавель *Rumex* L. (Polygonaceae) и его система // Ботанический журнал. 1979. Т. 64. №4. С. 541–553.
4. Толмачев А.И. Арктическая флора СССР. Л., 1966. Вып. 5. 207 с.
5. Буданцев А.Л., Лесиовская Е.Е. Дикорастущие полезные растения России. СПб., 2001. 663 с.
6. Vasas A., Orbán-Gyapai O., Hohmann J. The Genus *Rumex*: Review of traditional uses, phytochemistry and pharmacology // Journal of ethnopharmacology. 2015. Vol. 175. Pp. 198–228. DOI: 10.1016/j.jep.2015.09.001.
7. Gerard J. The Herball, Or Generall Historie of Plantes. London: John Norton, 1597. 1461 p. DOI: 10.5962/bhl.title.51606.
8. Федосеева Л.М., Кутателадзе Г.П. Изучение некоторых фенольных соединений надземной части щавеля кислого, произрастающего на территории Алтайского края // Химия растительного сырья. 2017. №4. С. 91–96. DOI: 10.14258/jcprm.2017041861.
9. Allen D.E., Hatfield G. Medicinal plants in folk tradition: an ethnobotany of Britain & Ireland. Portland: TimberPress, 2004. 431 p. DOI: 10.1021/np030766n.
10. Harshaw D., Nahar L., Vadla B., Saif-E-Naser G.M., Sarker S.D. Bioactivity of *Rumex obtusifolius* (Polygonaceae) // Archives of Biological Sciences. 2010. Vol. 62. N2. Pp. 387–392. DOI: 10.2298/ABS1002387H.
11. Mishra A.P., Sharifi-Rad M., Shariati M.A., Mabkhot Y.N., Al-Showiman S.S., Rauf A. et al. Bioactive compounds and health benefits of edible *Rumex* species – A review // Cellular and Molecular Biology. 2018. Vol. 64. N8. Pp. 27–34. DOI: 10.14715/cmb/2018.64.8.5.
12. Государственная фармакопея Российской Федерации. XIV издание. М., 2018. Т. 4. 1844 с.
13. Куркин В.А. Фармакогнозия: учебник для студентов фармацевтических вузов. Самара, 2007. 1239 с.
14. Upton R., Graff A., Jolliffe G., Langer R., Williamson E. American Herbal Pharmacopoeia: Botanical Pharmacognosy – Microscopic Characterization of Botanical Medicines. Taylor & Francis, 2011. 733 p. DOI: 10.1201/b10413.
15. Willoughby M.J., Mills S., British Herbal Medicine Association. Scientific Committee. British herbal pharmacopoeia. British Herbal Medicine Association, 1996. 212 p.
16. Shaikh S., Shriram V., Srivastav A., Barve P., Kumar V. A critical review on Nepal Dock (*Rumex nepalensis*): A tropical herb with immense medicinal importance // Asian Pacific Journal of Tropical Medicine. 2018. Vol. 11. N7. Pp. 405–414. DOI: 10.4103/1995-7645.237184.
17. Abdullah S.T. Hamid H., Alam M.S., Ansari S.H., Ali M. Two new phytoconstituents from *Rumex maritimus* // Indian Journal of Chemistry. 2008. Vol. 47. N4. Pp. 619–622.
18. Zhang H., Guo Z., Wu N., Xu W., Han L., Li N., Han Y. Two novel naphthalene glucosides and an anthraquinone isolated from *Rumex dentatus* and their antiproliferation activities in four cell lines // Molecules. 2012. Vol. 17. N1. Pp. 843–850. DOI: 10.3390/molecules17010843.
19. Zhu J.J., Zhang C.F., Zhang M., Bligh S.W.A., Yang L., Wang Z.M., Wang Z.T. Separation and identification of three epimeric pairs of new C-glucosyl anthrones from *Rumex dentatus* by on-line high performance liquid chromatography–circular dichroism analysis // Journal of Chromatography A. 2010. Vol. 1217. Pp. 5384–5388. DOI: 10.1016/j.chroma.2010.05.039.
20. Оленников Д.Н., Кашенко Н.И. Полисахариды. Современное состояние изученности: экспериментально-наукOMETрическое исследование // Химия растительного сырья. 2014. №1. С. 5–26. DOI: 10.14258/jcprm.1401005.
21. Geiger P.L. Weitere Erfahrungen über Rhabarbarin und Auffindung eines sehr ähnlichen oder identischen (?) Stoffes (Rumicin) in der Wurzel von *Rumex Patientia* und Vergleichung dieser Wurzel so wie der Wurzel von *Rumex alpinus* und der Grindwurzel mit der Rhabarbar des Handels und mehreren Rheumarten // Annalen der Pharmacie. 1834. Vol. 9. N3. Pp. 304–326. DOI: 10.1002/jlac.18340090312.
22. Girma B., Yimer G., Makonnen E. Effect of *Rumex Abyssinicus* on preneoplastic lesions in dimethylhydrazine induced colon carcinogenesis in rats // BMC complementary and alternative medicine. 2015. Vol. 15. N1. P. 365. DOI: 10.1186/s12906-015-0883-1.
23. Mulisa E., Asres K., Engidawork E. Evaluation of wound healing and anti-inflammatory activity of the rhizomes of *Rumex abyssinicus* J. (Polygonaceae) in mice // BMC complementary and alternative medicine. 2015. Vol. 15. N1. P. 341. DOI: 10.1186/s12906-015-0878-y.
24. Mohammed S.A., Panda R.C., Madhan B., Demessie B.A. Extraction of bio-active compounds from Ethiopian plant material *Rumex abyssinicus* (mekmeko) root – A study on kinetics, optimization, antioxidant and antibacterial activity // Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers. 2017. Vol. 75. Pp. 228–239. DOI: 10.1016/j.jtice.2017.03.004.

