






Обзорная статья

DOI: 10.32415/jscientia_2024_10_2_15-33
EDN: WWHUOW**ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ВТОРИЧНЫХ МЕТАБОЛИТОВ *CUSCUTA CAMPESTRIS*****А. С. Чиряпкин** , **Д. С. Золотых** , **И. П. Кодониди** ,
А. А. Глушко , **Л. И. Щербакова** 

Пятигорский медико-фармацевтический институт — филиал ВолгГМУ, Пятигорск, Россия

 Чиряпкин Алексей Сергеевич — alexey.chiriapkin@yandex.ru

В обзоре обобщены данные литературы, касающиеся химического состава и спектра биологической активности извлечений *Cuscuta campestris* Yunck (повилика полевая), которая относится к семейству вьюнковые (*Convolvulaceae*). *C. campestris* представляет собой надземного паразита. Его стебли обвиваются вокруг растений-хозяев и прикрепляются к ним гаусториями, образующимися в местах соприкосновения с питающим растением и глубоко внедряющимися в его ткань. На территории Российской Федерации насчитывается более 30 видов повилики. Извлечения *C. campestris* применяются в традиционной медицине Южной Азии, но в качестве объекта получения биологически активных соединений в России *C. campestris* не используется. Стоит отметить, что в последние годы интенсифицировались исследования фармакологических свойств *C. campestris*, что позволило установить наличие у растения широкого спектра биологической активности. В частности, извлечения полевики оказывают противовоспалительное, транквилизирующее, противоопухолевое, жаропонижающее, антиоксидантное, церебропротекторное, противогрибковое, противовирусное, анальгезирующее и гепатопротекторное действие. В случае выделения мажорных компонентов извлечений *C. campestris* представлялось возможным предположить важность тех или иных веществ в реализации ими фармакологической активности, что и обсуждается в данном обзоре. Среди вторичных метаболитов выявлены сахара и сахарные кислоты, половые феромоны, танины, каротиноиды, аминокислоты, жирные кислоты и их эфиры, полифенолы (в том числе флавоноиды), кумарины, тритерпеноиды, витамины, фураны, пираны и лактоны. В связи с тем, что рассматриваемое растение широко представлено на территории Российской Федерации и является доступным, *C. campestris* можно считать перспективным объектом исследования для создания на его основе новых эффективных лекарственных препаратов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: повилика полевая, *Cuscuta campestris*, вторичные метаболиты, химический состав, биологическая активность.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Чиряпкин А.С., Золотых Д.С., Кодониди И.П., Глушко А.А., Щербакова Л.И. Химический состав и биологическая активность вторичных метаболитов *Cuscuta campestris* // *Juvenis scientia*. 2024. Том 10. № 2. С. 15-33. DOI: 10.32415/jscientia_2024_10_2_15-33. EDN: WWHUOW.



Review article

DOI: 10.32415/jscientia_2024_10_2_16-34
EDN: WWHUOW**CHEMICAL COMPOSITION AND BIOLOGICAL ACTIVITY OF SECONDARY METABOLITES FROM *CUSCUTA CAMPESTRIS*****A. S. Chiriapkin** , **D. S. Zolotykh** , **I. P. Kodonidi** ,
A. A. Glushko , **L. I. Shcherbakova** Pyatigorsk Medical and Pharmaceutical Institute — Branch of Volgograd State Medical University,
Pyatigorsk, Russia Chiriapkin Alexey — alexey.chiriapkin@yandex.ru

The review summarizes the literature data on the chemical composition and types of biological activity of extracts of *Cuscuta campestris* Yunck (field dodder), which belongs to the *Convolvulaceae* family. *C. campestris* is an aboveground parasite. Its stems wrap around the host plants and are attached to them by gaustoria, which are formed in places of contact with the feeding plant and deeply embedded in its tissue. On the territory of the Russian Federation, there are more than 30 types of dodders. Extracts of *C. campestris* are used in traditional medicine in South Asia, but the plant is not used as an object of biologically active compounds in Russia. It is worth noting that in recent years, studies of the pharmacological properties of *C. campestris* have intensified, which made it possible to establish the presence of a wide range of biological activity in the plant. For instance, the cures of field dodder exert anti-inflammatory, tranquilizing, antitumor, antipyretic, antioxidant, cerebroprotective, antifungal, antiviral, analgesic, and hepatoprotective effects. In the case of isolation of the major components of *C. campestris* extracts, it seemed possible to assume the importance of certain substances in the realization of their pharmacological activity, which is discussed in this review. Sugars and sugar acids, sex pheromones, tannins, carotenoids, amino acids, fatty acids and their esters, polyphenols (including flavonoids), coumarins, triterpenoids, vitamins, furans, pyrans and lactones were identified among the secondary metabolites. Due to the fact that the plant in question is widely represented on the territory of the Russian Federation and it is affordable, *C. campestris* is a promising object of research for the creation of new effective medicines based on it.

KEYWORDS: field dodder, *Cuscuta campestris*, secondary metabolites, chemical composition, biological activity.

FOR CITATION: Chiriapkin AS, Zolotykh DS, Kodonidi IP, Glushko AA, Shcherbakova LI. Chemical Composition and Biological Activity of Secondary Metabolites from *Cuscuta campestris*. *Juvenis scientia*. 2024;10(2):15-33. DOI: 10.32415/jscientia_2024_10_2_15-33.



ВВЕДЕНИЕ

Род *Cuscuta* включает около 200 паразитических растений, которые встречаются в умеренных и тропических регионах [1]. Наибольшее видовое разнообразие *Cuscuta* наблюдается в субтропических и тропических зонах. Растения указанного рода встречаются, например, в Ираке [2], Иране [3, 4], Китае [5], Ливане [6], Нигерии [7], Египте [8, 9], Индии [10, 11], Италии [12, 13], Тунисе [14], Турции [15, 16], России [17]. Из видового разнообразия рода *Cuscuta* можно выделить такого представителя, как *Cuscuta campestris* (повилика полевая), который представляет собой интересный объект с точки зрения фитохимического изучения [18–20] и спектра биологической активности [21–23].

В связи с паразитическим влиянием *Cuscuta* на различные растительные культуры, в том числе и пищевые, проводятся исследования с целью поиска эффективных, селективно выраженных гербицидов [2, 24, 25] или соединений с избирательным ингибированием прорастания растительного паразита [26–29]. Ведутся работы по выведению сортов растений, устойчивых к *Cuscuta* [3] и проведению специальных сельскохозяйственных приготовлений полей [30], которые направлены на борьбу с рассматриваемым растением. Изучается влияние различных факторов на произрастание паразита для поиска стратегии борьбы с ним [31, 32]. Исследуются механизмы сопротивляемости различных растений к *Cuscuta campestris*, что необходимо для выведения видов, способных противостоять пагубному воздействию сорняка [33, 34]. К тому же негативное влияние паразита заключается в его способности переносить различные патогены, в том числе вирусы растений [35–37]. При этом приводятся данные, что *Cuscuta campestris* может применяться для борьбы с другим растительным паразитом — *Mikania micrantha* [5, 38–42].

ТРАДИЦИОННАЯ МЕДИЦИНА

В традиционной медицине Южной Азии водные отвары семян *C. campestris* с добавлением молочной сыворотки применяются для терапии atopического дерматита [43]. В Пакистане водное извлечение целого растения *C. campestris* используется врачами традиционной практики

для лечения диабета. Терапия этого заболевания также осуществляется посредством извлечений *C. reflexa*. Однако, помимо водного экстракта *C. reflexa* еще применяют его свежий сок [44]. В Турции, например, в Мардине и его окрестностях, *C. campestris* задействуется для лечения гепатита и других заболеваний печени у взрослых и новорожденных детей [45]. В китайской медицине семена *C. campestris* употребляются для замедления процессов старения [46], а также при терапии заболеваний печени и почек [47, 48].

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ CUSCUTA CAMPESTRIS

Имеются данные литературы, в которых установлена способность *C. campestris* влиять на состав вторичных метаболитов растения-хозяина [24, 49–55], но при этом перенос питательных веществ от паразита к растению-хозяину происходит в небольших количествах [56]. В повилике полевой обнаружены различные классы органических соединений.

Сахара и сахарные кислоты. В стеблях, цветах и гаусториях были обнаружены ранее идентифицированные сахара и сахарные кислоты [20]. В семенах найдена D-аллоза [57].

