

УДК 581.192:582.998.1

DOI: 10.15372/ChUR2023483

EDN: PGRIFK

Биологически активные вещества и антиоксидантная активность некоторых видов семейства *Asteraceae*, культивируемых в условиях Западной Сибири

М. А. ЛЕБЕДЕВА, Т. А. КУКУШКИНА, Т. М. ШАЛДАЕВА, Ю. А. ПШЕНИЧКИНА, Е. П. ХРАМОВА

Центральный сибирский ботанический сад СО РАН,
Новосибирск (Россия)

E-mail: MarinaMyadelets@ya.ru

(Поступила 11.01.23; после доработки 25.05.23)

Аннотация

Изучены содержание фенольных соединений (флавонолы, флаваны (катехины), танины), полисахаридов (пектины, протопектины), тетратерпенов (каротиноиды) и антиоксидантная активность *Inula helenium* L., *Antennaria dioica* (L.) Graertn., *Ligularia macrophylla* (Ledeb.) DC., *Echinacea purpurea* (L.) Moench., культивируемых в условиях Западной Сибири. Содержание флавонолов в листьях и соцветиях исследуемых видов сем. *Asteraceae* составило 0.75–1.98 мас. %, максимальное количество отмечено для соцветий *I. helenium*. Дубильные вещества содержатся в количестве 9.62–14.86 мас. %, максимальное содержание наблюдается в листьях *A. dioica* и соцветиях *E. purpurea*. Количество катехинов колеблется в пределах от 0.02 (*A. dioica*, *L. macrophylla*) до 0.13 мас. % (*E. purpurea*, *I. helenium*). Пектины содержатся на уровне 1.20 мас. %, несколько меньше их в листьях *I. helenium* и соцветиях *L. macrophylla* (0.43 и 0.59 мас. % соответственно), достаточно высокое содержание протопектинов (7.89–11.88 мас. %) в листьях и соцветиях исследуемых видов существенных различий не имеет. Концентрация каротиноидов в *L. macrophylla* в листьях и соцветиях находится практически на одном уровне, в *I. helenium* и *E. purpurea* существенно выше в листьях, в *A. dioica* – в соцветиях. Показатели суммарного содержания антиоксидантов фенольной природы в листьях и соцветиях *I. helenium*, *A. dioica* и *L. macrophylla* достоверных различий не имеют. По результатам сравнения антиоксидантной способности исследуемых экстрактов методом DPPH, максимальной радикалсвязывающей активностью обладают листья *I. helenium* (0.46 мг/мл) и соцветия *A. dioica* (0.47 мг/мл), несколько меньшей – экстракты *E. purpurea* (0.70–0.92 мг/мл) и *L. macrophylla* (1.00–1.25 мг/мл).

Ключевые слова: *Inula helenium* L., *Antennaria dioica* (L.) Graertn., *Ligularia macrophylla* (Ledeb.) DC., *Echinacea purpurea* (L.) Moench., биологически активные вещества, антиоксидантная активность

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время наблюдается высокий спрос на лекарственное растительное сырье, международный экспорт которого составляет более 700 т. В России общая потребность в лекарственных растениях увеличивается. На сегодняшний день лекарственные препараты на

основе растительного сырья составляют около 10 % всей численности официально зарегистрированных на отечественном рынке [1–3]. Представители семейства сложноцветные (*Asteraceae*) составляют значительную часть лекарственных растений [4, 5]. Актуальными являются исследования о возможности использования всей фитомассы таких растений, что будет способство-

вать расширению сырьевой базы и решению проблемы безотходного использования природных ресурсов. В этом плане интерес представляет девясил высокий (*Inula helenium* L.) – многолетнее травянистое растение, распространено в южной и средней европейской части России. Из свыше 30 видов девясила, произрастающих на данной территории, только *I. helenium* применяется в научной медицине, входит в состав отхаркивающих сборов и обладает противовоспалительным действием. В Российской Федерации официальным сырьем являются корневища и корни. Перспективно внедрение в официальную медицину надземной части *I. helenium*, которая может выступать источником биологически активных веществ (БАВ) с широким спектром фармакологической активности [6]. Корневища и корни вида содержат 2.11 ± 0.06 мас. % фенольных соединений в пересчете на сухой остаток [7], в надземной части, в особенности в цветках, содержание флавоноидов выше. Содержание флавоноидов в траве вида *I. helenium*, произрастающего в Волгоградской обл., в пересчете на нарингенин составило 4.57 ± 0.07 мас. % [8]. Такое же количество фенольных соединений (4.57 мас. % в пересчете на кверцетин) содержится в цветках *I. helenium*, произрастающих в Витебской обл. [9].