25. Qamar H.M.U.D., Qayyum R., Salma U., Khan S., Khan T., Shah A.J. Vascular mechanisms underlying the hypotensive effect of *Rumex acetosa* // *Pharmaceutical biology*. 2018. Vol. 56. Pp. 225–234. DOI: 10.1080/13880209.2018.1446031.
26. Sun Y.Y., Su X.H., Jin J.Y., Zhou Z.Q., Sun S.S., Wen J.F., Kang D.G., Lee H.S., Cho K.W., Jin S.N. *Rumex acetosa* L. induces vasorelaxation in rat aorta via activation of PI3-kinase/Akt-AND Ca (2+)-eNOS-NO signaling in endothelial cells // *Journal of Physiology and Pharmacology*. 2015. Vol. 66. Pp. 907–915.
27. Schmuck J., Beckert S., Brandt S., Lohr G., Hermann F., Schmidt T.J., Beikler T., Hensel A. Extract from *Rumex acetosa* L. for prophylaxis of periodontitis: inhibition of bacterial in vitro adhesion and of gingipains of *Porphyromonas gingivalis* by epicatechin-3-O-(4 $\beta$ →8)-epicatechin-3-O-gallate (procyanidin-B2-Di-gallate) // *PLoS ONE*. 2015. Vol. 10. N3. e0120130. DOI: 10.1371/journal.pone.0120130.
28. Porteka B., Mot A.C., Cimpoi C., Hosu A., Bischin C., Damian G., Fodor E.F., Dumitrescu R.S. Selective Protective Effect of Antioxidant-rich *Rumex acetosa* Extracts // *Revista de Chimie*. 2016. Vol. 67. N5. Pp. 833–837.
29. Nam D.Y., Lee D.U. Efficacy of Emodin/Paclitaxel Versus Paclitaxel for the Treatment of Ovarian Cancer in vivo // *International Journal of Pharmacology*. 2016. Vol. 12. N7. Pp. 743–748. DOI: 10.3923/ijp.2016.743.748.
30. Selçuk S.N., Gulhan B., Duzova A., Teksam O. Acute tubulointerstitial nephritis due to large amount of sorrel (*Rumex acetosa*) intake // *Clinical Toxicology*. 2015. Vol. 53. N5. Pp. 497–497. DOI: 10.3109/15563650.2015.1033061.
31. Hussain M., Raza S.M., Janbaz K.H. Pharmacologically mechanistic basis for the traditional uses of *Rumex acetosa* in gut motility disorders and emesis // *Bangladesh Journal of Pharmacology*. 2015. Vol. 10. N3. Pp. 548–554. DOI: 10.3329/bjp.v10i3.23406.
32. Orbán-Gyapai O., Lajter I., Hohmann J., Jakab G., Vasas A. Xanthine oxidase inhibitory activity of extracts prepared from polygonaceae species // *Phytotherapy Research*. 2015. Vol. 29. N3. Pp. 459–465. DOI: 10.1002/ptR. 5275.
33. Samancioglu A., Sat I.G., Yildirim E., Ercisli S., Jurikova T., Mlecek J. Total phenolic and vitamin C content and anti-radical activity evaluation of traditionally consumed wild edible vegetables from Turkey // *Indian Journal of Traditional Knowledge*. 2016. Vol. 15. N2. Pp. 208–213.
34. Naseri L., Khazaei M., Ghanbari E., Bazm M.A. *Rumex alveollatus* hydroalcoholic extract protects CCl<sub>4</sub>-induced hepatotoxicity in mice // *Comparative Clinical Pathology*. 2019. Vol. 28. N2. Pp. 557–565. DOI: 10.1007/s00580-018-2846-7.
35. Orbán-Gyapai O., Raghavan A., Vasas A., Forgo P., Hohmann J., Shah Z.A. Flavonoids isolated from *Rumex aquaticus* exhibit neuroprotective and neurorestorative properties by enhancing neurite outgrowth and synaptophysin // *CNS & Neurological Disorders – Drug Targets*. 2014. Vol. 13. N8. Pp. 1458–1464. DOI: 10.2174/1871527313666141023154446.
36. Cho E.J., Um S.I., Han J.H., Kim B., Han S.B., Jeong J.H., Kim H.R., Kim I., Whang W.K., Lee E., Sohn U.D. The cytoprotective effect of *Rumex Aquaticus* Herba extract against hydrogen peroxide-induced oxidative stress in AGS cells // *Archives of pharmacal research*. 2016. Vol. 39. N12. Pp. 1739–1747. DOI: 10.1007/s12272-016-0863-0.
37. Orbán-Gyapai O., Liktör-Busa E., Kúsz N., Stefkó D., Urbán E., Hohmann J., Vasas A. Antibacterial screening of *Rumex* species native to the Carpathian Basin and bioactivity-guided isolation of compounds from *Rumex aquaticus* // *Fitoterapia*. 2017. Vol. 118. Pp. 101–106. DOI: 10.1016/j.fitote.2017.03.009.
38. Marrelli M., Cristaldi B., Menichini F., Conforti F. Inhibitory effects of wild dietary plants on lipid peroxidation and on the proliferation of human cancer cells // *Food and Chemical Toxicology*. 2015. Vol. 86. Pp. 16–24. DOI: 10.1016/j.fct.2015.09.011.
39. Im N.K., Jung Y.S., Choi J.H., Yu M.H., Jeong G.S. Inhibitory Effect of the Leaves of *Rumex crispus* L. on LPS-induced Nitric Oxide Production and the Expression of iNOS and COX-2 in Macrophages // *Natural Product Sciences*. 2014. Vol. 20. N1. Pp. 51–57.
40. Shim K.S., Lee B., Ma J.Y. Water extract of *Rumex crispus* prevents bone loss by inhibiting osteoclastogenesis and inducing osteoblast mineralization // *BMC complementary and alternative medicine*. 2017. Vol. 17. N1. P. 483. DOI: 10.1186/s12906-017-1986-7.
41. Uzun M., Demirezer L.O. Anti-aging power of *Rumex crispus* L.: Matrixmetalloproteinases inhibitor, sun protective and antioxidant // *South African Journal of Botany*. 2019. Vol. 124. Pp. 364–371. DOI: 10.1016/j.sajb.2019.05.028.
42. Akyuz S., Chousein O.M., Sacan O., Yanardag R., Kalaycı S., Yarat A., Sahin F. Antibacterial and photodynamic effects of some plant extracts for cavity disinfection // *Photodiagnosis and photodynamic therapy*. 2019. Vol. 26. N6. Pp. 48–52. DOI: 10.1016/j.pdpdt.2019.02.025.
43. Abdelwahab M.F., Sangi S., Arafat H.H., Ragab E.A. New phytochemical constituent and bioactivities of *Horwoodia dicksoniae* and *Rumex cyprius* // *Pharmacognosy magazine*. 2016. Vol. 12. P. 165. DOI: 10.4103/0973-1296.186348.
44. Jaradat N.A., Damiri B., Abualhasan M.N. Antioxidant evaluation for *Urtica urens*, *Rumex cyprius* and *Borago officinalis* edible wild plants in Palestine // *Pakistan journal of pharmaceutical sciences*. 2016. Vol. 29. Pp. 325–330.
45. Batool R., Aziz E., Mahmood T., Tan B.K.H., Chow V.T.K. Inhibitory activities of extracts of *Rumex dentatus*, *Commelina benghalensis*, *Ajuga bracteosa*, *Ziziphus mauritiana* as well as their compounds of gallic acid and emodin against dengue virus // *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*. 2018. Vol. 11. N4. P. 265. DOI: 10.4103/1995-7645.231466.
46. Batool R., Aziz E., Tan B.K.H., Mahmood T. *Rumex dentatus* inhibits cell proliferation, arrests cell cycle, and induces apoptosis in MDA-MB-231 cells through suppression of the NF- $\kappa$ B pathway // *Frontiers in pharmacology*. 2017. Vol. 8. P. 731. DOI: 10.3389/fphaR. 2017.00731.
47. Khan S., Ur-Rehman T., Mirza B., Ul-Haq I., Zia M. Antioxidant, antimicrobial, cytotoxic and protein kinase inhibition activities of fifteen traditional medicinal plants from Pakistan // *Pharmaceutical Chemistry Journal*. 2017. Vol. 51. N5. Pp. 391–398. DOI: 10.1007/s11094-017-1620-5.