Половые феромоны. В побегах и цветках был обнаружен ранее известный половой феромон — цис-цис-цис-7,10,13-гексадекатриенал [57].

Пигменты. В стеблях подтверждено содержание антраксантина и виолаксантина [58].

Танины. В спиртовых и ацетоновых извлечениях семян *C. campestris* обнаружено содержание галлотанинов в концентрациях 0,03 мг/г и 0,015 мг/г соответственно [59].

Каротиноиды. В стеблях содержатся лютеин, α - и β -каротины [58].

Органические кислоты. В стеблях и семенах обнаружены ранее известные органические кислоты [18, 22, 61].

Жирные кислоты и их эфиры. В хлороформно-метанольных экстрактах установлено высокое содержание ненасыщенных кислот, составляющее 80% от общего их содержания. Доля моноена от общего количества составила 53,6%; полиена — 26,4% [60]. Также в побегах, цветках,

гаусториях и в растении целиком идентифицированы различные жирные кислоты [20, 60, 57, 62, 63] и их эфиры [18, 57].

Флавоноиды. В *C. campestris* были идентифицированы как ранее известные, так и новые флавоноиды [18, 19, 22, 47, 61, 63, 64]. Установлено, что при тепловой обработке семян с добавлением метанола происходит изменение их химического состава. Так, количественное определение вторичных метаболитов из группы флавоноидов установило, что содержание кверцетина увеличивается в 23 раза, а количество гиперозида снижается с 0,8998 мг/г до 0,6463 мг/г [47].

Кумарины. В метанольном, этанольном и водном экстрактах, полученных методом мацерации высушенного целого растения *C. campestris*, идентифицирован следующий кумарин — 3'-метил-2-бензилиден-кумаран-3-он [18].

Фенольные соединения. В стеблях и семенах обнаружены ранее известные полифенольные соединения [19, 22, 57, 63], а также простые фенолы [18, 21, 57, 63, 64].

Спирты. В стеблях, цветках, гаусториях и в растении целиком обнаружены как ранее известные многоатомные спирты [20, 57, 62], так и жирные спирты (липиды) [57, 62].

Витамины. В побегах, цветках и семенах *C. campestris* идентифицированы γ -токоферол и его гликозидная форма: α -токоферол- β -D-маннозид [57].

Тритерпеноиды. В метанольном экстракте семян обнаружен кампестерол [44], а в метанольном экстракте надземной части идентифицирован лупеол [21].

Фураны. В семенах и растении целиком обнаружено три фурановых производных: бензофуран, бензофуран-2-карбоксальдегид [57] и 2,3-дигидробензофуран [18].

Пираны. В метанольном извлечении *C. campestris* идентифицировано два пирана: 2,3-дигидро-2H-пиран-2-он [57] и 6,7-диметокси-2H-1-бензопиран-2-он (скопарон) [18].

Лактоны. В метанольном экстракте целого растения подтверждено наличие 3-дезоксид-маннового лактона [57].

Аминокислоты. В стеблях, цветках, гаусториях и растении целиком обнаружены ранее известные аминокислоты [20, 60] и пептиды [65].

Сведения об обнаруженных в рассматриваемом растении соединениях систематизированы в табл. 1.

Таблица 1

Основные соединения, идентифицированные в *Cuscuta campestris*

Название	Источник выделения	Источник литературы
Сахара		
Галактоза	Стебли, цветки, гаустории	20
Генциобиоза	Стебли, цветки, гаустории	20
Глюкоза	Стебли, цветки, гаустории	20
Глюкопираноза	Стебли, цветки, гаустории	20
Ксилоза	Стебли, цветки, гаустории	20
Манноза	Стебли, цветки, гаустории	20
Сахароза	Стебли, цветки, гаустории	20
Талоза	Стебли, цветки, гаустории	20
Трегалоза	Стебли, цветки, гаустории	20
Фруктоза	Стебли, цветки, гаустории	20
Целлобиоза	Стебли, цветки, гаустории	20

Продолжение таблицы 1

Сахарные кислоты		
Галактаровая кислота	Стебли, цветки, гаустории	20
Галактуронозная кислота	Стебли, цветки, гаустории	20
Глюконозная кислота	Стебли, цветки, гаустории	20
Глюкуронозная кислота	Стебли, цветки, гаустории	20
Органические кислоты		
2-Пропеновая кислота	Растение целиком	18
Бензойная кислота	Растение целиком, стебли	18, 22, 66
Бутановая кислота	Растение целиком	18
Коричная кислота	Растение целиком	18
Кофейная кислота	Растение целиком	22, 67
Лимонная кислота	Растение целиком	18
Никотиновая кислота	Растение целиком	18
Пироглутаминовая кислота	Растение целиком	18
Пропановая кислота	Растение целиком	18
Синапиновая кислота	Растение целиком	61
Фумаровая кислота	Растение целиком	18
Шикимовая кислота	Растение целиком	18
Эритронозная кислота	Растение целиком	18
Яблочная кислота	Растение целиком	18
Янтарная кислота	Растение целиком	18
Флавоноиды		
Апигенин	Растение целиком	22
Астрагалин	Растение целиком	63, 64
Гесперидин	Растение целиком	61
Гиперозид	Семена Растение целиком	47 68
Изорамнетин	Растение целиком, стебли	22, 66, 67
Изорамнетин-3-О-глюкозид	Растение целиком	67
Кверцетин	Семена, стебли / побеги Растение целиком	19, 22, 47, 61 64, 66, 68
Кверцетин-3-О-глюкозид	Стебли / побеги Растение целиком	19 22
Кверцетин-3-О-β-D-галактозид	Растение целиком	63
Кверцетин-3-О-β-D-глюкозид	Растение целиком	63
Кверцетин-3-О-галактозид	Стебли / побеги	19

Продолжение таблицы 1

Кемферол	Стебли / побеги / семена Растение целиком	19, 22, 47, 64 66
Кемпферол-3-О-галактозид	Стебли / побеги	19
Кемпферол-3-О-глюкозид	Стебли / побеги	19
Рутин	Растение целиком Стебли	22 66
Простые фенолы		
2-Метокси-4-винилфенол	Растение целиком	18
4-((1E)-3-Гидрокси-1-пропенил)-2-метоксифенол	Растение целиком	18
Арбутин	Растение целиком	64
Ванилиновая кислота	Стебли Растение целиком	66 22
о-Кумаровая кислота	Стебли	66
п-Кумаровая кислота	Растение целиком Стебли	22, 67 66
Сиреневая кислота	Растение целиком	22
Тетрагидро-6-пропил-2-метокси-4-винилфенол	Семена	57
Тимол	Растение целиком	18
Феруловая кислота	Растение целиком Стебли	22 66
Эвгенол	Растение целиком	21, 61, 69
Полифенолы		
1,2,3,5-Циклогексантетрол	Семена	57
3,5-Дикаффеилхиновая кислота	Стебли / побеги	19
4,5-Дикаффеилхиновая кислота	Стебли / побеги	19
(1s,2s)-1,2,3-Тригидрокси-1(3',4'-метилendioкси-фенил)пропан	Растение целиком	63
Линоциннамарин	Растение целиком	63
Протокатеховая кислота	Растение целиком	22
Хинная кислота	Побеги / цветки Растение целиком	57 18
Хлорогеновая кислота	Стебли / побеги Растение целиком	19 22
Эллаговая кислота	Растение целиком	22
Половые феромоны		
Цис-цис-цис-7,10,13-гексадекатриенал	Побеги / цветки	57
Многоатомные спирты		
Галактинол	Стебли, цветки, гаустории	20