Для расширения базы официальных лекарственных растений из видов народной медицины интерес представляют кошачья лапка двудомная и бузульник крупнолистный. Кошачья лапка двудомная (*Antennaria dioica* (L.) Graertn.) – многолетнее травянистое растение, распространено в умеренной и умеренно-холодной зонах Европы, Азии и Северной Америки. В России растение можно встретить по всей европейской части, в Сибири и на Дальнем Востоке, а также на Кавказе. В настоящее время используется только в народной медицине. Рекомендуются в качестве ранозаживляющего, кровоостанавливающего и желчегонного средства, надземная часть растения также используется для лечения заболеваний горла, туберкулеза легких, гипертонии и как седативное средство [10]. Наружно применяется для лечения детской экземы, абсцессов, туберкулеза кожи, порошок травы используется для лечения ран, ожогов и ушибов [11], экстракт обладает антикоагулянтной активностью [12]. Содержит фенолкарбоновые кислоты, флавоноиды, антрахиноны, тритерпеноиды, каучук, стероиды, танины, алкалоиды, витамины, сапонины, эфирное масло [13, 14].

Изучен состав флавоноидов, кумаринов и гидроксикоричных кислот [11].

Бузульник крупнолистный (*Ligularia macrophylla* (Ledeb.) DC.). Виды рода *Ligularia* широко используются в азиатской народной медицине. Сесквитерпены эремофиланового типа многочисленны и являются типичными вторичными метаболитами, обнаруженными в этом роде [15, 16].

Эхинацея пурпурная (*Echinacea purpurea* (L.) Moench) – многолетнее травянистое, широкоизвестное лекарственное растение, в диком виде произрастает в восточной части Северной Америки. Успешно выращивается во многих регионах России. Является одним из самых продаваемых растительных лекарственных препаратов во многих странах мира [17]. Благодаря уникальному химическому составу все виды рода эхинацея интенсивно изучаются. Надземная масса и корневища с корнями представителей этого рода служат сырьем для изготовления препаратов, обладающих иммуностимулирующими свойствами, а также для получения биологически активных добавок. *E. purpurea* – источник целого ряда БАВ, все органы растения содержат эфирные масла, полисахариды, органические кислоты, витамины А и С, дубильные вещества, флавоноиды. Основными действующими веществами, обладающими иммуностимулирующей активностью, являются гидроксикоричные кислоты [18].

В последнее десятилетие большое внимание уделяется изучению метаболитов растительных объектов как эффективных антиоксидантов. Основными представителями таких веществ являются полифенольные соединения – флавоноиды, фенолкарбоновые кислоты, дубильные вещества, кумарины. В качестве антиоксидантов в медицине используют витамины А, Е, С, катехины, катехингаллаты, убихиноны, ресвератрол, пробукол, эмоксипин, этамзилат и ряд других лекарственных средств [19]. Определение антиоксидантной активности (АОА) позволяет судить о возможной физиологической ценности исследуемых объектов. В настоящее время не существует универсального метода оценки АОА биологически активных веществ и часто используют несколько методов. Наиболее широко применяются электрохимические и спектрофотометрические методы анализа [20].

Цель данной работы – исследование содержания биологически активных веществ и антиоксидантной активности растений *Inula helenium* L., *Antennaria dioica* (L.) Graertn., *Ligularia macrophylla* (Ledeb.) DC., *Echinacea purpurea* (L.)