48. Najafabadi M.P., Mohammadi-Sichani M., Kazemi M.J., Shirsalimian M., Tavakoli M. Investigation of the chemical composition and different effects of a *Rumex dentatus* methanol extract against drug resistant *Pseudomonas aeruginosa* Isolates // Iranian Red Crescent Medical Journal. 2016. Vol. 18. N12. e27064. DOI: 10.5812/ircmj.27064.
49. Saleem M., Ahmed B., Karim M., Ahmed S., Ahmad M., Qadir M.I., Syed N.I.H. Hepatoprotective effect of aqueous methanolic extract of *Rumex dentatus* in paracetamol induced hepatotoxicity in mice // Bangladesh Journal of Pharmacology. 2014. Vol. 9. N3. Pp. 284–289. DOI: 10.3329/bjp.v9i3.18874.
50. Mohamed N.Z., Abd-Alla H.I., Aly H.F., Mantawy M., Ibrahim N., Hassan S.A. CCl<sub>4</sub>-induced hepatonephrotoxicity: protective effect of nutraceuticals on inflammatory factors and antioxidative status in rat // GeroFam. 2014. Vol. 4. N2. Pp. 87–100. DOI: 10.7324/JAPS.2014.40215.
51. Sahreen S., Khan M.R., Khan R.A. Evaluation of *Rumex hastatus* leaves against hepatic fibrosis: a rat model // BMC complementary and alternative medicine. 2017. Vol. 17. N1. P. 435. DOI: 10.1186/s12906-017-1943-5.
52. Ahmad S., Ullah F., Zeb A., Ayaz M., Ullah F., Sadiq A. Evaluation of *Rumex hastatus* D. Don for cytotoxic potential against HeLa and NIH/3T3 cell lines: chemical characterization of chloroform fraction and identification of bioactive compounds // BMC complementary and alternative medicine. 2016. Vol. 16. N1. P. 308. DOI: 10.1186/s12906-016-1302-y.
53. Ahmad S., Ullah F., Sadiq A., Ayaz M., Imran M., Ali I., Zeb A., Ullah F., Shah M.R. Chemical composition, antioxidant and anticholinesterase potentials of essential oil of *Rumex hastatus* D. Don collected from the North West of Pakistan // BMC complementary and alternative medicine. 2016. Vol. 16. N1. P. 29. DOI: 10.1186/s12906-016-0998-z.
54. Sahreen S., Khan M.R., Khan R.A., Ben Hadda T. Evaluation of phytochemical content, antimicrobial, cytotoxic and antitumor activities of extract from *Rumex hastatus* D. Don roots // BMC complementary and alternative medicine. 2015. Vol. 15. N1. P. 211. DOI: 10.1186/s12906-015-0736-y.
55. Xie Q.C., Yang Y.P. Anti-proliferative of physcion 8-O- $\beta$ -glucopyranoside isolated from *Rumex japonicus* Houtt. on A549 cell lines via inducing apoptosis and cell cycle arrest // BMC complementary and alternative medicine. 2014. Vol. 14. N1. P. 377. DOI: 10.1186/1472-6882-14-377.
56. Lee H., Kim N.H., Yang H., Bae S.K., Heo Y., Choudhary I., Kwon Y.C., Byun J.K., Yim H.J., Noh B.S., Heo J.D., Kim E., Kang C. The hair growth-promoting effect of *Rumex japonicus* houtt. extract // Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine. 2016. Vol. 2016. 1873746. DOI: 10.1155/2016/1873746.
57. Fu W.J., Tang J.J., Wang H., Wei H.Y., Cai S.M., Zeng Z.H., Chen H., Chen Z.Q. In vivo and in vitro anti-sepsis effects of physcion 8-O- $\beta$ -glucopyranoside extracted from *Rumex japonicus* // Chinese journal of natural medicines. 2017. Vol. 15. N7. Pp. 534–539. DOI: 10.1016/S1875-5364(17)30079-1.
58. Zhou X.B., Cao K.W., Song L.K., Kou S.Q., Qu S.C., Wang C., Yu Y., Liu Y., Li P.Y., Lu R.P. Effect of acetone extract of *Rumex japonicus* Houtt on hydrogen peroxide-induced apoptosis in rat myocardial cells // Tropical Journal of Pharmaceutical Research. 2017. Vol. 16. N1. Pp. 135–140. DOI: 10.4314/tjpr.v16i1.17.
59. Lee J.H., Kim Y.G., Khadke S.K., Yamano A., Watanabe A., Lee J. Inhibition of Biofilm Formation by *Candida albicans* and Polymicrobial Microorganisms by Nepodin via Hyphal-Growth Suppression // ACS infectious diseases. 2019. Vol. 5. N7. Pp. 1177–1187. DOI: 10.1021/acscinfed.9b00033.
60. Frolidi G., Luján González D., Rosteghin F., Grison M., Sut S., Dall'Acqua S., Del Carmen Sánchez-Mateo C.  $\alpha$ -Glucosidase and glycation inhibitory activities of *Rumex lunaria* leaf extract: a promising plant against hyperglycaemia-related damage // Natural product research. 2019. Vol. 33. Pp. 1–5. DOI: 10.1080/14786419.2019.1569655.
61. Hossain M.S., Rashid A.H.M.A., Rahman M.M., Sadhu S.K. Antioxidant, Antimicrobial and Antidiarrhoeal Activity of Methanolic Extract of *Rumex maritimus* L. (Polygonaceae) // Journal of Applied Pharmaceutical Science. 2015. Vol. 5. N3. Pp. 056–060. DOI: 10.7324/JAPS.2015.510.S10.
62. Tura G.T., Eshete W.B., Tucho G.T. Antibacterial efficacy of local plants and their contribution to public health in rural Ethiopia // Antimicrobial Resistance & Infection Control. 2017. Vol. 6. N1. Pp. 76–82. DOI: 10.1186/s13756-017-0236-6.
63. Khan R., Ur-Rehman T., Mirza B., Ul-Haq I., Zia M. Comparative urease enzyme inhibition profile of leaves and stems of *Rumex nervosus* vahl // Natural product research. 2014. Vol. 28. Pp. 2355–2357. DOI: 10.1007/s11094-017-1620-5.
64. Al-Asmari A.R.K., Siddiqui Y.M., Athar M.T., Al-Buraiddi A., Al-Eid A.S., Horaib G.B. Antimicrobial activity of aqueous and organic extracts of a Saudi medicinal plant: *Rumex nervosus* // Journal of pharmacy & bioallied sciences. 2015. Vol. 7. N4. Pp. 300–303. DOI: 10.4103/0975-7406.168031.
65. Desta K.T., Kim G.S., Hong G.E., Kim Y.H., Lee W.S., Lee S.J., Jin J.S., Abd El-Aty A.M., Shin H.C., Shim J.H., Shin S.C. Dietary-flavonoid-rich flowers of *Rumex nervosus* Vahl: Liquid chromatography with electrospray ionization tandem mass spectrometry profiling and in vitro anti-inflammatory effects // Journal of separation science. 2015. Vol. 38. N19. Pp. 3345–3353. DOI: 10.1002/jssc.201500737.
66. Desta K.T., Lee W.S., Lee S.J., Kim Y.H., Kim G.S., Lee S.J., Kim S.T., Abd El-Aty A.M., Warda M., Shin H.C., Shim J.H., Shin S.C. Antioxidant activities and liquid chromatography with electrospray ionization tandem mass spectrometry characterization and quantification of the polyphenolic contents of *Rumex nervosus* Vahl leaves and stems // Journal of separation science. 2016. Vol. 39. N8. Pp. 1433–1441. DOI: 10.1002/jssc.201600018.
67. Nazari H., Bakhshandeh N., Gholami M., Mehrzad J., Bineshian F. Anti-candida activities and GC mass analysis of seeds hydroalcoholic extract of *Rumex obtusifolius* // Jundishapur Journal of Microbiology. 2017. Vol. 10. N7. Pp. 1–7. DOI: 10.5812/jjm.13733.
68. Bineshian F., Bakhshandeh N., Freidounian M.R., Nazari H. Anti-Candida and antioxidant activities of hydroalcoholic extract of *Rumex obtusifolius* leaves // Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences. 2019. Vol. 32. N3. Pp. 919–926.



