

АНАЛИЗ АМИНОКИСЛОТНОГО И ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ЛИСТЬЕВ ОМЕЛЫ БЕЛОЙ

© Червонная Н.М., Аджахметова С.Л., Поздняков Д.И., Оганесян Э.Т.

Пятигорский медико-фармацевтический институт – филиал Волгоградского государственного медицинского университета (ПМФИ – филиал ВолГМУ)

Россия, 357532, Ставропольский край, г. Пятигорск, пр. Калинина, д. 11

Цель: сравнительное изучение аминокислотного и элементного состава листьев омелы белой (*Viscum album* L.) и растений-хозяев.

Материалы и методы. Аминокислотный и элементный состав в сырье и извлечениях из листьев омелы белой и соответствующего растения-хозяина, полученных экстракцией спиртом этиловым 50%, определяли методом капиллярного электрофореза.

Результаты. Предварительно в листьях омелы белой методом восходящей бумажной хроматографии идентифицированы глицин, аланин, лейцин, пролин, метионин, валин, аспарагин, аспарагиновая и глутаминовая кислоты. Методом капиллярного электрофореза установлено, что в сырье и извлечениях в наибольшем количестве содержатся пролин, валин, аланин, треонин и метионин. Установлено, что содержание пролина в 16 раз выше в листьях омелы белой, чем в листьях яблони домашней, и в 5 раз выше, чем в листьях груши обыкновенной. В спирто-водных извлечениях содержание пролина выше в 5 и 1,5 раза соответственно. Следует отметить, что в сырье и извлечениях из омелы белой, полученных экстракцией 50% спиртом этиловым, количественно преобладает калий. По сравнению с листьями яблони листья омелы накапливают на 4,5 раза больше калия, а в сравнении с листьями груши – на 1,5 раза больше; в извлечениях содержание так же выше в 3 и 2 раза соответственно.

Заключение. В сырье и извлечениях из омелы белой обнаружено 13 свободных аминокислот, из которых 6 – незаменимых (Arg, Phe, Leu, Met, Thr, Val). Было установлено, что количественно в сырье и извлечениях из омелы белой преобладает калий.

Ключевые слова: листья омелы белой; аминокислоты; макро- и микроэлементы.

Червонная Надежда Михайловна – канд. фармацевт. наук, доцент кафедры органической химии, ПМФИ – филиал ВолГМУ, г. Пятигорск. ORCID iD: 0000-0001-6924-8563. E-mail: nadezhda.chervonnaya@yandex.ru

Аджахметова Симилла Леонтьевна – канд. фармацевт. наук, доцент кафедры органической химии, ПМФИ – филиал ВолГМУ, г. Пятигорск. ORCID iD: 0000-0001-9685-1384. E-mail: similla503@mail.ru (автор, ответственный за переписку).

Поздняков Дмитрий Игоревич – канд. фармацевт. наук, доцент кафедры фармакологии с курсом клинической фармакологии, ПМФИ – филиал ВолГМУ, г. Пятигорск. ORCID iD: 0000-0002-5595-8182. E-mail: pozdniackow.dmitry@yandex.ru

Оганесян Эдуард Тоникович – д-р фармацевт. наук, профессор, зав. кафедрой органической химии, ПМФИ – филиал ВолГМУ, г. Пятигорск. ORCID iD: 0000-0002-2756-9382. E-mail: edwardov@mail.ru

Растения обладают способностью противостоять действию неблагоприятных факторов среды (стрессоров). Защита от них обеспечивается на клеточном и органном уровнях, например анатомическими приспособлениями (у вечнозеленых растений толстая кутикула), физиологическими реакциями (подавление роста и фотосинтеза, активация дыхания, закупорка устьиц на зиму) и выработкой защитных веществ (защитные белки, углеводы, пролин, фитонциды и т.д.) [1].

Значительный интерес по содержанию структурно разнообразных биологически активных соединений представляет полупаразит омела белая (*Viscum album* L.). Чаще всего омела паразитирует на листовых деревьях, в связи с чем пораженные деревья ослабевают и отстают в росте [2, 3].