Продолжение таблицы 1

Инозитол	Стебли, цветки, гаустории	20
Ксилит	Стебли, цветки, гаустории	20
Маннит	Стебли, цветки, гаустории	20
Сорбит	Стебли, цветки, гаустории	20
Жирные спирты (липиды)		
1-Гептакозанол	Побеги / цветки	57
1-Октадеканол	Семена	57
Кампестерол	Растение целиком	62
Ситостерол	Растение целиком	62
Стигмастерол	Растение целиком	62
Тетракозанол-1	Семена	57
Холестерол	Растение целиком	62
Жирные кислоты		
Арахидоновая кислота	Растение целиком	60
Бегеновая кислота	Растение целиком	60
Гондоиновая кислота	Растение целиком	60
Лауриновая кислота	Растение целиком	60
Линолевая кислота	Растение целиком, стебли, цветки, гаустории, семена	20, 57, 60, 62
Линоленовая кислота	Растение целиком	60, 62
Миристиновая кислота	Растение целиком	60
Олеаноловая кислота	Растение целиком	63
Олеиновая кислота	Растение целиком	60, 62
Пальмитиновая кислота	Побеги / цветки, растение целиком, семена	57, 60, 62
	Стебли, цветки, гаустории	20
Пальмитоолеиновая кислота	Растение целиком	60
Стеариновая кислота	Растение целиком, стебли, цветки, гаустории	20, 60, 62
Триметилгексадекановая кислота	Семена	57
Генэйкозановая кислота	Растение целиком	60
Эйкозодиеновая кислота	Растение целиком	60
Элеостеариновая кислота	Стебли, цветки, гаустории	20
Эфиры жирных кислот		
(Z, Z)-2,3-Дигидроксипропиловый эфир октадекановой кислоты	Семена	57

Продолжение таблицы 1

Моно(2-этилгексил) сложный эфир 9,12-октадекадиеновой кислоты	Семена	57
Тридециловый эфир октадекановой кислоты	Семена	57
Этиловый эфир декадекановой кислоты	Растение целиком	18
Витамины		
α -Токоферол- β -D-маннозид	Побеги / цветки / семена	57
γ -Токоферол	Побеги / цветки / семена	57
Лигнаны		
Пинорезинол	Растение целиком	64
Сезамин	Растение целиком	63
Стеролы		
Кампестерол	Семена	57
Ситостерол	Растение целиком	63, 64
Стигмастерол	Побеги / цветки / семена, растение целиком	57, 63
Циклоартенол	Растение целиком	62
Циклоэваленол	Растение целиком	62
Эргост-5-ен-3-ол	Побеги / цветки	57
Фитостерины		
γ -Ситостерин	Побеги / цветки / семена	57
Терпены		
Лупеол	Надземная часть	21
Цинеол	Растение целиком	18
Фураны		
2,3-Дигидробензофуран	Растение целиком	18
Бензофуран	Семена	57
Бензофуран-2 карбоксальдегид	Семена	57
Пираны		
2,3-Дигидро-2Н-пиран-2-он	Семена	57
6,7-Диметокси-2Н-1-бензопиран-2-он	Растение целиком	18
Кумарины		
3'-Метил-2-бензилиден-кумаран-3-он	Растение целиком	18
Лактоны		
3-Дезокси-d-манноевый лактон	Семена	57

БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ

Лечение кожных заболеваний. С целью изучения влияния сыворотки с водным экстрактом семян *C. campestris* на течение атопического дерматита проведено рандомизированное двойное слепое плацебо-контролируемое клиническое исследование. В нем принимало участие 52 пациента с атопическим дерматитом средней и тяжелой степени. Водный экстракт семян *C. campestris*, высушенный методом распылительной сушки, в дозе 500 мг в капсулированной лекарственной форме принимался по 4 раза в день в течение 15 суток. Изучение состояния кожи проводилось по следующим пяти параметрам: влажность кожи, её эластичность, выделение кожного сала, водородный показатель (pH) поверхности кожи и пигментация. В результате установлено, что на фоне лечения наблюдалась тенденция к нормализации параметров состояния кожи, что позволяет рассматривать сыворотку с водным экстрактом семян *C. campestris* в качестве перспективного биокомплекса для терапии атопического дерматита [43, 70].

Противовоспалительная активность. Осуществлена оценка противовоспалительной активности метанольных экстрактов термически обработанных семян *C. campestris*. Для этого исследовалось их влияние на макрофагальные клетки RAW264.7. Аналитическим сигналом являлся уровень выработки ими оксида азота, который выступает в качестве показателя воспаления. Из результатов исследования следует, что продукция окиси азота макрофагами, стимулированными алкиллизосфосфолипидами, значительно снижалась при добавлении экстракта. При этом отмечается, что биологическая активность термически обработанных семян *C. campestris* была выше, чем у необработанных. Важно также, что экстракты не проявили цитотоксичности в тестируемых концентрациях 50–125 мг/мл. В этих же экстрактах в качестве одного из основных компонентов выделен кверцетин, который также проявил способность снижать продукцию оксида азота макрофагами. На предмет противовоспалительной активности исследовалось другое мажорное соединение экстрактов — гиперозид, который не проявил биологической активности. Таким образом, кверцетин является

основным веществом, способствующим реализации противовоспалительного эффекта экстрактов семян *C. campestris* [47].

Противовоспалительная активность этанольного экстракта целого растения *C. campestris* исследовалась *in vivo* путем моделирования воспалительного отека задней лапы крысы, вызванного каррагином. Извлечение вводили перорально в дозе 100 мг/кг. Из результатов следует, что каррагиновый отек заметно уменьшался при введении растительного компонента [23].

Транквилизирующая активность. Установлено, что этанольный экстракт целого растения *C. campestris* оказывал угнетающее влияние на центральную нервную систему. Так, при его введении происходило снижение двигательной активности мышей, помещенных на вращающийся стержень, а также наблюдалось увеличение процента неудачных попыток избегания животными поражения электрическим током [23].

Противоопухолевая активность. Антипролиферативная активность изучалась для экстрактов, получаемых из термически обработанных и сырых семян *C. campestris*, в отношении клеток рака молочной железы человека MCF-7 и MDA-MB-231. Эти клеточные линии обрабатывали различными количествами экстрактов и рассчитывали IC_{50} . Установлено, что IC_{50} для клеток MDA-MB-231 в случае термически обработанных семян составляет 0,15 мкг/мкл, а в случае обычных — 0,29 мкг/мкл. IC_{50} в отношении клеток MCF-7 для термически обработанных семян и для семян без термической обработки составлял 0,23 мкг/мкл и 0,43 мкг/мкл, соответственно. Проведено исследование влияния кверцетина, гиперозида и кемпферола, присутствующих в образцах экстрактов, на пролиферативную активность клеток рака молочной железы человека MCF-7 и MDA-MB-231. В результате установлено, что гиперозид не проявил биологической активности. Антипролиферативное действие кверцетина превышает таковое кемпферола. Вследствие того, что хроматографический анализ указывает на высокое содержание в экстрактах кверцетина и на низкую концентрацию кемпферола, сделан вывод о том, что именно кверцетин играет решающую роль в реализации противоопухолевой активности [47].

Исследовалась противораковая активность в отношении клеточных линий рака молочной железы (MCF-7 и MDA-MB-231) трех фракций экстракта надземных частей *C. campestris*, полученных с применением метилового спирта, в которых с помощью ядерного магнитного резонанса обнаружены лютеин, лупеол и эвгенол, а также их эпоксидные формы. При применении этих соединений уровень экспрессии мРНК генов p53, каспазы-3 и регулятора апоптоза BAX был повышен в обеих раковых линиях клеток. Однако экспрессия гена bcl-2 снизилась в обработанных клетках рака молочной железы, что свидетельствует о противоопухолевых свойствах [21].

На предмет противораковых свойств в отношении клеточной линии гепатоцеллюлярной карциномы человека SNU-398 изучались пять экстрактов целого растения *C. campestris*, полученных с применением диэтилового эфира, этилацетата, н-бутанола, метанола и воды, в которых в качестве мажорных вторичных метаболитов выявлены кверцетин, кемпферол и изорамнетин. Полученные данные свидетельствуют о том, что метанольные и этилацетатные экстракты обладают потенциальной противоопухолевой активностью. При этом для анализируемых извлечений выявлены безопасные диапазоны, когда они цитотоксичны для раковых клеточных линий SNU-398, но не проявляют цитотоксичности для нормальных клеточных линий hDFs. На основе литературных данных и полученных результатов предполагается, что решающую роль в реализации противоопухолевого действия играет кверцетин, а также изорамнетин и кемпферол, которые по химической структуре близки к кверцетину и могут быть получены друг из друга метаболическими путями [22].

Водно-этанольный экстракт надземной части *C. campestris* проявил значительную цитотоксичность в отношении опухолевых клеток острого миелоидного лейкоза человека HL60 и NB4 по сравнению с клетками PMN человека. Так, извлечение подавляло жизнеспособность клеток при значениях IC_{50} : 23,9 мкг/мл для клеток HL60 и 60,3 мкг/мл для клеток NB4 после 72-часовой обработки. Происходило индуцирование апоптоза и увеличение выработки активных форм кислоро-

да, без влияния на дифференцировку лейкозных клеток [71].