69. Mendoza C.G., Singzon I.A., Handog E.B. A randomized, double-blind, placebo-controlled clinical trial on the efficacy and safety of 3% *Rumex occidentalis* cream versus 4% hydroquinone cream in the treatment of melasma among Filipinos // *International Journal of Dermatology*. 2014. Vol. 53. N11. Pp. 1412–1416. DOI: 10.1111/ijd.12690.
70. Islam R., Mamat Y., Ismayil I., Yan M., Kadir M., Abdugheny A., Rapkat H., Niyaz M., Ali Y., Abay S. Toxicity of anthraquinones: differential effects of *Rumex* seed extracts on rat organ weights and biochemical and haematological parameters // *Phytotherapy research*. 2015. Vol. 29. N5. Pp. 777–784. DOI: 10.1002/ptR. 5317.
71. Yang Y., Yan Y.M., Wei W., Luo J., Zhang L.S., Zhou X.J., Wang P.C., Yang Y.X., Cheng Y.X. Anthraquinone derivatives from *Rumex* plants and endophytic *Aspergillus fumigatus* and their effects on diabetic nephropathy // *Bioorganic & medicinal chemistry letters*. 2013. Vol. 23. N13. Pp. 3905–3909. DOI: 10.1016/j.bmcl.2013.04.059.
72. Taskin T., Bitis L. In vitro antioxidant activity of eight wild edible plants in Bursa province of Turkey // *Farmacia*. 2016. Vol. 6. N5. Pp. 706–711.
73. Makni S., Tounsi S., Rezgui F., Trigui M., Bouassida K.Z. Emul. ethyl acetate fractions effects on inflammatory mediators and oxidative stress markers in carrageenan induced paw oedema in mice // *Journal of ethnopharmacology*. 2018. Vol. 234. Pp. 216–224. DOI: 10.1016/j.jep.2018.12.015.
74. Shahat A.A., Mahmoud E.A., Al-Mishari A.A., Alsaid M.S. Antimicrobial activities of some Saudi Arabian herbal plants // *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines*. 2017. Vol. 14. N2. Pp. 161–165. DOI: 10.21010/ajtcam.v14i2.17.
75. Manure J.Y., Naikwade N.S. Evaluation of anticancer activity of leaves of *Rumex vesicarius* Linn and *Symplocos racemosa* Roxb. by brine shrimp lethality and (3-(4,5-dimethylthiazol-2-yl)-2,5-diphenyltetrazolium bromide) methods // *International Journal of Green Pharmacy (IJGP)*. 2018. Vol. 11. N4. Pp. 742–749.
76. Ganaie M.A., Khan T.H., Siddiqui N.A., Ansari M.N. Ameliorative effect of methanol extract of *Rumex vesicarius* on CCl<sub>4</sub>-induced liver damage in Wistar albino rats // *Pharmaceutical biology*. 2015. Vol. 53. N8. Pp. 1163–1167. DOI: 10.3109/13880209.2014.967782.
77. Mostafa M.E.A., Al-Amri M., Kamel A.M.F. Hepatoprotective potential of *Rumex vesicarius* against malathion hepatotoxicity in adult albino rats // *European Journal of Anatomy*. 2018. Vol. 22. N6. Pp. 449–459.
78. Tukappa N.K.A., Iondonkar R.L., Kumar C.B.S., Nayaka H.B. Evaluation of in vitro and in vivo anti-inflammatory and toxicity studies of methanolic extract of *Rumex vesicarius* Linn // *Oriental Pharmacy and Experimental Medicine*. 2015. Vol. 15. N2. Pp. 113–121. DOI: 10.1007/s13596-015-0180-z.
79. Subramaniyan V., Shaik S., Bag A., Manavalan G., Chandiran S. Potential action of *Rumex vesicarius* (L.) against potassium dichromate and gentamicin induced nephrotoxicity in experimental rats // *Pakistan journal of pharmaceutical sciences*. 2018. Vol. 31. N2. Pp. 509–516.
80. Laouini S.E., Ouahrani M.R. Phytochemical screening, in vitro antioxidant and antibacterial activity of *Rumex vesicarius* L. extract // *Scientific Study & Research. Chemistry & Chemical Engineering, Biotechnology, Food Industry*. 2017. Vol. 18. N4. Pp. 367–376.
81. Laouini S.E., Segni L., Redha O.M., Noureddine G. Free radical scavenging activity of leaf extract of *Rumex vesicarius* L. obtained by different methods // *Toxicological and Pharmacological Research*. 2015. Vol. 7. N3. Pp. 140–146.
82. Shahat A.A., Alsaid M.S., Kotob S.E., Ahmed H.H. Significance of *Rumex Vesicarius* as Anticancer Remedy Against Hepatocellular Carcinoma: a Proposal-Based on Experimental Animal Studies // *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*. 2015. Vol. 16. N10. Pp. 4303–4310. DOI: 10.7314/APJCP.2015.16.10.4303.
83. Khan I.A., Janbaz K.H., Saqib F. Antidiarrheal activity of methanolic leaf extract of *Rumex vesicarius* // *Bangladesh Journal of Pharmacology*. 2016. Vol. 11. Pp. 175–180. DOI: 10.3329/bjp.v11i1.24251.
84. Hariprasad P.S., Ramakrishnan. Phytochemical screening and pharmacognostic evaluation of *Rumex vesicarius* L. // *International Journal of PharmTech Research*. 2011. Vol. 3. Pp. 1078–1082.
85. Khan I.A., Aziz A., Bashir S., Raza M.A., Fatima G. Dermatological evaluation of counter irritant effect of methanol leaf extract of *Rumex vesicarius* Linn. in rabbits // *Journal of the Pakistan Medical Association*. 2016. Vol. 66. Pp. 49–52.