Moench., культивируемых в условиях Западной Сибири.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Материалом для исследований служило сырье (листья, соцветия) видов сем. *Asteraceae*: девясил высокий (*Inula helenium* L.), кощачья лапка двудомная (*Antennaria dioica* (L.) Graertn.), бузульник крупнолистный (*Ligularia macrophylla* (Ledeb.) DC.), эхинацея пурпурная (*Echinacea purpurea* (L.) Moench.), взятое из “Биоресурсной коллекции ЦСБС СО РАН”, УНУ “Коллекции живых растений в открытом и закрытом грунте”, USU_440534. Сырье отбирали с десяти растений каждого вида в фазе цветения, высушивали на воздухе в затененном месте, измельчали и отбирали репрезентативную пробу для анализа.

В полученных извлечениях определяли содержание фенольных соединений (флавонолы, флаваны (катехины), танины), полисахаридов (пектины, протопектины), тетратерпенов (каротиноиды). Все показатели были рассчитаны на абсолютно-сухую массу сырья.

Количественный анализ проводили с использованием следующих методик.

Флавонолы определяли спектрофотометрическим методом, в котором использована реакция комплексообразования флавонолов с хлоридом алюминия [5]. Концентрацию флавонолов в пробе рассчитывали по калибровочному графику, построенному по рутину (*Chetapol*).

Катехины определяли спектрофотометрическим методом, основанном на способности катехинов давать малиновое окрашивание с раствором ванилина в концентрированной соляной кислоте. В две мерные пробирки переносили по 0.8 мл этанольного извлечения, в одну из них прибавляли 4 мл 1 % раствора ванилина в концентрированной соляной кислоте. Объем обеих пробирок доводили до 5 мл концентрированной соляной кислотой. Вторая пробирка служила в качестве раствора сравнения. Оптическую плотность раствора измеряли с помощью спектрофотометра СФ-56 (Россия) при длине волны 502 нм. Количественное содержание катехинов в пробе рассчитывали по калибровочной кривой, построенной по (\pm)-катехину (*Sigma*) [21].

Содержание танинов (гидролизующих дубильных веществ) определяли спектрофотометрическим методом с применением раствора молибдата аммония [22]. Навеску сырья 2 г помещали

в колбу и добавляли 250 мл дистиллированной воды. Экстрагировали при умеренном кипячении в течение 30 мин, охлаждали, переносили в мерную колбу на 250 мл и доводили дистиллированной водой до метки. После экстракции 10 мл извлечения переносили в мерную колбу на 100 мл, добавляли 10 мл 2 % водного раствора молибдата аммония, доводили до метки водой и оставляли на 15 мин. Оптическую плотность полученного окрашенного раствора измеряли с помощью спектрофотометра СФ-56 при длине волны 420 нм в кювете с толщиной слоя 1 см. В качестве стандартного образца использовали ГСО танина (1 класс по ГОСТ 8.315-97). Полисахариды (протопектины, пектины) определяли бескарбазольным спектрофотометрическим методом, основанном на получении специфического желто-оранжевого окрашивания урсонных кислот с тимолом в сернокислой среде. Измельченную навеску растительного образца массой 2–3 г трехкратно экстрагировали горячим 80 % этанолом в соотношении 1 : 10 на кипящей водяной бане с обратным холодильником в течение 20–30 мин для извлечения свободных углеводов, мешающих определению пектиновых веществ. Отфильтрованную пробу высушивали при 50 °С до исчезновения запаха спирта. Сначала извлекали водой пектины, затем гидролизировали протопектины. После реакции с тимолом оптическую плотность окрашенных растворов измеряли с помощью спектрофотометра Agilent 8453 (США) при длине волны 480 нм в кювете с рабочей длиной 1 см. Количественное содержание пектиновых веществ определяли по калибровочной кривой, построенной по галактуроновой кислоте (*Molekula*, CAS 91510-62-2) [23].