Очищенные фракции целого растения *C. campestris*, полученные с применением метилхлорида, петролейного эфира и этилацетата, были протестированы против клеток рака лёгких человека A-549, колоректального рака человека LS-513, рака шейки матки человека Hela, рака яичников человека SKOV-3, рака мочевого пузыря человека T-24 и рака поджелудочной железы человека PANC-1. В исследуемых извлечениях идентифицированы: β -ситостерин, стигмастерол, (1s,2s)-1,2,3-тригидрокси-1(3',4'-метилendioксифенил)пропан, d-сезамин, олеаноловая кислота, линоциннамарин, кверцетин-3-O- β -D-глюкозид, кверцетин-3-O- β -D-галактозид и астрагаллин. Фракция метилхлорида *in vitro* продемонстрировала самую высокую противоопухолевую активность в отношении всех типов рака. При этом фракция петролейного эфира проявила высокую цитотоксичность в отношении клеток рака поджелудочной железы, а фракция петролейного эфира показала выраженную активность против клеток рака поджелудочной железы, яичников и лёгких [63].

Жаропонижающая активность. Для этанольного извлечения целого растения *C. campestris* изучалось жаропонижающее действие путем внутривенной инъекции мышам 15-процентного водного раствора дрожжей в дозе 15 мг/кг. Пероральное введение экстракта в концентрации 50 и 100 мг/кг снижало температуру лабораторных животных в течение 3 часов [23].

Антиоксидантная активность. Проводились *in vitro* исследования антиоксидантной активности извлечений надземной части *C. campestris*, полученных с использованием в качестве экстрагента этилового спирта, ацетона и хлороформа. В результате исследования установлено, что этанольный экстракт показал наилучшую антиоксидантную активность в тестах: фосфомолибденовый анализ, тесты поглощения свободных радикалов, способности восстанавливать железо и перекисного окисления липидов. Экстракт, полученный с использованием этилового спирта, оказался в два раза более активным в фосфомолибденовом анализе по сравнению с ацетоновым и хлороформным извлечения-

ми. В 2,2-дифенил-1-пикрилгидразильном анализе (DPPH-анализ) по удалению свободных радикалов также более выраженный эффект продемонстрировало этанольное извлечение, активность которого была соизмерима с рутинем. Анализ антиоксидантной способности извлечений, основанной на восстановлении катиона железа Fe^{3+} в Fe^{2+} и характеризующей способность соединений переносить электроны, выявил, что IC_{50} для этилового экстракта составляет 761 мкг/мл, для ацетонового — 620 мкг/мл, а для хлороформного — 540 мкг/мл. Ацетоновый экстракт лучше остальных извлечений в ходе окислительно-восстановительных реакций нейтрализовал перекись водорода. Что касается способности извлечений поглощать гидроксильные радикалы, то наиболее высокую активность проявил хлороформный экстракт ($IC_{50} = 16,2$ мкг/мл). По способности снижать перекисное окисление липидов за счёт понижения образования гидропероксида все изучаемые извлечения проявили невысокую активность, которая значительно уступала токоферолу [59]. Метанольные экстракты семян *C. campestris* и *C. chinensis* восстанавливали активность таких антиоксидантных ферментов, как супероксиддисмутаза и каталаза, на уровне глутатиона в головном мозге при введении скополамина, который нарушал работоспособность ферментов [46].

Изучалась антиоксидантная активность этанольного, метанольного, хлороформного и водного извлечений стеблей *C. campestris* и *C. reflexa* в тесте поглощения свободных радикалов 1,1-дифенил-2-пикрилгидразилом (DPPH-анализ). Обнаружено, что экстракты обоих растений обладают высокой антиоксидантной способностью в разных концентрациях. В случае *C. campestris* самую высокую антиоксидантную активность продемонстрировал метанольный экстракт (87,31). Что касается *C. reflexa*, то более высокую биологическую активность показал этанольный экстракт (82,05), за которым следовал водный экстракт (81,31). Тем самым, вторичные метаболиты растений *C. campestris* и *C. reflexa* обладают сильным антиоксидантным действием [72].

Также методом DPPH-анализа проводилось изучение антиоксидантной активности экстрактов

целого растения *C. campestris*, которые получались с использованием диэтилового эфира, этилацетата, н-бутанола, метанола и воды. В данных извлечениях в качестве основных фенольных компонентов идентифицированы кверцетин, кемпферол и изорамнетин. Галловая кислота и кверцетин использовались в качестве репрезентативных фенольных и флавоноидных стандартов. Из результатов следует, что экстракт с использованием этилацетата продемонстрировал самую высокую антирадикальную активность с показателем концентрации экстракта, необходимой для удаления 50% свободных радикалов, равным $0,023 \pm 0,001$ мг/мл, а наиболее плохой результат наблюдался у н-бутанольного извлечения ($1,36 \pm 0,02$ мг/мл). При этом показатели галловой кислоты и кверцетина составили $0,003 \pm 0,000$ и $0,002 \pm 0,000$ мг/мл, соответственно [22].

Путем экстрагирования целого растения *C. campestris* 50-процентным этиловым спиртом и диметилсульфоксидом получены жидкие экстракты, которые снижают уровень продуктов перекисного окисления липидов (ПОЛ), индуцируемого в тесте с Fe^{2+} /аскорбатом. Выявлено, что спиртовое извлечение при концентрации 40 мкг/мг белка практически полностью устраняет ПОЛ в микросомах печени крыс. При этом активность экстракта *C. campestris* сопоставима с активностью такого природного антиоксиданта, как альфа-токоферол [73].

Церебропротекторная активность. Установлено, что введение метанольных экстрактов семян *C. campestris* и *C. chinensis* мышам приводит к восстановлению при расстройствах памяти, вызванных введением скополамина, как, например, в тесте пассивного избегания и в тесте пространственных характеристик водного лабиринта Морриса. Помимо этого, данные извлечения ингибировали активность ацетилхолинэстеразы центральной нервной системы на уровне малонового диальдегида. Антихолинэстеразные средства применяют для коррекции холинергической недостаточности при нейродегенеративной патологии, включая болезнь Альцгеймера [74–76]. Также экстракты снижали уровни интерлейкина-1 β и фактора некроза опухоли- α в головном мозге. Таким образом, фитокомплексы

соединений *C. campestris* и *C. chinensis* способны оказывать положительные эффекты при расстройстве памяти и холинергической недостаточности, а также уменьшать выраженность нейровоспаления. ВЭЖХ-анализ анализируемых растительных образцов позволил идентифицировать в их составе гиперозид, кверцетин и кемпферол [46].

Противогрибковая активность. Изучалась способность извлечений надземной части *C. campestris*, полученных с использованием в качестве экстрагента этилового спирта, ацетона и хлороформа, проявлять противогрибковую активность в отношении дрожжей *Candida albicans* и 8 других видов грибов: *Aspergillus niger*, *Alternaria alternata*, *Cladosporium cladosporioides*, *Trichoderma viride*, *Trichoderma harzianum*, *Penicillium chrysogenum*, *Penicillium verrucosum*, *Penicillium lividum*. Наилучшую противогрибковую активность проявил этанольный экстракт, поскольку его концентрация 6 мг/мл подавляла рост всех тестируемых грибов, за исключением *P. verrucosum*. При этом наиболее чувствительными грибами к противогрибковому действию были *T. viride*, *P. cyclopium* и *A. niger*. Для ингибирования 50% роста дрожжей концентрация извлечения этанолом составляла 25 мг/мл. Среди всех экстрактов хлороформное извлечение показало самую низкую противогрибковую активность. Так при концентрации 6 мг/мл оно ингибировало только рост *P. cyclopium* (50%), тогда как при концентрации 12 мг/мл происходило подавление роста большинства изучаемых грибов. Виды грибов, такие как *P. chrysogenum* и *C. cladosporioides*, были наиболее устойчивы к действию этого экстракта. *A. niger* проявлял почти одинаковую чувствительность к этанольным и ацетоновым экстрактам по сравнению с эталонным противогрибковым препаратом — флуконазолом [59].