Широко за рубежом используются водные экстракты из листьев омелы белой для лечения онкологических больных [4].

Омела прикрепляется к дереву-хозяину через гаустории для получения воды и минералов из ксилемы. Как и большинство гемипаразитов, она имеет также высокие показатели транспи-

рации, которых они достигают за счет более низкого водного потенциала, чем у хозяина. Это касается поглощения значительного количества воды и минералов (например, K, N, P, Ca и Mg). Установлено, что у омелы соотношение N/Ca > 1, что указывает на активное поглощение веществ из флоэмы пораженного растения-хозяина [5, 6, 7].

Минеральные вещества являются жизненно важными компонентами, выполняющими разнообразные физиологические функции, дополняющие и усиливающие их лечебное воздействие на организм растений. На содержание макро- и микроэлементов, а также аминокислот в растениях влияют различные факторы, в том числе видовая специфичность растения [8].

Аминокислота пролин является наиболее многофункциональным стрессовым метаболитом растений [9, 10]. В нормальных условиях его содержание в растениях невысоко, но оно многократно возрастает в условиях засухи, засоления, действия низких температур, тяжелых металлов, патогенов; а также происходит увеличение содержания в цитоплазме моносахаров [11, 12, 13].

Известно, что пролин в растениях рассматривается как форма запасаания углерода и азота в норме и при стрессе [14].

Натрий важен для транспорта веществ через мембраны, входит в так называемый натрий-калиевый насос. Он регулирует транспорт углеводов в растении. Хорошая обеспеченность растений натрием повышает их зимостойкость. При его недостатке замедляется образование хлорофилла [1].

В связи с вышеизложенным целью настоящей работы явилось сравнительное изучение аминокислотного и элементного состава листьев омелы белой (*Viscum album* L.) и растений-хозяев.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследования явились листья омелы, произрастающей на яблоне домашней (сбор в окрестности г. Ставрополя), и на груше обыкновенной, (сбор – Белореченский район Краснодарского края). Листья омелы и указанных деревьев-хозяев, собранные в фазу плодоношения с умеренно зараженных веток и сушили до постоянной массы воздушно-теньевым методом. После статистической обработки полученных данных установлено, что содержание влажности в листьях омелы белой составляет 8,58%, яблони домашней – 8,25%, груши обыкновенной – 7,80% [15].

Методика получения анализируемых извлечений. Точную навеску измельченного сырья (1,000 г) помещали в колбу вместимостью 100 мл, добавляли примерно 30 мл спирта этилового соответствующей концентрации (90%, 70%, 50%) или воды очищенной и кипятили на водяной бане в течение 60 минут. Содержимое колбы фильтровали через бумажный фильтр в мерную колбу вместимостью 100 мл и доводили объем фильтрата до метки. Кратность экстракции – 3 [16].

Предварительно в анализируемых извлечениях аминокислоты идентифицировали методом восходящей бумажной хроматографии в присутствии достоверных образцов «свидетелей». В качестве неподвижной фазы использовалась бумага хроматографическая марки MUNKTELL Chrom. – PaperSheetsGrade. FN-7 (Германия). При нанесении на твердый носитель использовали дозатор механический 1-канальный варьированного объема, 0,5-10 мкл БЮНИТ. В качестве подвижной фазы применяли систему растворителей: н-бутанол–уксусная кислота–вода (БУВ) (4:1:2) и ацетон–вода (3:2). Проявитель – спиртовой раствор нингидрина [17].

Электрофоретическое определение аминокислотного и элементного состава. Далее аминокис-

лотный и элементный состав в сырье и извлечениях из листьев омелы белой и соответствующего растения-хозяина, полученных экстракцией 50% спиртом этиловым, определяли методом капиллярного электрофореза на электрофоретическом приборе Капель № 17727-01. Методика основана на разделении анионных форм N-фенилтиокарбамил-производных аминокислот под действием электрического поля благодаря их различной электрофоретической подвижности. Для идентификации и количественного определения анализируемых компонентов регистрировали ультрафиолетовое поглощение при длине волны 254 нм [18, 19].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Предварительное обнаружение аминокислотного состава

После обработки спиртовым раствором нингидрина наблюдали наличие сине-фиолетовых зон адсорбции, но одну зону адсорбции, окрашенную в желтый цвет, по коэффициенту подвижности ($0,48 \pm 0,02$) можно отнести к пролину (рис. 1). Можно отметить, что именно в водном извлечении его содержание наибольшее, так как у него хорошая растворимость в воде.