Содержание каротиноидов определяли в ацетоново-этанольном экстракте спектрофотометрически. Навеску сырья 0.1 г растирали в ступке до однородной массы, добавляя последовательно 0.1 г карбоната кальция для нейтрализации органических кислот, так как каротиноиды неустойчивы в кислой среде, 1 мл диметилформамида для устойчивости пигментов и 2 г сульфата натрия. Экстракцию каротиноидов проводили ацетоном (40 мл – 1 раз, и далее по 10 мл – 2 раза), после чего продолжали экстрагировать 96 % этанолом на водяной бане (по 5 мл – 3 раза) для извлечения ликопина. Затем исчерпывающе экстрагировали ацетоном до исчезновения окраски. Измеряли объем объединенного экстракта [24]. Далее экстракты разбавляли ацетоном так, чтобы при измерении на спектрофотометре величина оптической плотности (*D*) раз-

бавленных растворов находилась в пределах от 0.1 до 0.8. Определение содержания каротиноидов проводили при длинах волн 662 и 644 нм (для хлорофиллов а и b), 440.5 нм (для каротиноидов) с помощью спектрофотометра СФ-56. Концентрацию каротиноидов ($C_{\text{кар}}$, мг/дм³) рассчитывали по формуле: $C_{\text{кар}} = 4.695D_{440.5} - 0.268 \cdot (5.134D_{662} - 20.436D_{644})$, где D_i – оптическая плотность экстракта при определенной длине волны. Содержание каротиноидов (X, мас. %) определяли по формуле: $X = (C_{\text{кар}} V_1 V_3 \cdot 100) / (M V_2 \cdot 1000 000)$, где V_1 – объем исходной ацетонной вытяжки, мл; V_2 – объем исходной вытяжки, взятой для разбавления, мл; V_3 – объем разбавленной вытяжки, мл; M – масса абсолютно сухого сырья, г [25, 26].

Определение суммарного содержания антиоксидантов (ССА, мг/г) осуществляли амперометрическим методом с использованием прибора “Цвет Яуза-01-АА” (Россия) [27]. Сущность метода заключается в измерении электрического тока, возникающего при окислении гидроксильных групп антиоксидантов фенольной природы на поверхности рабочего электрода при определенном потенциале. Предварительно строили график зависимости сигнала образца сравнения (галловой кислоты) от его концентрации. Суммарное содержание антиоксидантов определяли в водно-спиртовых экстрактах, для получения которых 1.0 г сырья заливали 50 мл этанола (70 %) и встряхивали в течение 1 ч на перемешивающем устройстве.

Антиоксидантную активность экстрактов растительных образцов определяли по способности

улавливать свободные радикалы DPPH (2,2-дифенил-1-пикрилгидразил). Величиной АОА изучаемых извлечений была выбрана концентрация, приводящая к ингибированию 50 % радикалов DPPH, – IC_{50} [28].

Все анализы выполнены в трех аналитических повторностях. Статистическую обработку данных проводили с помощью стандартного пакета программы Microsoft Excel. Рассчитаны значения средних и их стандартных ошибок ($M \pm m$), коэффициентов корреляции (r).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В связи с тем, что АОА экстрактов растений обусловлена химическим составом сырья и во многом определяется содержанием фенольных веществ, на первом этапе исследования была выполнена сравнительная оценка суммарного количества флавонолов, дубильных веществ и катехинов (табл. 1).

В листьях и соцветиях исследуемых образцов *I. helenium* выявлены статистически значимые различия ($p < 0.05$) по содержанию флавонолов (до 2 мас. % в соцветиях), пектинов (до 1.34 мас. % в соцветиях) и каротиноидов (до 0.058 мас. % в листьях). Согласно данным [9], степень ингибирования свободных радикалов водными и спиртовыми извлечениями из цветков *I. helenium* прямо пропорциональна содержанию фенольных соединений и варьирует от 30.15 ± 0.70 до 39.56 ± 1.30 % (в качестве стандартов для сравнения АОА исследователями были