Изучались противогрибковые свойства метанольного экстракта целого растения *C. campestris* методом дисковой диффузии на агаровой питательной среде в отношении *Candida albicans* FMC 17, *Candida glabrata* ATCC 66032, *Trichophyton spp.*, *Epidermophyton spp.* Тестируемый экстракт оказался эффективен против всех изучаемых грибов-дерматофитов. При этом эффективная доза для противогрибковой активности состав-

ляла для *Candida albicans*, *Candida glabrata* и *Trichophyton spp.* 6,25 мкл (около 6250 мкг), а для *Epidermophyton spp.* 50 мкл (около 12500 мкг) [45].

Противовирусная активность. Метанольное извлечение наземной части растения *C. campestris* исследовалось на предмет противовирусной активности в отношении вируса иммунодефицита человека (ВИЧ) первого типа с помощью набор антигенов ВИЧ-1 р24. При этом экстракт фракционировали и очищали, используя колонку с силикагелем. В анализируемых образцах установлено высокое содержание эвгенола и эвгенола оксида, которые в итоге были выделены в качестве индивидуальных веществ. В результате установлено, что эвгенол увеличивает пролиферацию мононуклеарных клеток периферической крови дозозависимым способом и уменьшает репликацию вируса. Эвгенола оксид ингибирует только ВИЧ-1 без влияния на мононуклеарные клетки. Он преимущественно действует на первую стадию размножения вируса, которая заключается в прикреплении вируса к клеточной мембране, его диффузии в клетку и процесса обратной транскрипции. Концентрация эвгенола и эвгенола оксида, необходимая для ингибирования более 90% репликации ВИЧ-1, составляет 500 мкг/мл. Таким образом, установлено, что извлечение из *C. campestris* обладает анти-ВИЧ-активностью за счёт содержащихся в нём флавоноидов, таких как эвгенол и эвгенола оксид [69].

Противомикробная активность. На предмет противомикробной активности анализировались извлечения, полученные путем экстрагирования этанолом, метанолом, хлороформом и водой высушенных и измельченных стеблей *C. campestris* и *C. reflexa*. Анализ проводился методом дисковой диффузии в отношении грамположительной бактерии *Staphylococcus aureus* и грамотрицательных бактерий: *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli* и *Klebsiella pneumoniae*. В качестве препарата сравнения использовался ампициллин. Установлено, что водные экстракты стеблей *C. campestris* превосходили другие извлечения по ингибирующей активности роста *P. aeruginosa*, *E. coli* и *K. pneumoniae*, а метанольный экстракт лучше подавлял активность *S. aureus*. При этом извлечения из *C. reflexa* показали более высокие

противомикробные свойства, чем у *C. campestris*. Так, экстракты этанолом и хлороформом проявили более высокую активность против *S. aureus* (14,00 ± 0,67 мм) и *K. pneumoniae* (14,00 ± 1,00 мм), а этанольный экстракт стеблей *C. reflexa* обладал более высокой бактерицидной активностью в отношении *P. aeruginosa* и *S. aureus*. Предполагается, что экстракты обладают антибактериальной активностью за счёт входящих в их состав различных биологически активных соединений, например, флавоноидов, которые могут образовывать комплексы с бактериальной клеточной стенкой, что обуславливает ингибирование патогенных микроорганизмов [72].

Имеются данные литературы, в которых приводятся результаты изучения противомикробной активности метанольных экстрактов в концентрации 25 мг/л методом дисковой диффузии. В качестве микроорганизмов использовали *Staphylococcus aureus* COWAN 1, *Bacillus megaterium* DSM 32, *Escherichia coli* ATCC 25922, *Pseudomonas aeruginosa* DMS 50071 SCOTTA, которые наиболее часто встречаются у человека. В ходе исследования установлено, что данное извлечение обладает умеренной антимикробной активностью в отношении всех микроорганизмов со следующими значениями зоны ингибирования: *Escherichia coli*, *P. aeruginosa*, *C. albicans* и *C. glabrata* (14,7 мм/зона ингибирования), *S. aureus* (14,3 мм/зона ингибирования), *B. megaterium* (17,7 мм/зона ингибирования), *Epidermophyton spp.* (13,0 мм/зона ингибирования), *Trichophyton spp.* (19,7 мм/зона ингибирования) [45].

Анальгетическая активность. Проводилось изучение обезболивающей активности этанольного экстракта целого растения по методу Okun et al. (1963). В качестве химического болевого раздражителя использовали 0,02%-ный раствор п-бензохинона, который вводился мышам внутривентрально. Экстракты применяли перорально в дозах 50 и 100 мг/кг. Результаты свидетельствуют, что при введении спиртового извлечения в дозе 100 мг/кг фиксируется анальгетический эффект от вызванного п-бензохиноном болевого раздражения [23].

Метанольное извлечение, полученное мацерацией целого растения *C. campestris*, анализировалось на предмет анальгетической активности

на лабораторных мышах тестом на укусы корочки и способом теплопроводности. Экстракт растения продемонстрировал значительное обезболивающее действие, сравнимое с референтным препаратом (диклофенак натрия) против боли, вызванной уксусной кислотой, а также у мышей в тесте теплопроводности с использованием тепловых стимулов при трех уровнях доз: 100, 200 и 400 мг/кг. Предполагается на состав вторичных метаболитов *C. campestris*, способных реализовывать обезболивающие свойства, оказало паразитирование этого растения на *Nerium indicum* [77].

Гепатопротекторная активность. Этанольный экстракт целого растения *C. campestris* исследовался на мышах с целью изучения его влияния на печень в условиях моделирования хронической гепатотоксичности четыреххлористым углеродом. В данном растительном извлечении ВЭЖХ-анализом установлено содержание гиперозида и кверцетина. Биохимическими маркерами состояния печени служили уровень аланинаминотрансферазы, аспаратаминотрансферазы, триглицеридов, холестерина, также оценивалось развитие фиброза печени. В результате выявлено, что 20, 100 и 500 мг/кг экстракта снижали уровень малонового диальдегида и усиливали активность антиоксидантных ферментов печени, включая супероксиддисмутазу, глутатионпероксидазу и глутатионредуктазу. При этом в сыворотке крови лабораторных животных наблюдалось значительное повышение уровня аланинаминотрансферазы, аспаратаминотрансферазы, триглицеридов и холестерина. Данные свидетельствуют о наличии у растительного извлечения защитных свойств при повреждениях печени [68].

Токсичность у животных. Установлено, что в случае присутствия в общем количестве грубых кормов видов *Cuscuta* более 50% у животных возможны токсические поражения. У крупного рогатого скота, лошадей и кроликов наблюдается анорексия, учащение пульса, дыхания, усиление перистальтики кишечника с последующей атонией, диарея [78]. Проводились исследования с целью изучения гематологических и биохимических показателей сыворотки крови лошадей при интоксикации вследствие употребления в пищу видов *Cuscuta*.

У этих животных наблюдалась диарея, снижение аппетита и неврологические нарушения. Биохимический анализ сыворотки крови выявил снижение уровней аланинаминотрансферазы, аспартатаминотрансферазы и креатинкиназы и повышение уровня прямого билирубина. При прекращении употребления корма, содержащего *Cuscuta*, клинические проявления исчезли через 3 дня [79].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании анализа данных литературы установлены основные группы вторичных метаболитов с указанием конкретных соединений, а также приведены основные виды биологической активности галеновых препаратов *C. campestris*. Весьма перспективной является разработка извлечений

данного растения с реализацией ими противопалательной, противоопухолевой, антиоксидантной, гепатопротекторной, антимикробной и противовирусной активности.