Поступила в редакцию 16 марта 2020 г.

После переработки 3 февраля 2021 г.

Принята к публикации 4 февраля 2021 г.

**Для цитирования:** Подгурская В.В., Лукша Е.А., Гущина Е.С., Савченко И.А., Корнеева И.Н., Калинкина Г.И. Биологическая активность растений рода *Rumex* (*Polygonaceae*) // *Химия растительного сырья*. 2021. №2. С. 59–78. DOI: 10.14258/jcrpm.2021027498.

Podgurskaya V.V.<sup>1\*</sup>, Luksha E.A.<sup>1</sup>, Gushchina E.S.<sup>1</sup>, Savchenko I.A.<sup>1</sup>, Korneeva I.N.<sup>1</sup>, Kalinkina G.I.<sup>2</sup> BIOLOGICAL ACTIVITY OF THE GENUS *RUMEX* (POLYGONACEAE) PLANTS

<sup>1</sup> Omsk State Medical University, ul. Lenina, 12, Omsk, 644099 (Russia), e-mail: verapodgurskaya@mail.ru

<sup>2</sup> Siberian State Medical University, Moskovsky trakt, 2, Tomsk, 634050 (Russia)

The review provides information on the biological activity of 26 species of the genus *Rumex* L. based on the results of studies for the period of 2014-2019. Information search and scientometric analysis were carried out using the resources of the Scopus scientific database. The annual number of scientific publications related to plants of the genus *Rumex* persists at a fairly high level (more than 100 publications per year). It was found that the most studied species in terms of biological activity and composition are *R. acetosa*, *R. crispus*, *R. dentatus*, *R. nervosus*, *R. obtusifolius*, *R. vesicarius*, which showed the presence of antihypertensive, antiosteoporotic, antiviral, nephro- and hepatoprotective and other types of activity in pharmacological studies. Articles describing mechanisms of the extracts' active substances' biological effects are presented, but this information is fragmentary. The chemical composition has been studied mainly for officinal species. A number of species – *R. alveolatus*, *R. aquaticus*, *R. conglomeratus*, *R. hastatus*, *R. lunaria*, *R. maritimus*, *R. occidentalis*, etc. – are promising for further study as the various extracts of these plants showed antibacterial, cytoprotective, antitumor, antihyperglycemic activity, the ability to stimulate hair growth and fight hyperpigmentation.