ТАБЛИЦА 1

Содержание биологически-активных веществ в видах семейства *Asteraceae*

Вид растения	Орган	Содержание, мас. %						ССА, мг/г	IC_{50} (DPPH), мг/мл
		Флавонолы	Дубильные вещества	Катехины*	Пектины	Протопектины	Каротиноиды*		
Триба – <i>Inuleae</i> Cass									
<i>Inula helenium</i>	Лист	0.84±0.01	11.96±0.37	0.127	0.43±0.02	8.74±0.09	0.057	0.30±0.02	0.46±0.01
	Соцв.	1.98±0.02	11.98±0.31	0.107	1.29±0.05	9.43±0.11	0.017	0.48±0.02	0.90±0.01
<i>Antennaria dioica</i>	Лист	1.36±0.01	14.86±0.25	0.023	1.47±0.03	10.00±0.04	0.008	0.22±0.02	0.61±0.01
	Соцв.	1.75±0.01	10.11±0.20	0.027	1.26±0.05	7.89±0.35	0.020	0.18±0.01	0.47±0.01
Триба – <i>Senecioneae</i> Cass									
<i>Ligularia macrophylla</i>	Лист	1.09±0.01	10.82±0.16	0.020	1.20±0.05	11.88±0.05	0.033	0.17±0.01	1.00±0.01
	Соцв.	0.75±0.01	9.62±0.18	0.079	0.59±0.01	9.22±0.10	0.036	0.11±0.01	1.25±0.01
Триба – <i>Heliantheae</i> Cass									
<i>Echinacea purpurea</i>	Лист	1.19±0.02	12.03±0.41	0.119	1.25±0.01	10.07±0.34	0.067	0.72±0.02	0.70±0.00
	Соцв.	1.06±0.01	13.25±0.44	0.091	1.21±0.02	9.48±0.13	0.017	0.34±0.02	0.92±0.01

Примечание. ССА – суммарное содержание антиоксидантов; IC_{50} – концентрация, приводящая к ингибированию 50 % радикалов DPPH; соцв. – соцветия.

* Ошибка среднего значения содержания катехинов и каротиноидов менее 0.001 мас. %.

использованы кверцетин и витамин Е, вызывающие снижение свободных радикалов на 50.13 ± 0.65 и 40.10 ± 0.50 % соответственно), что указывает на высокую степень АОА цветков *I. helenium*. По суммарному содержанию антиоксидантов фенольного типа, достоверных различий между листьями и соцветиями исследуемых нами образцов *I. helenium* не выявлено. Содержание флавонолов, дубильных веществ и катехинов менее чем на 50 % ($r = 0.40-0.49$) определяет АОА исследуемых нами образцов *I. helenium*. Согласно литературным данным [29], значения АОА IC_{50} , установленные с использованием метода DPPH, существенно варьируют (от 0.16 до 1.56 мг/мл) для растений из разных популяций. Полученные нами результаты свидетельствуют о достаточно высокой антирадикальной активности соцветий *I. helenium* (0.46 мг/мл), сопоставимой с активностью экстракта зеленого чая (0.55 мг/мл) [30]. Следует отметить сильную корреляционную зависимость ($r = -0.99$) между уровнем содержания каротиноидов в надземных органах и DPPH IC_{50} . По содержанию дубильных веществ, катехинов, каротиноидов, пектинов и протопектинов (в соцветиях) исследуемые растения *I. helenium* сопоставимы с *E. purpurea*, по количеству флавонолов (в соцветиях) – даже превосходят. Следовательно, надземные органы растений *I. helenium* являются перспективными для дальнейшего изучения и внедрения в медицинскую практику.

Надземные органы *A. dioica* одинаково богаты флавонолами, дубильными веществами, катехинами, пектинами и протопектинами. Следовательно, ССА фенольной природы в листьях и соцветиях находится практически на одном уровне (0.22 и 0.18 мг/г соответственно). Достоверные различия наблюдаются в содержании каротиноидов (до 0.021 мас. % в соцветиях), которые в значительной степени ($r = 0.98$) определяют антирадикальную активность исследуемых образцов растений *A. dioica*. Учитывая, что БАВ, имеющие значения $IC \leq 50$ мг/мл в анализе DPPH, относятся к активным антиоксидантам, *A. dioica* может быть отнесена к растениям с высоким антиоксидантным потенциалом.