Финансирование: Авторы заявляют об отсутствии финансирования.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов: Все авторы подтверждают соответствие своего авторства, согласно международным критериям *ICMJE* (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

1. Masanga J, Mwangi BN, Kibet W, et al. *Physiological and ecological warnings that dodders pose an exigent threat to farmlands in Eastern Africa*. Plant Physiology. **2021**;185(4):1457–1467. DOI: 10.1093/plphys/kiab034.
2. Al-Gburi BK. *Effect of different control applications on Cuscuta campestris, and biochemical content of eggplant*. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences. **2021**;20(4):209–216. DOI: 10.1016/j.jssas.2021.01.007.
3. Roozkhosh M, Azami-Sardooei Z, Fekrat F, et al. *Tolerance to dodder (Cuscuta campestris L.) in citrus species of south of Kerman province–Iran*. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences. **2022**;21(5):331–338. DOI: 10.1016/j.jssas.2021.10.002.
4. Ghous K, Sajedi S, Mirzaee MR, et al. *First report of parasite dodder (Cuscuta campestris) on jujube trees (Ziziphus jujuba) from Iran*. Archives Of Phytopathology And Plant Protection. **2013**;46:16:2023–2024. DOI: 10.1080/03235408.2013.782646.
5. Yu H, Yu FH, Miao SL, et al. *Holoparasitic Cuscuta campestris suppresses invasive Mikania micrantha and contributes to native community recovery*. Biological Conservation. **2008**;141(10):2653–2661. DOI: 10.1016/j.biocon.2008.08.002.
6. Haidar MA, Iskandarani N, Sidahmed M, et al. *Response of field dodder (Cuscuta campestris) seeds to soil solarization and chicken manure*. Crop Protection. **1999**;18(4):253–258. DOI: 10.1016/S0261-2194(99)00023-X.
7. Mishra JS, Moorthy BTS, Bhan M, et al. *Relative tolerance of rainy season crops to field dodder (Cuscuta campestris) and its management in niger (Guizotia abyssinica)*. Crop protection. **2007**;26(4):625–629. DOI: 10.1016/j.cropro.2006.05.016.
8. Ahmed AM, Eisa SS, El-Shamey I, et al. *A study on the flora of El-Qantara Sharq in North Sinai, Egypt*. Annals of Agricultural Sciences. **2015**;60(1):169–182. DOI: 10.1016/j.aogas.2015.05.001.
9. Chrtek J, Osbornová J. *Notes on the synanthropic plants of Egypt 3. Grammica campestris and other species of familyCuscutaceae*. Folia geobot. Phytotax. **1991**;26:287–314. DOI: 10.1007/BF02912750.
10. Baráth K. *The genus Cuscuta (Convolvulaceae) in the Andaman Islands with a new record*. Acta Botanica Hungarica. **2009**;51(3–4):261–272. DOI: 10.1556/abot.51.2009.3-4.3.

11. Baráth K. *Cuscuta subgenus Grammica (Convolvulaceae) on the Palni Hills with a new record*. Acta Botanica Hungarica. **2010**;52(3–4):227–238. DOI: 10.1556/abot.52.2010.3-4.2.
12. Bonanomi G, Salvatori N, Zotti M, et al. *Parasitic plant causes an ephemeral “rainbow” pattern in a reservoir bank*. Journal of Vegetation Science. **2021**;32(1): e12931. DOI: 10.1111/jvs.12931.
13. Chen JingYing CJ, Chen JingYao CJ, Xu XiuDan XX. *Advances in research of longan witches’ broom disease*. Acta Horticulturae. **2001**;558:413–416.
14. El Mokni R, Elaissi A, El Aouni MH. *Cuscuta campestris (Cuscutaceae) une holoparasite nouvelle et envahissante pour la flore de Tunisie*. Flora Mediterranea. **2016**;26:179–189. DOI: 10.7320/FIMedit26.179.
15. Yazlık A, Ambarlı D. *Do non-native and dominant native species carry a similar risk of invasiveness? A case study for plants in Turkey*. NeoBiota. **2022**;76:53–72. DOI: 10.3897/neobiota.76.85973.
16. Üstüner T. *The effect of field dodder (Cuscuta campestris Yunck.) on the leaf and tuber yield of sugar beet (Beta vulgaris L.)*. Turkish journal of Agriculture and Forestry. **2018**;42(5):348–353. DOI: 10.3906/tar-1711-108.
17. Seregin AP. *Expansions of plant species to the flora of Vladimir oblast (Russia) in the last decade. Second report*. Russ J Biol Invasions. **2015**;6:202–221. DOI: 10.1134/S2075111715030066.
18. Amini M, Deljou A, Nabiabad HS. *Improvement of in vitro embryo maturation, plantlet regeneration and transformation efficiency from alfalfa (Medicago sativa L.) somatic embryos using Cuscuta campestris extract*. Physiology and molecular biology of plants. **2016**;22:321–330. DOI: 10.1007/s12298-016-0374-y.
19. Löffler C, Czygan FC, Proksch P. *Phenolic constituents as taxonomic markers in the genus Cuscuta (Cuscutaceae)*. Biochemical systematics and ecology. **1997**;25(4):297–303. DOI: 10.1016/S0305-1978(97)00015-X.
20. Kumar K, Amir R. *The Effect of a Host on the Primary Metabolic Profiling of Cuscuta Campestris’ Main Organs, Haustoria, Stem and Flower*. Plants. **2021**;10:2098. DOI: 10.3390/plants10102098.
21. Behbahani M. *Evaluation of In Vitro Anticancer Activity of Ocimum Basilicum, Alhagi Maurorum, Calendula Officinalis and Their Parasite Cuscuta Campestris*. PLoS ONE. **2014**;9(12): e116049. DOI: 10.1371/journal.pone.0116049.
22. Selvi EK, Turumtay H, Demir A, et al. *Phytochemical profiling and evaluation of the hepatoprotective effect of Cuscuta campestris by high-performance liquid chromatography with diode array detection*. Analytical Letters. **2018**;51(10):1464–1478. DOI: 10.1080/00032719.2017.1382502.
23. Agha AM, Sattar EA, Galal A. *Pharmacological study of Cuscuta campestris Yuncker*. Phytotherapy research. **1996**;10(2):117–120. DOI: 10.1002/(SICI)1099-1573(199603)10:2<117::AID-PTR782>3.0.CO;2-X.
24. Saric-Krsmanovic MM, Bozic DM, Radivojevic LM, et al. *Effect of Cuscuta campestris parasitism on the physiological and anatomical changes in untreated and herbicide-treated sugar beet*. Journal of Environmental Science and Health, Part B. **2017**;52(11):812–816. DOI: 10.1080/03601234.2017.1356167.
25. Moreno-Robles A, Cala Peralta A, Zorrilla JG, et al. *Identification of Structural Features of Hydrocinnamic Acid Related to Its Allelopathic Activity against the Parasitic Weed Cuscuta campestris*. Plants. **2022**;11:2846. DOI: 10.3390/plants11212846.
26. Andolfi A, Zermane N, Cimmino A, et al. *Inuloxins A–D, phytotoxic bi- and tri-cyclic sesquiterpene lactones produced by Inula viscosa: Potential for broomrapese and field dodder management*. Phytochemistry. **2013**;86:112–120. DOI: 10.1016/j.phytochem.2012.10.003.
27. Marinov-Serafimov P, Golubinova I, Ilieva A, et al. *Allelopathic activity of some parasitic weeds*. Acta Agriculturae Serbica. **2017**;22(43):89–101. DOI: 10.5937/AASer1743089M.
28. Fernández-Aparicio M, Soriano G, Masi M, et al. *(4Z)-Lachnophyllum Lactone, an Acetylenic Furanone from Conyza bonariensis, Identified for the First Time with Allelopathic Activity against Cuscuta campestris*. Agriculture. **2022**;12:790. DOI: 10.3390/agriculture12060790.