**Keywords:** Polygonaceae, Rumex, sorrel, biological activity, scientometric study.

## References

- Goncharov M.Yu., Povydysh M.H., Yakovlev G.P. *Sistematika tsvetkovykh rasteniy: uchebnoye posobiye*. [Taxonomy of flowering plants: a tutorial]. St.-Petersburg, 2015, 176 p. (in Russ.).
- Takhtadzhyan A.L. *Sistema magnoliotitov*. [Magnoliophyte system]. Leningrad, 1987, 439 p. (in Russ.).
- Borodina A.Ye. *Botanicheskiy zhurnal*, 1979, vol. 64, no. 4, pp. 541–553. (in Russ.).
- Tolmachev A.I. *Arkticheskaya flora SSSR*. [Arctic flora of the USSR]. Leningrad, 1966, vol. 5, 207 p. (in Russ.).
- Budantsev A.L., Lesiovskaya Ye.Ye. *Dikorastushchiye poleznyye rasteniya Rossii*. [Wild useful plants of Russia]. St.-Petersburg, 2001, 663 p. (in Russ.).
- Vasas A., Orbán-Gyapai O., Hohmann J. *Journal of ethnopharmacology*, 2015, vol. 175, pp. 198–228. DOI: 10.1016/j.jep.2015.09.001.
- Gerard J. *The Herball, Or Generall Historie of Plantes*. London: John Norton, 1597, 1461 p. DOI: 10.5962/bhl.title.51606.
- Fedoseyeva L.M., Kutateladze G.R. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2017, no. 4, pp. 91–96. DOI: 10.14258/jcprm.2017041861. (in Russ.).
- Allen D.E., Hatfield G. *Medicinal plants in folk tradition: an ethnobotany of Britain & Ireland*. Portland: TimberPress, 2004, 431 p. DOI: 10.1021/np030766n.
- Harshaw D., Nahar L., Vadla B., Saif-E-Naser G.M., Sarker S.D. *Archives of Biological Sciences*, 2010, vol. 62, no. 2, pp. 387–392. DOI: 10.2298/ABS1002387H.
- Mishra A.P., Sharifi-Rad M., Shariati M.A., Mabkhot Y.N., Al-Showiman S.S., Rauf A. et al. *Cellular and Molecular Biology*, 2018, vol. 64, no. 8, pp. 27–34. DOI: 10.14715/cmb/2018.64.8.5.
- Gosudarstvennaya Farmakopeya Rossiyskoy Federatsii XIV izdaniye*. [State Pharmacopoeia of the Russian Federation XIV edition]. Moscow, 2018, vol. 4, 1844 p. (in Russ.).
- Kurkin V.A. *Farmakognoziya. Uchebnik dlya studentov farmatsevticheskikh vuzov*. [Pharmacognosy. Textbook for students of pharmaceutical universities]. Samara, 2007, 1239 p. (in Russ.).
- Upton R., Graff A., Jolliffe G., Langer R., Williamson E. *American Herbal Pharmacopoeia: Botanical Pharmacognosy – Microscopic Characterization of Botanical Medicines*. Taylor & Francis, 2011, 733 p. DOI: 10.1201/b10413.
- Willoughby M.J., Mills S., British Herbal Medicine Association. Scientific Committee. *British herbal pharmacopoeia*. British Herbal Medicine Association, 1996, 212 p.
- Shaikh S., Shriram V., Srivastav A., Barve P., Kumar V. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 2018, vol. 11, no. 7, pp. 405–414. DOI: 10.4103/1995-7645.237184.
- Abdullah S.T., Hamid H., Alam M.S., Ansari S.H., Ali M. *Indian Journal of Chemistry*, 2008, vol. 47, no. 4, pp. 619–622.
- Zhang H., Guo Z., Wu N., Xu W., Han L., Li N., Han Y. *Molecules*, 2012, vol. 17, no. 1, pp. 843–850. DOI: 10.3390/molecules17010843.
- Zhu J.J., Zhang C.F., Zhang M., Bligh S.W.A., Yang L., Wang Z.M., Wang Z.T. *Journal of Chromatography A*, 2010, vol. 1217, pp. 5384–5388. DOI: 10.1016/j.chroma.2010.05.039.
- Oleznikov D.N., Kashchenko N.I. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2014, no. 1, pp. 5–26. DOI: 10.14258/jcprm.1401005. (in Russ.).
- Geiger P.L. *Annalen der Pharmacie*, 1834, vol. 9, no. 3, pp. 304–326. DOI: 10.1002/jlac.18340090312.
- Girma B., Yimer G., Makonnen E. *BMC complementary and alternative medicine*, 2015, vol. 15, no. 1, p. 365. DOI: 10.1186/s12906-015-0883-1.
- Mulisa E., Asres K., Engidawork E. *BMC complementary and alternative medicine*, 2015, vol. 15, no. 1, p. 341. DOI: 10.1186/s12906-015-0878-y.
- Mohammed S.A., Panda R.C., Madhan B., Demessie B.A. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 2017, vol. 75, pp. 228–239. DOI: 10.1016/j.jtice.2017.03.004.

\* Corresponding author.