Соцветия *L. macrophylla* существенно отличаются более высоким, по сравнению с листьями, содержанием катехинов (до 0.080 мас. %), листья – более высоким содержанием пектинов (до 1.25 мас. %). Содержание остальных исследуемых групп БАВ в листьях и соцветиях находится практически на одном уровне, достоверных различий в ССА фенольного типа и

антирадикальной активности не обнаружено. Показатели ССА фенольного типа оказались самыми низкими из исследуемых видов *Asteraceae* (не более 0.11 мг/г), вместе с тем, анализируемые экстракты *L. macrophylla* обладают выраженной инактивирующей активностью в отношении радикалов DPPH. Следовательно, доминирующими антиоксидантными компонентами являются другие соединения, возможно сесквитерпены, широко представленные в *L. macrophylla* [16, 31].

Листья и соцветия исследуемых растений *E. purpurea* практически на одном уровне содержат флавонолы, дубильные вещества, пектины и протопектины. В листьях несколько выше (на 0.030 мас. %) концентрация катехинов и существенно выше – каротиноидов (на 0.050 мас. %). Также в листьях наблюдается более высокое ССА фенольного типа (вдвое по сравнению с соцветиями). По данным [32], в листьях эхинацеи пурпурной содержится до 7.2–10.2 мас. % дубильных веществ. В опытах показатель содержания дубильных веществ в среднем за годы исследований увеличивался в траве с 13.07 до 16.58 мас. % в зависимости от внесенных доз ацетата меди. Без использования удобрений этот показатель составлял 10.34 мас. % в условиях южной лесостепи Западной Сибири (сорт Знахарь) [33]. Полученные нами результаты о содержании дубильных веществ соответствуют средним значениям для растений *E. purpurea* из других регионов России [18, 33].

ВЫВОДЫ

1. Содержание флавонолов в листьях и соцветиях исследуемых видов сем. *Asteraceae* составило 0.75–1.98 мас. %, максимальное количество отмечено для соцветий *I. helenium*. Дубильные вещества содержатся в количестве 9.62–14.86 мас. %, максимальное содержание наблюдается в листьях *A. dioica* и соцветиях *E. purpurea*. Количество катехинов колеблется в пределах от 0.020 (*A. dioica*, *L. macrophylla*) до 0.127 мас. % (*E. purpurea*, *I. helenium*). Пектины содержатся на уровне 1.20 мас. %, несколько меньше их в листьях *I. helenium* и соцветиях *L. macrophylla* (0.43 и 0.59 мас. % соответственно), достаточно высокое содержание протопектинов (7.89–11.88 мас. %) в листьях и соцветиях существенных различий не имеют. Концентрация каротиноидов в *L. macrophylla* в листьях и соцветиях находится практически на одном уровне

не, в *I. helenium* и *E. purpurea* существенно выше в листьях, в *A. dioica* – в соцветиях.

2. В качестве перспективного лекарственного растительного сырья следует использовать всю надземную часть растений *I. helenium*, *A. dioica*, *L. macrophylla* и *E. purpurea*, собранную в период цветения.

3. По ССА фенольного типа наиболее ценными являются листья *E. purpurea* (0.72 мг/г), меньше всего их в надземных органах *L. macrophylla* (0.11–0.17 мг/г), вместе с тем величины антирадикальной активности *L. macrophylla* и *E. purpurea* находятся практически на одном уровне.

4. По результатам сравнения антиоксидантной способности исследуемых экстрактов методом DPPH, максимальной радикалсвязывающей активностью обладают листья *I. helenium* (0.46 мг/мл) и соцветия *A. dioica* (0.47 мг/мл), несколько меньшей активностью – экстракты *E. purpurea* (0.70–0.92 мг/мл) и *L. macrophylla* (1.00–1.25 мг/мл).

Работа выполнена в рамках государственного задания ЦСБС СО РАН по проекту АААА-А21-121011290025-2 “Анализ биоразнообразия, сохранение и восстановление редких и ресурсных видов растений с использованием экспериментальных методов”, АААА-А21-121011290027-6 “Теоретические и прикладные аспекты изучения генофондов природных популяций растений и сохранения растительного разнообразия вне типичной среды обитания (*ex situ*)”.