29. Mousavi EA, Nasibi F, Manouchehri Kalantari K, et al. *Stimulation effect of carrageenan on enzymatic defense system of sweet basil against Cuscuta campestris infection*. Journal of Plant Interactions. **2017**;12(1):286–294. DOI: 10.1080/17429145.2017.1341560.
30. Zagorchev LI, Petrova VP, Albanova I, et al. *Salinity modulates crop plants suitability as hosts for Cuscuta campestris parasitism*. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences. **2022**;21(5):324–330. DOI: 10.1016/j.jssas.2021.10.008.
31. Benvenuti S, Dinelli G, Bonetti A, et al. *Germination ecology, emergence and host detection in Cuscuta campestris*. Weed Research. **2005**;45(4):270–278. DOI: 10.1111/j.1365-3180.2005.00460.x.
32. Baráth K. *Effect of species environment on host preference of Cuscuta campestris*. Plant Ecol. **2021**;222:1023–1032. DOI: 10.1007/s11258-021-01158-w.
33. Mishra JS, Moorthy BTS, Bhan M. *Relative tolerance of linseed (Linum usitatissimum) varieties to dodder (Cuscuta campestris) infestation*. The Indian Journal of Agricultural Sciences. **2006**;76(6):380–382.
34. Wang WB, Gao FF, Shao MN, et al. *First record of field dodder (Cuscuta campestris) parasitizing invasive buffalobur (Solanum rostratum)*. J Plant Pathol. **2020**;102:703–707. DOI: 10.1007/s42161-020-00578-3.
35. Teofanova D, Lozanova Y, Lambovska K, et al. *Cuscuta spp. populations as potential reservoirs and vectors of four plant viruses*. Phytoparasitica. **2022**;50:555–566. DOI: 10.1007/s12600-022-00981-9.
36. Dutta DS., Kalita MK, Nath PD. *Detection, characterization and management of brinjal little leaf disease in Assam*. J. Environ. Biol. **2022**;43:460–467. DOI: 10.22438/jeb/43/3/MRN-2002.
37. Mikona C, Jelkmann W. *Replication of Grapevine leafroll-associated virus-7 (GLRaV-7) by Cuscuta species and its transmission to herbaceous plants*. Plant disease. **2010**;94(4):471–476. DOI: 10.1094/PDIS-94-4-0471.
38. Li FengLan LF, Li MingGuang LM, Zan QiJie ZQ, et al. *Effects of the residues of Cuscuta campestris and Mikania micrantha on subsequent plant germination and early growth*. Journal of Integrative Agriculture. **2012**;11(11):1852–1869.
39. Shen H, Ye W, Hong L, et al. *Influence of the obligate parasite Cuscuta campestris on growth and biomass allocation of its host Mikania micrantha*. Journal of Experimental Botany. **2005**;56(415):1277–1284. DOI: 10.1093/jxb/eri128.
40. Shen H, Hong L, Ye W, et al. *The influence of the holoparasitic plant Cuscuta campestris on the growth and photosynthesis of its host Mikania micrantha*. Journal of Experimental Botany. **2007**;58(11):2929–2937. DOI: 10.1093/jxb/erm168.
41. Wu Z, Guo Q, Li M, et al. *Factors restraining parasitism of the invasive vine Mikania micrantha by the holoparasitic plant Cuscuta campestris*. Biological invasions. **2013**;15:2755–2762. DOI: 10.1007/s10530-013-0490-3.
42. Lian JY, Ye WH, Cao HL, et al. *Influence of obligate parasite Cuscuta campestris on the community of its host Mikania micrantha*. Weed Research. **2006**;46(6):441–443. DOI: 10.1111/j.1365-3180.2006.00538.x.
43. Mehrbani M, Choopani R, Fekri A, et al. *The efficacy of whey associated with dodder seed extract on moderate-to-severe atopic dermatitis in adults: A randomized, double-blind, placebo-controlled clinical trial*. Journal of Ethnopharmacology. **2015**;172:325–332. DOI: 10.1016/j.jep.2015.07.003.
44. Ghulam Yaseen GY, Mushtaq Ahmad MA, Muhammad Zafar MZ, et al. *Traditional management of diabetes in Pakistan: ethnobotanical investigation from Traditional Health Practitioners*. Journal of Ethnopharmacology. **2015**;174:91–117.
45. Sönmez PE, Kirbağ S, Şule İNCİ. *Antifungal and antibacterial effect of dodder (Cuscuta campestris) used for hepatitis treatment of mothers and newborn infants in province Mardin in Turkey*. Yuzuncu Yil University Journal of Agricultural Sciences. **2019**;29(4):722–730. DOI: 10.29133/yyutbd.605970.
46. Lin M-K, Lee M-S, Huang H-C, et al. *Cuscuta chinensis and C. campestris Attenuate Scopolamine-Induced Memory Deficit and Oxidative Damage in Mice*. Molecules. **2018**;23(12):3060. DOI: 10.3390/mole-

- cules23123060.
47. Lee MengShiou LM, Chen ChaoJung CC, Wan Lei WL, et al. *Quercetin is increased in heat-processed Cuscuta campestris seeds, which enhances the seed's anti-inflammatory and anti-proliferative activities*. Process Biochemistry. **2011**;46(12):2248–2254.
 48. Chang L, Xu D, Zhu J, et al. *Herbal Therapy for the Treatment of Acetaminophen-Associated Liver Injury: Recent Advances and Future Perspectives*. Front. Pharmacol. **2020**;11:313. DOI: 10.3389/fphar.2020.00313.
 49. Mishra S, Sanwal GG. *Changes in lipid composition of Brassica siliquae upon infection by Cuscuta*. Journal of plant physiology. **1995**;146(3):303–306. DOI: 10.1016/S0176-1617(11)82058-4.
 50. Zhou L, Lu QW, Yang BF, et al. *Integrated small RNA, mRNA, and degradome sequencing reveals the important role of miRNAs in the interactions between parasitic plant Cuscuta australis and its host Trifolium repens*. Scientia Horticulturae. **2021**;289: 110458. DOI: 10.1016/j.scienta.2021.110458.
 51. Sarić-Krsmanović M, Dragumilo A, Gajić Umiljendić J, et al. *Infestation of field dodder (Cuscuta campestris Yunck.) promotes changes in host dry weight and essential oil production in two aromatic plants, peppermint and chamomile*. Plants. **2020**;9(10):1286. DOI: 10.3390/plants9101286.
 52. Zagorchev L, Traianova A, Teofanova D, et al. *Influence of Cuscuta campestris Yunck. on the photosynthetic activity of Ipomoea tricolor Cav. — in vivo chlorophyll a fluorescence assessment*. Photosynthetica. **2020**;58: 422–232. DOI: 10.32615/ps.2020.004.
 53. Flores-Sánchez IJ, Garza-Ortiz A. *Is there a secondary/specialized metabolism in the genus Cuscuta and which is the role of the host plant?*. Phytochemistry Reviews. **2019**;18:1299–1335. DOI: 10.1007/s11101-019-09649-5.
 54. Mishra S, Sanwal GG. *Effect of Cuscuta infection on chloroplast lipid composition of Brassica leaves*. European journal of plant pathology. **1994**;100:61–70. DOI: 10.1007/BF01871966.
 55. Landi M, Misra BB, Nocito FF, et al. *Metabolic changes induced by Cuscuta campestris Yunck in the host species Artemisia campestris subsp. variabilis (Ten.) Greuter as a strategy for successful parasitisation*. Planta. **2022**;256(6):118. DOI: 10.1007/s00425-022-04025-8.
 56. Farzan S. *Field dodder (Cuscuta campestris) does not promote nutrient transfer between parasitized host plants*. The Southwestern Naturalist. **2014**;59(4):517–521. DOI: 10.1894/JEM-06.1.
 57. Al-Gburi BKH, Al-Sahaf FH, Al-Fadhil FA, et al. *Detection of phytochemical compounds and pigments in seeds and shoots of Cuscuta campestris parasitizing on eggplant*. Physiology and Molecular Biology of Plants. **2019**;25:253–261. DOI: 10.1007/s12298-018-0630-4.
 58. Dinelli G, Bonetti A, Tibiletti E. *Photosynthetic and accessory pigments in Cuscuta campestris Yuncker and some host species*. Weed Research. **1993**;33(3):253–260. DOI: 10.1111/j.1365-3180.1993.tb01939.x.
 59. Jakovljević VD, Vruć MM, Vrbničanin S, et al. *Phytochemical, Free Radical Scavenging and Antifungal Profile of Cuscuta campestris Yunck. Seeds*. Chemistry & Biodiversity. **2018**;15(8): e1800174. DOI: 10.1002/cbdv.201800174.
 60. Zhusupova AI. *Amino-acid, fatty-acid, and microelement compositions of Cuscuta campestris substance*. Chemistry of Natural Compounds. **2009**;45:771–772. DOI: 10.1007/s10600-009-9449-0.
 61. Noreen Sh, Noreen S, Ghumman ShA, et al. *The genus Cuscuta (Convolvaceae): An updated review on indigenous uses, phytochemistry, and pharmacology*. Iran J Basic Med Sci **2019**;22:1225–1252. DOI: 10.22038/ijbms.2019.35296.8407.
 62. Stanley JL, Patterson GW. *Sterols and fatty acids of some non-photosynthetic angiosperms*. Phytochemistry. **1977**;16(10):1611–1612. DOI: 10.1016/0031-9422(77)84040-5.
 63. Hendawy MS, Naeem ZM, Lahloub MF, et al. *Chemical and Cytotoxic activities Study of Cuscuta campestris Yunck*. World Journal of Pharmaceutical Sciences. **2021**;9(2):72–80.
 64. Bakar B, Leong ST, Othman MR, et al. *Allelochemicals in Cuscuta campestris Yuncker*. The 4th Tropical Weed Science Conference. **2013**;4:16–22. DOI: 10.13140/2.1.1708.5763.