Извлечения из листьев омелы белой и листьев растений-хозяев характеризуются одинаковым аминокислотным составом, но разным содержанием. Было важно, определить содержание аминокислот в извлечениях, полученных 50% спиртом этиловым из листьев омелы белой, так как именно эти извлечения характеризуются наличием высокой антиоксидантной, актопротекторной и нейротропной активностью. В ранее проведенных исследованиях было установлено, что курсовое введение извлечений из омелы белой приводило к повышению выносливости животных в условиях принудительных физических перегрузок, также для данных извлечений была показана способность уменьшать степень агрегации частиц β -амилоида. Подобная фармакологическая характеристика может являться следствием высокого содержания аминокислот, поскольку именно аминокислоты, прежде всего, незаменимые, оказывают гидротропные свойства, уменьшая выраженность клеточного повреждения [20].

Из данных, представленных в таблице 1, следует, что в извлечениях из листьев омелы белой содержатся: глицин, аланин, лейцин, пролин, метионин, валин, аспарагин, аспарагиновая и глутаминовая кислоты. Лучшее разделение

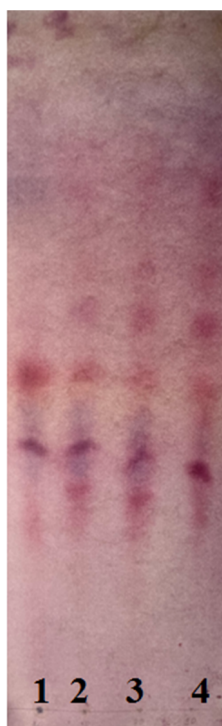


Рис. 1. Хроматограмма анализируемых извлечений листьев омелы белой, произрастающей на яблоне домашней, полученных экстракцией водой очищенной (1) и спиртом этиловым различной концентрации: 50% (2), 70% (3), 90% (4).

Fig. 1. Chromatogram of the analyzed extracts of the leaves of *Viscum album*, growing on *Malus domestica*, obtained by extraction with purified water (1) and ethyl alcohol of various concentrations: 50% (2), 70% (3), 90% (4).

Таблица 1

Table 1

Качественное обнаружение аминокислот в листьях омелы белой, произрастающей на яблоне домашней

Qualitative detection of amino acids in the leaves of *Viscum album* growing on *Malus domestica*

Объект исследования Object	Водное извлечение листьев омелы белой Water extraction of white mistletoe		Обнаруженные аминокислоты Found amino acids	
	Значение коэффициентов подвижности Moving coefficient		Название Name	Окраска зон адсорбции после обработки нингидрином Coloring of adsorption zones after ninhydrin treatment
Подвижные фазы Moving phases	Исследуемого извлечения of the extraction	Стандартных образцов of standards		
БУВ n-butanol-acetic acid-water (4:1:2)	1) 0.33±0.02; 2) 0.36±0.02; 3) 0.40±0.02; 4) 0.42±0.01; 5) 0.44±0.02; 6) 0.48±0.02; 7) 0.57±0.03; 8) 0.64±0.03; 9) 0.76±0.03.	1) 0.31±0.01; 2) 0.35±0.01; 3) 0.38±0.02; 4) 0.41±0.01; 5) 0.42±0.01; 6) 0.46±0.02; 7) 0.54±0.02; 8) 0.61±0.02; 9) 0.73±0.03.	1) аспарагиновая кислота / aspartic acid; 2) глицин / glycine; 3) глутаминовая кислота / glutamic acid; 4) аланин / Alanine; 5) лейцин / leucine; 6) пролин / proline; 7) метионин / methionine; 8) валин / valine; 9) аспарагин / asparagine.	1, 7, 8, 9) розовая / pink; 2, 3, 4, 5) фиолетовая / purple; 6) желтая / yellow.
ацетон-вода acetone-water (3:2)	1) 0.46±0.01; 2) 0.55±0.02; 3) 0.51±0.01; 4) 0.58±0.02; 5) 0.62±0.02.	1) 0.45±0.01; 2) 0.54±0.02; 3) 0.51±0.01; 4) 0.57±0.02; 5) 0.61±0.02.	1) глицин / glycine; 2) аланин / alanine; 3) глутаминовая кислота / glutamic acid; 4) пролин / proline; 5) валин / valine.	1, 5) розовая / pink; 2, 3) фиолетовая / purple; 4) желтая / yellow.