При подготовке публикации использовались материалы биоресурсной научной коллекции ЦСБС СО РАН (Новосибирск), УНУ “Коллекции живых растений в открытом и закрытом грунте”, USU 440534.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Hariharan P., Subburaju T. Medicinal plants and its standardization – A global and industrial overview // *Global Journal of Medicinal Plant Research*. 2012. Vol. 1, No. 1. P. 10–13.
- Nirmal S. A., Pal S. C., Otimenyin S. O., Aye T., Elachouri M., Kundu S. K., Thandavarayan R. A., Mandal S. C. Contribution of herbal products global market // *The Pharma Review*. 2013. No. 11–12. P. 95–104.
- Паршин С. А., Ионова Л. П. Экономика рынка лекарственных и эфиромасличных растений в России и за рубежом // Прикаспийский международный молодежный научный форум агропротехнологий и продовольственной безопасности – 2019. Астрахань, 23–24 апреля 2019. С. 31–34.
- Heinrich M., Robles M., West J. E., Ortiz de Montellano B. R., Rodriguez E. Ethnopharmacology of Mexican *Asteraceae* (*Compositae*) // *Annu. Rev. Pharmacol. Toxicol.* 1998. Vol. 38. P. 539–565.
- Государственная Фармакопея Российской Федерации. XIV издание. Москва, 2018 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://docs.ruclm.ru/feml/pharma/v14/vol2/> (дата обращения: 10.01.2023).
- Романтеева Ю. В., Емелькина А. И. Фармакогностический анализ сырья девясила высокого, произрастающего в Саратовской области // *Бюл. мед. интернет-конференций*. 2014. Т. 4, № 12. С. 1398.
- Цыбикова Е. Н., Убеева И. П., Санжижапова А. Д. Перспективы использования БАД “Байкальский-8” в качестве общеукрепляющего средства // *Бюллетень ВСНЦ СО РАМН*. 2009. № 2 (66). С. 306–307.
- Яницкая А. В., Митрофанова И. Ю., Шуленкина Ю. С. Фитохимическая основа биологической деятельности надземной части девясила высокого, произрастающего в Волгоградской области // *Волгоградский научно-медицинский журнал*. 2012. № 1 (33). С. 24–26.
- Дергачева Ж. М. Содержание фенольных соединений в цветках девясила высокого и их антиоксидантная активность // *Рецепт*. 2011. № 3 (77). С. 41–54.
- Абрамчук А. В., Карташева Г. Г. Лекарственные растения Урала. Екатеринбург: Изд-во УрГСХА, 2010. 552 с.
- Marchyshyn S., Basaraba R., Berdey T. Investigation of phenolic compounds of *Antennaria dioica* (L.) Gaertn. Herb // *The Pharma Innovation*. 2017. Vol. 6, No. 8. P. 9–11.
- Калинин Е. П., Бояринцев Д. И., Буслаева Н. Н., Ромаданова М. А. Идентификация действующих веществ растительных экстрактов, обладающих антикоагулянтной активностью // *Вестн. Удмуртского ун-та*. 2017. Т. 27, № 3. С. 350–355.
- Растительные ресурсы СССР. Цветковые растения, их химический состав, использование. Семейство *Asteraceae* (*Compositae*). СПб.: Наука, 1993. 352 с.
- Semeniv D. V., Belik G. V., Kutsenko T. A., Stoletov Yu. V., Ulanova V. A. The experience of *Antennaria dioica* application in folk medicine and prospects of this plant use for creation of new phytohemostatics // *Ukrainian Biopharmaceutical Journal*. 2016. No. 6 (47). P. 37–41.
- Wu L., Liao Z., Liu C., Jia H., Sun J. Eremophilane sesquiterpenes from the genus *Ligularia* // *Chem. Biodivers.* 2016. Vol. 13, No. 6. P. 645–671.
- Lu C., Dai W., Zhou W., Zhang L., Wang Q. A new eremophilanolide sesquiterpene from *Ligularia macrophylla* and diversity of the species // *Nat. Prod. Commun.* 2019. Vol. 14, No. 9. Art. 1934578X19878942.
- Nabavi S. M., Silva A. S. (Eds.). *Nonvitamin and Nonmineral Nutritional Supplements*. Pakistan: Elsevier Inc., 2019.
- Самородов В. Н., Поспелов С. В., Моисеева Г. Ф., Середа А. В. Фитохимический состав представителей рода эхинацея (*Echinacea* Moench.) и его фармакологические свойства // *Хим.-фарм. журн.* 1996. Т. 30, № 4. С. 32–37.
- Машковский М. Д. Лекарственные средства. Пособие для врачей. 16-е изд. М.: Новая волна, 2017. 1216 с.
- Тринеева О. В. Методы определения антиоксидантной активности объектов растительного и синтетического происхождения в фармации (обзор) // *Разработка и регистрация лекарственных средств*. 2017. № 4 (21). С. 180–197.
- Кукушкина Т. А., Зыков А. А., Обухова Л. А. Манжетка обыкновенная (*Alchemilla vulgaris* L.) как источник лекарственных средств // *Материалы VII Междунар. съезда “Актуальные проблемы создания новых лекарственных препаратов природного происхождения”*. СПб., 2003. С. 64–69.
- Федосеева Л. М. Изучение дубильных веществ подземных и надземных вегетативных органов бадана толстолистого (*Bergenia crassifolia* (L.) Fitch.), произрастающего на Алтае // *Химия растит. сырья*. 2005. № 2. С. 45–50.
- Кривенцов В. И. Бескарбазольный метод количественного спектрофотометрического определения пектиновых веществ // *Сб. науч. трудов гос. Никитского ботан. сада*. 1989. Т. 109. С. 128–137.