65. Vurro E, Ruotolo R, Ottonello S, et al. *Phytochelatin*s govern zinc/copper homeostasis and cadmium detoxification in *Cuscuta campestris* parasitizing *Daucus carota*. Environmental and Experimental Botany. **2011**;72(1):26–33. DOI: 10.1016/j.envexpbot.2010.04.017.
66. Akiner MM, Kiliçkaya Selvi E, Öztürk M, et al. *Toxic efficacy of Cuscuta campestris* Yunck. (Solanales: Convolvulaceae) and *Lupinus albus* L. (Fabales: Fabaceae) plant crude extracts against nymphs and adults of *Orosanga japonica* (Melichar, 1898) (Hemiptera: Ricaniidae) under laboratory conditions. Turkish Journal of Entomology. **2021**;45(1):65–75. DOI: 10.16970/entoted.74343.
67. Hřibová P, Žemlička M, Bartl T, et al. *Newly Identified Phenolic Compounds in Parasitic Plants Cuscuta europaea and Cuscuta campestris*. Chemické Listy. **2009**;103:243–245.
68. Peng W-H, Chen Y-W, Lee M-S, et al. *Hepatoprotective Effect of Cuscuta campestris* Yunck. Whole Plant on Carbon Tetrachloride Induced Chronic Liver Injury in Mice. International Journal of Molecular Sciences. **2016**;17(12):2056. DOI: 10.3390/ijms17122056.
69. Behbahani M, Mohabatkar H, Soltani M. *Anti-HIV-1 Activities of Aerial Parts of Ocimum basilicum and its Parasite Cuscuta campestris*. J Antivir Antiretrovir. **2013**;5:057–061. DOI: 10.4172/jaa.1000064.
70. Clement Y, Mehrabani M. *Short-term use of whey and dodder seed extract improve objective skin parameters and pruritus in patients with moderate-to-severe atopic dermatitis*. Focus on Alternative and Complementary Therapies. **2016**;1(21):66–67. DOI: 10.1111/fct.12226.
71. Moradzadeh M, Hosseini A, Rakhshandeh H, et al. *Cuscuta campestris induces apoptosis by increasing reactive oxygen species generation in human leukemic cells*. Avicenna J Phytomed. **2018**;8(3):237–245.
72. Ashraf R, Shaheen H, Firdous SS, et al. *Comparative in vitro biological activity analysis of Cuscuta reflexa Roxb. and C. campestris Yuncker*. Bangladesh Journal of Botany. **2020**;49(2):249–256.
73. Жусупова Г. Е., Шалахметова Т. М., Мурзахметова М. К., и др. *Антиоксидантная активность некоторых препаратов, полученных на основе растений Казахстана* // Вестник Новосибирского государственного педагогического университета. **2013**. Т. 5, № 15. С. 43–65. [Zhupusova GE, Shalakhmetova TM, Murzakhmetova MK. *Antioxidant activity of some preparations, obtained on the basis of Kazakhstani plants*. Novosibirsk State Pedagogical University Bulletin. **2013**;5(15):43–65. (in Russ.). EDN: RFUNTF.
74. Поздняков Д. И., Чиряпкин А. С., Кодониди И. П. *Новые производные 6,7-диметоксихиназолин-4(3H)-она как перспективные соединения для терапии болезни Альцгеймера* // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. **2023**. Т. 26, № 4. С. 23–27. [Pozdnyakov DI, Chiriapkin AS, Kodonidi IP. *Novel 6,7-dimethoxyquinazolin-4(3H)-one derivatives as promising compounds for the therapy of Alzheimer's disease*. Problems of Biological Medical and Pharmaceutical Chemistry. **2023**;26(4):23–27. (in Russ.). DOI: 10.29296/25877313-2023-04-04. EDN: DBQBX5.
75. Chiriapkin AS, Kodonidi IP, Pozdnyakov DI, et al. *Synthesis, in vitro and docking studies of 2-substituted 5,6,7,8-tetrahydrobenzo[4,5]thieno[2,3-d]pyrimidine-4(3H)-one derivatives as agents for the treatment of Alzheimer's disease*. Chimica Techno Acta. **2022**;9(2):20229204. DOI: 10.15826/chimtech.2022.9.2.04.
76. Chiriapkin AS, Kodonidi IP, Pozdnyakov DI, et al. *Synthesis and QSAR of new azomethine derivatives as agents for the treatment of Alzheimer's disease*. Pharmacologyonline. **2021**;3:563–584.
77. Ghule RS, Venkatanarayan R, Thakare SP, et al. *Analgesic activity of Cuscuta campestris Yuncker a parasitic plant grown on Nerium indicum Mill*. Journal of Advanced Pharmaceutical Technology & Research. **2011**;1:45–51.
78. Costea M, Tardif FJ. *The biology of Canadian weeds. 133. Cuscuta campestris Yuncker, C. gronovii Willd. ex Schult., C. umbrosa Beyr. ex Hook., C. epithymum (L.) L. and C. epilinum Weihe*. Canadian Journal of Plant Science. **2006**;86(1):293–316. DOI: 10.4141/P04-077.
79. Abutarbush SM. *Alfalfa dodder (Cuscuta campestris) toxicity in horses: clinical, haematological and serum biochemical findings*. Veterinary Record. **2013**;173(4):95–95. DOI: 10.1136/vr.101635.

АВТОРЫ [AUTHORS]

✉ *Чиряпкин Алексей Сергеевич*, преподаватель кафедры фармацевтической химии Пятигорского медико-фармацевтического института — филиал ВолгГМУ; ORCID: 0000-0001-8207-2953; email: alexey.chiriapkin@yandex.ru.

Золотых Денис Сергеевич, кандидат фармацевтических наук, доцент кафедры токсикологической и аналитической химии Пятигорского медико-фармацевтического института — филиал ВолгГМУ; ORCID: 0000-0001-6314-080X.

Кодониди Иван Панайотович, доктор фармацевтических наук, заведующий кафедрой фармацевтической химии Пятигорского медико-фармацевтического института — филиал ВолгГМУ; ORCID: 0000-0003-1333-3472.

Глушко Александр Алексеевич, кандидат фармацевтических наук, доцент кафедры неорганической, физической и коллоидной химии Пятигорского медико-фармацевтического института — филиала ВолгГМУ; ORCID: 0000-0001-7465-5657.

Щербакова Лариса Ивановна, кандидат фармацевтических наук, заведующий кафедрой неорганической, физической и коллоидной химии Пятигорского медико-фармацевтического института — филиал ВолгГМУ; ORCID: 0000-0002-7806-2805.

✉ *Chiriapkin Alexey Sergeevich*, lecturer of the Department of Pharmaceutical Chemistry of the Pyatigorsk Medical and Pharmaceutical Institute — Branch of Volgograd State Medical University; ORCID: 0000-0001-8207-2953; email: alexey.chiriapkin@yandex.ru.

Zolotykh Denis Sergeevich, Candidate of Pharmaceutical Sciences, Associate Professor of the Department of Toxicological and Analytical Chemistry of the Pyatigorsk Medical and Pharmaceutical Institute — Branch of Volgograd State Medical University; ORCID: 0000-0001-6314-080X.

Kodonidi Ivan Panayotovitch, Doctor of Pharmaceutical Sciences, Head of the Department of Pharmaceutical Chemistry of the Pyatigorsk Medical and Pharmaceutical Institute — Branch of Volgograd State Medical University; ORCID: 0000-0003-1333-3472.

Glushko Alexander Alekseevich, Candidate of Pharmaceutical Sciences, Associate Professor of the Department of Inorganic, Physical and Colloidal Chemistry of the Pyatigorsk Medical and Pharmaceutical Institute — Branch of Volgograd State Medical University; ORCID: 0000-0001-7465-5657.

Shcherbakova Larisa Ivanovna, Candidate of Pharmaceutical Sciences, Head of the Department of Inorganic, Physical and Colloidal Chemistry of the Pyatigorsk Medical and Pharmaceutical Institute — Branch of Volgograd State Medical University; ORCID: 0000-0002-7806-2805.

Поступила в редакцию: 14.02.2024

Принята к печати: 20.04.2024

Опубликована: 30.04.2024