по наличию зон адсорбции наблюдалось при использовании системы элюентов (БУВ) (4:1:2).

Электрофоретическое определение аминокислотного и элементного состава. На спектрограммах (рис. 2, рис. 3) представлено содержание свободных аминокислот и элементов в листьях и извлечениях из листьев омелы белой, произрастающей на яблоне домашней и произ-

растающей на груше обыкновенной, полученных экстракцией спиртом этиловым 50%.

В сырье и анализируемых извлечениях из омелы белой обнаружено 13 свободных аминокислот (табл. 2), из которых 6 – незаменимых (Arg, Phe, Leu, Met, Thr, Val). В наибольшем количестве содержатся Pro, Val, Ala, Thr и Met.

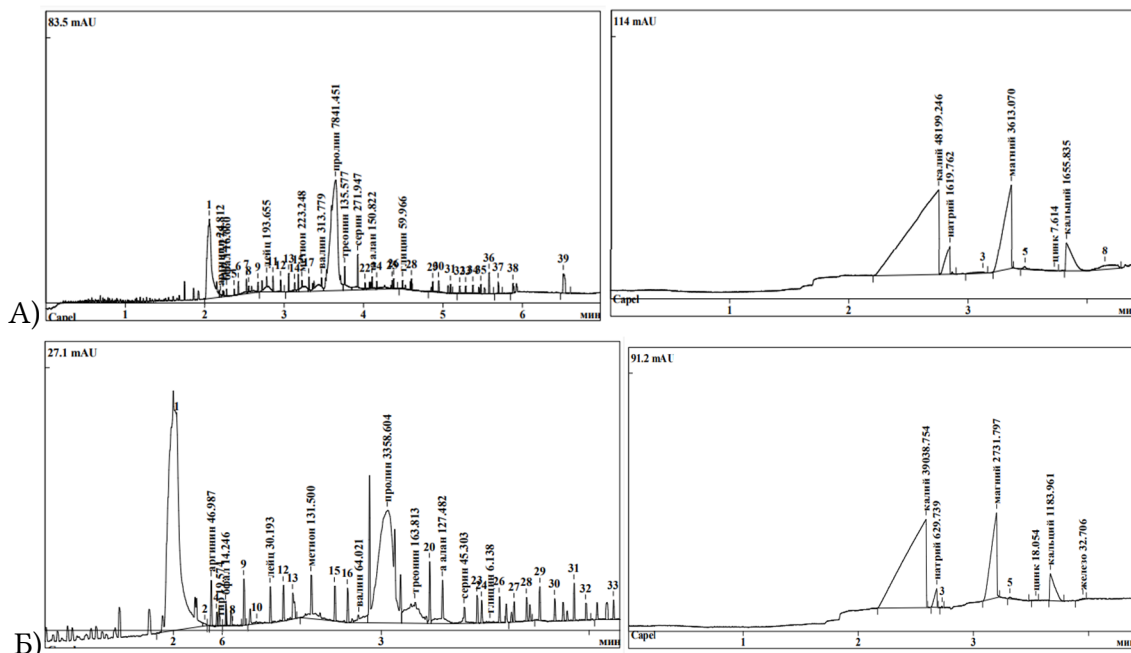


Таблица 2

Table 2

Аминокислотный состав листьев *Viscum album* L. и листьев растений-хозяевAmino acid content of leaves of *Viscum album* L. and leaves of host plants