- 24 Кривенцов В. И. Методические рекомендации по анализу плодов на биохимический состав. Ялта: ГНБС, 1982. С. 7–9.
- 25 Ермаков А. И., Арасимович В. В., Ярош Н. П. Методы биохимического исследования растений: Научное издание. 3-е изд., перераб. и доп. Л.: Агропромиздат, 1987. 430 с.
- 26 Полевой В. В., Максимова Г. Б. Методы биохимического анализа растений. Л.: Изд-во ЛГУ, 1978. 192 с.
- 27 Яшин Я. И., Рыжнев В. Ю., Яшин А. Я., Черноусова Н. И. Природные антиоксиданты. Содержание в пищевых продуктах и их влияние на здоровье и старение человека. М: ТрансЛит, 2009. 212 с.
- 28 Adesanwo J. K., Makinde O. O., Obafemi C. A. Phytochemical analysis and antioxidant activity of methanol extract and betulinic acid isolated from the roots of *Tetracera pottatoria* // J. Pharm. Res. 2013. Vol. 6, No. 9. P. 903–907.
- 29 Zlatić N., Jakovljević D., Stanković M. Temporal, plant part, and interpopulation variability of secondary metabolites and antioxidant activity of *Inula helenium* L. // Plants. 2019. Vol. 8, No. 6. Art. 179.
- 30 Никифорова А. Н., Самойлов А. В., Николаева Ю. В., Федорова Е. М. Изучение антиоксидантных свойств растительных экстрактов методом DPPH // Агропромышленные технологии Центральной России. 2021. № 4 (22). С. 22–30.
- 31 Latif Khan A., Hamayun Khan, Hussain J., Adnan M., Hussain I., Taous Khan, Rahman Khan A. Sesquiterpenes: The potent antioxidants // Pak. J. Sci. Ind. Res. 2008. Vol. 51, No. 6. P. 343–350.
- 32 Запрометов М. Н. Основы биохимии фенольных соединений. М.: Высшая школа, 1974. 214 с.
- 33 Жаркова Н. Н., Сухоцкая В. В., Ермохин Ю. И. Содержание некоторых биологически активных веществ и химических элементов в лекарственном сырье *Echinacea purpurea* (L.) Moench под влиянием эссенциального микроэлемента Cu // Сельскохозяйственная биология. 2020. Т. 55, № 3. С. 588–596.