25. Qamar H.M.U.D., Qayyum R., Salma U., Khan S., Khan T., Shah A.J. *Pharmaceutical biology*, 2018, vol. 56, pp. 225–234. DOI: 10.1080/13880209.2018.1446031.
26. Sun Y.Y., Su X.H., Jin J.Y., Zhou Z.Q., Sun S.S., Wen J.F., Kang D.G., Lee H.S., Cho K.W., Jin S.N. *Journal of Physiology and Pharmacology*, 2015, vol. 66, pp. 907–915.
27. Schmuck J., Beckert S., Brandt S., Lohr G., Hermann F., Schmidt T.J., Beikler T., Hensel A. *PLoS ONE*, 2015, vol. 10, no. 3, e0120130. DOI: 10.1371/journal.pone.0120130.
28. Porteka B., Mot A.C., Cimpoiu C., Hosu A., Bischin C., Damian G., Fodor E.F., Dumitrescu R.S. *Revista de Chimie*, 2016, vol. 67, no. 5, pp. 833–837.
29. Nam D.Y., Lee D.U. *International Journal of Pharmacology*, 2016, vol. 12, no. 7, pp. 743–748. DOI: 10.3923/ijp.2016.743.748.
30. Selçuk S.N., Gulhan B., Duzova A., Teksam O. *Clinical Toxicology*, 2015, vol. 53, no. 5, pp. 497–497. DOI: 10.3109/15563650.2015.1033061.
31. Hussain M., Raza S.M., Janbaz K.H. *Bangladesh Journal of Pharmacology*, 2015, vol. 10, no. 3, pp. 548–554. DOI: 10.3329/bjp.v10i3.23406.
32. Orbán-Gyapai O., Lajter I., Hohmann J., Jakab G., Vasas A. *Phytotherapy Research*, 2015, vol. 29, no. 3, pp. 459–465. DOI: 10.1002/ptR.5275.
33. Samancioglu A., Sat I.G., Yildirim E., Ercisli S., Jurikova T., Mlcek J. *Indian Journal of Traditional Knowledge*, 2016, vol. 15, no. 2, pp. 208–213.
34. Naseri L., Khazaei M., Ghanbari E., Bazm M.A. *Comparative Clinical Pathology*, 2019, vol. 28, no. 2, pp. 557–565. DOI: 10.1007/s00580-018-2846-7.
35. Orbán-Gyapai O., Raghavan A., Vasas A., Forgo P., Hohmann J., Shah Z.A. *CNS & Neurological Disorders – Drug Targets*, 2014, vol. 13, no. 8, pp. 1458–1464. DOI: 10.2174/1871527313666141023154446.
36. Cho E.J., Um S.I., Han J.H., Kim B., Han S.B., Jeong J.H., Kim H.R., Kim I., Whang W.K., Lee E., Sohn U.D. *Archives of pharmacal research*, 2016, vol. 39, no. 12, pp. 1739–1747. DOI: 10.1007/s12272-016-0863-0.
37. Orbán-Gyapai O., Liktör-Busa E., Kúsz N., Stefkó D., Urbán E., Hohmann J., Vasas A. *Fitoterapia*, 2017, vol. 118, pp. 101–106. DOI: 10.1016/j.fitote.2017.03.009.
38. Marrelli M., Cristaldi B., Menichini F., Conforti F. *Food and Chemical Toxicology*, 2015, vol. 86, pp. 16–24. DOI: 10.1016/j.fct.2015.09.011.
39. Im N.K., Jung Y.S., Choi J.H., Yu M.H., Jeong G.S. *Natural Product Sciences*, 2014, vol. 20, no. 1, pp. 51–57.
40. Shim K.S., Lee B., Ma J.Y. *BMC complementary and alternative medicine*, 2017, vol. 17, no. 1, p. 483. DOI: 10.1186/s12906-017-1986-7.
41. Uzun M., Demirezer L.O. *South African Journal of Botany*, 2019, vol. 124, pp. 364–371. DOI: 10.1016/j.sajb.2019.05.028.
42. Akyuz S., Chousein O.M., Sacan O., Yanardag R., Kalaycı S., Yarat A., Sahin F. *Photodiagnosis and photodynamic therapy*, 2019, vol. 26, no. 6, pp. 48–52. DOI: 10.1016/j.pdpdt.2019.02.025.
43. Abdelwahab M.F., Sangi S., Arafat H.H., Ragab E.A. *Pharmacognosy magazine*, 2016, vol. 12, p. 165. DOI: 10.4103/0973-1296.186348.
44. Jaradat N.A., Damiri B., Abualhasan M.N. *Pakistan journal of pharmaceutical sciences*, 2016, vol. 29, pp. 325–330.
45. Batool R., Aziz E., Mahmood T., Tan B.K.H., Chow V.T.K. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 2018, vol. 11, no. 4, p. 265. DOI: 10.4103/1995-7645.231466.
46. Batool R., Aziz E., Tan B.K.H., Mahmood T. *Frontiers in pharmacology*, 2017, vol. 8, p. 731. DOI: 10.3389/fphaR.2017.00731.
47. Khan S., Ur-Rehman T., Mirza B., Ul-Haq I., Zia M. *Pharmaceutical Chemistry Journal*, 2017, vol. 51, no. 5, pp. 391–398. DOI: 10.1007/s11094-017-1620-5.
48. Najafabadi M.P., Mohammadi-Sichani M., Kazemi M.J., Shirsalimian M., Tavakoli M. *Iranian Red Crescent Medical Journal*, 2016, vol. 18, no. 12, e27064. DOI: 10.5812/ircmj.27064.
49. Saleem M., Ahmed B., Karim M., Ahmed S., Ahmad M., Qadir M.I., Syed N.I.H. *Bangladesh Journal of Pharmacology*, 2014, vol. 9, no. 3, pp. 284–289. DOI: 10.3329/bjp.v9i3.18874.
50. Mohamed N.Z., Abd-Alla H.I., Aly H.F., Mantawy M., Ibrahim N., Hassan S.A. *GeroFam*, 2014, vol. 4, no. 2, pp. 87–100. DOI: 10.7324/JAPS.2014.40215.
51. Sahreen S., Khan M.R., Khan R.A. *BMC complementary and alternative medicine*, 2017, vol. 17, no. 1, p. 435. DOI: 10.1186/s12906-017-1943-5.
52. Ahmad S., Ullah F., Zeb A., Ayaz M., Ullah F., Sadiq A. *BMC complementary and alternative medicine*, 2016, vol. 16, no. 1, p. 308. DOI: 10.1186/s12906-016-1302-y.
53. Ahmad S., Ullah F., Sadiq A., Ayaz M., Imran M., Ali I., Zeb A., Ullah F., Shah M.R. *BMC complementary and alternative medicine*, 2016, vol. 16, no. 1, p. 29. DOI: 10.1186/s12906-016-0998-z.
54. Sahreen S., Khan M.R., Khan R.A., Ben Hadda T. *BMC complementary and alternative medicine*, 2015, vol. 15, no. 1, p. 211. DOI: 10.1186/s12906-015-0736-y.
55. Xie Q.C., Yang Y.P. *BMC complementary and alternative medicine*, 2014, vol. 14, no. 1, p. 377. DOI: 10.1186/1472-6882-14-377.
56. Lee H., Kim N.H., Yang H., Bae S.K., Heo Y., Choudhary I., Kwon Y.C., Byun J.K., Yim H.J., Noh B.S., Heo J.D., Kim E., Kang C. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2016, vol. 2016, 1873746. DOI: 10.1155/2016/1873746.

57. Fu W.J., Tang J.J., Wang H., Wei H.Y., Cai S.M., Zeng Z.H., Chen H., Chen Z.Q. *Chinese journal of natural medicines*, 2017, vol. 15, no. 7, pp. 534–539. DOI: 10.1016/S1875-5364(17)30079-1.
58. Zhou X.B., Cao K.W., Song L.K., Kou S.Q., Qu S.C., Wang C., Yu Y., Liu Y., Li P.Y., Lu R.P. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, 2017, vol. 16, no. 1, pp. 135–140. DOI: 10.4314/tjpr.v16i1.17.
59. Lee J.H., Kim Y.G., Khadke S.K., Yamano A., Watanabe A., Lee J. *ACS infectious diseases*, 2019, vol. 5, no. 7, pp. 1177–1187. DOI: 10.1021/acsinfecdis.9b00033.
60. Froidi G., Luján González D., Rosteghin F., Grison M., Sut S., Dall'Acqua S., Del Carmen Sánchez-Mateo C. *Natural product research*, 2019, vol. 33, pp. 1–5. DOI: 10.1080/14786419.2019.1569655.
61. Hossain M.S., Rashid A.H.M.A., Rahman M.M., Sadhu S.K. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 2015, vol. 5, no. 3, pp. 056–060. DOI: 10.7324/JAPS.2015.510.S10.
62. Tura G.T., Eshete W.B., Tucho G.T. *Antimicrobial Resistance & Infection Control*, 2017, vol. 6, no. 1, pp. 76–82. DOI: 10.1186/s13756-017-0236-6.
63. Khan R., Ur-Rehman T., Mirza B., Ul-Haq I., Zia M. *Natural product research*, 2014, vol. 28, pp. 2355–2357. DOI: 10.1007/s11094-017-1620-5.
64. Al-Asmari A.R.K., Siddiqui Y.M., Athar M.T., Al-Buraiddi A., Al-Eid A.S., Horaib G.B. *Journal of pharmacy & bio-allied sciences*, 2015, vol. 7, no. 4, pp. 300–303. DOI: 10.4103/0975-7406.168031.
65. Desta K.T., Kim G.S., Hong G.E., Kim Y.H., Lee W.S., Lee S.J., Jin J.S., Abd El-Aty A.M., Shin H.C., Shim J.H., Shin S.C. *Journal of separation science*, 2015, vol. 38, no. 19, pp. 3345–3353. DOI: 10.1002/jssc.201500737.
66. Desta K.T., Lee W.S., Lee S.J., Kim Y.H., Kim G.S., Lee S.J., Kim S.T., Abd El-Aty A.M., Warda M., Shin H.C., Shim J.H., Shin S.C. *Journal of separation science*, 2016, vol. 39, no. 8, pp. 1433–1441. DOI: 10.1002/jssc.201600018.
67. Nazari H., Bakhshandeh N., Gholami M., Mehrzad J., Bineshian F. *Jundishapur Journal of Microbiology*, 2017, vol. 10, no. 7, pp. 1–7. DOI: 10.5812/jjm.13733.
68. Bineshian F., Bakhshandeh N., Freidounian M.R., Nazari H. *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences*, 2019, vol. 32, no. 3, pp. 919–926.
69. Mendoza C.G., Singzon I.A., Handog E.B. *International Journal of Dermatology*, 2014, vol. 53, no. 11, pp. 1412–1416. DOI: 10.1111/ijd.12690.
70. Islam R., Mamat Y., Ismayil I., Yan M., Kadir M., Abdugheny A., Rapkat H., Niyaz M., Ali Y., Abay S. *Phytotherapy research*, 2015, vol. 29, no. 5, pp. 777–784. DOI: 10.1002/ptR. 5317.
71. Yang Y., Yan Y.M., Wei W., Luo J., Zhang L.S., Zhou X.J., Wang P.C., Yang Y.X., Cheng Y.X. *Bioorganic & medicinal chemistry letters*, 2013, vol. 23, no. 13, pp. 3905–3909. DOI: 10.1016/j.bmcl.2013.04.059.
72. Taskin T., Bitis L. *Farmacia*, 2016, vol. 6, no. 5, pp. 706–711.
73. Makni S., Tounsi S., Rezgui F., Trigui M., Bouassida K.Z. *Journal of ethnopharmacology*, 2018, vol. 234, pp. 216–224. DOI: 10.1016/j.jep.2018.12.015.
74. Shahat A.A., Mahmoud E.A., Al-Mishari A.A., Alsaïd M.S. *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines*, 2017, vol. 14, no. 2, pp. 161–165. DOI: 10.21010/ajtcam.v14i2.17.
75. Manure J.Y., Naikwade N.S. *International Journal of Green Pharmacy (IJGP)*, 2018, vol. 11, no. 4, pp. 742–749.
76. Ganaie M.A., Khan T.H., Siddiqui N.A., Ansari M.N. *Pharmaceutical biology*, 2015, vol. 53, no. 8, pp. 1163–1167. DOI: 10.3109/13880209.2014.967782.
77. Mostafa M.E.A., Al-Amri M., Kamel A.M.F. *European Journal of Anatomy*, 2018, vol. 22, no. 6, pp. 449–459.
78. Tukappa N.K.A., Iondonkar R.L., Kumar C.B.S., Nayaka H.B. *Oriental Pharmacy and Experimental Medicine*, 2015, vol. 15, no. 2, pp. 113–121. DOI: 10.1007/s13596-015-0180-z.
79. Subramaniyan V., Shaik S., Bag A., Manavalan G., Chandiran S. *Pakistan journal of pharmaceutical sciences*, 2018, vol. 31, no. 2, pp. 509–516.
80. Laouini S.E., Ouahrani M.R. *Scientific Study & Research. Chemistry & Chemical Engineering, Biotechnology, Food Industry*. 2017, vol. 18, no. 4, pp. 367–376.
81. Laouini S.E., Segni L., Redha O.M., Noureddine G. *Toxicological and Pharmacological Research*, 2015, vol. 7, no. 3, pp. 140–146.
82. Shahat A.A., Alsaïd M.S., Kotob S.E., Ahmed H.H. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*, 2015, vol. 16, no. 10, pp. 4303–4310. DOI: 10.7314/APJCP.2015.16.10.4303.
83. Khan I.A., Janbaz K.H., Saqib F. *Bangladesh Journal of Pharmacology*, 2016, vol. 11, pp. 175–180. DOI: 10.3329/bjp.v11i1.24251.
84. Hariprasad P.S., Ramakrishnan. *International Journal of PharmTech Research*, 2011, vol. 3, pp. 1078–1082.
85. Khan I.A., Aziz A., Bashir S., Raza M.A., Fatima G. *Journal of the Pakistan Medical Association*, 2016, vol. 66, pp. 49–52.

Received March 16, 2020

Revised February 3, 2021

Accepted February 4, 2021

**For citing:** Podgurskaya V.V., Luksha E.A., Gushchina E.S., Savchenko I.A., Korneeva I.N., Kalinkina G.I. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2021, no. 2, pp. 59–78. (in Russ.). DOI: 10.14258/jepm.2021027498.