Аминокислоты Amino acids	Содержание, мг/кг (сырье) Content, mg/kg (raw material)			
	<i>Malus domestica</i> Borkh.	<i>Viscum album</i> L.	<i>Pyrus communis</i> L.	<i>Viscum album</i> L.
Arg	2.106	6.025	3.804	22.24
Met	6.829	443.6	11.79	168
Glu	1.099	10.41	5.293	227.7
Thr	25.89	38.29	33.44	12.16
Val	8.078	115.9	13.1	180.1
Leu	2.79	7.821	2.207	4.568
Asp	0.5907	45.02	21.68	251.9
Phe	1.436	7.985	1.861	4.603
Gly	8.76	12.29	21.05	10.05
Ala	16.34	282.5	12.86	121.5
Ser	12.63	692.1	24.95	383.8
Pro	216.1	3455	491	2385
Tyr	0.1426	13.93	2.707	17.99
Аминокислоты Amino acids	Содержание, мг/кг (извлечения, полученные экстракцией 50% спиртом этиловым) Content, mg/kg (extracts obtained by extraction with 50% ethyl alcohol)			
	<i>Malus domestica</i> Borkh.	<i>Viscum album</i> L.	<i>Pyrus communis</i> L.	<i>Viscum album</i> L.
Arg	15.62	24.81	11.76	46.99
Met	28.99	223.2	26.55	131.5
Thr	99.33	135.6	216.9	163.8
Val	217.7	313.8	26.16	64.02
Leu	69.14	193.7	96.02	30.19
Phe	13.97	16.66	17.48	14.25
Gly	163.6	59.97	231.5	6.138
Ala	44.37	150.8	45.43	127.5
Ser	0.0249	271.9	41.64	45.3
Pro	1673	7841	2179	3359
Tyr	32.02	42.28	0.3999	19.57

Было обнаружено, что в растении-полупаразите содержание пролина высокое: его содержание в 16 раз выше в листьях омелы белой, чем в листьях дерева-хозяина (яблони домашней) и в 5 раз выше, чем в листьях дерева-хозяина (груши обыкновенной), а в извлечениях содержание так же выше в 5 и 1,5 раза соответственно.

Пролин обладает полифункциональным биологическим эффектом, проявляющимся в осморегуляторной (у него хорошая растворимость в воде, и как соединение с небольшой молекулярной массой, является важным компонентом механизма осморегуляции), антиоксидантной (ее связывают со способностью пролина стабилизировать структуры белков и мембран за счет образования гидрофильных оболочек, и такие образования препятствуют инактивации белков гидроксильными радикалами и синглетным кислородом, образование которых индуцируется в условиях действия многих стрессоров) и энергетической функциях; поми-

мо этого пролин защищает макромолекулы, являясь химическим шапероном [9, 10, 21, 22].

Содержание макро- и микроэлементов в листьях омелы белой и извлечениях, полученных экстракцией спиртом этиловым 50%, представлено в таблице 3.

Следует отметить, что количественно в сырье и извлечениях из омелы белой, полученных экстракцией 50% спиртом этиловым, значительно преобладает калий.

По сравнению с листьями яблони листья омелы накапливают на 4,5 раза больше калия (табл. 3), а в сравнении с листьями груши – на 1,5 раза больше, а в извлечениях содержание также выше в 3 и 2 раза соответственно.

Данный факт, вероятно, обуславливает достаточно высокую сосущую силу паразита, что связано в том числе и с присутствием калия, который влияет также и на передвижение сахарозы по растению, его недостаток замедляет ток углеводов [23, 24].

Таблица 3

Table 3

Элементный состав листьев *Viscum album* L. и листьев растений-хозяевElemental contents of *Viscum album* L. leaves and leaves of host plants

Элемент Element	Содержание, мг/кг (сырье) Content, mg/kg (raw material)			
	<i>Malus domestica</i> Borkh.	<i>Viscum album</i> L.	<i>Pyrus communis</i> L.	<i>Viscum album</i> L.
K	2891	1.315e+04	6705	1.026×104
Ca	213.4	776.7	598.3	1210
Mg	447.1	805	943.9	879.7
Na	612.6	184.5	201.7	214.1
P	5.037	16.42	9.647	6.675
Fe	40.0	53	47.2	60
Cu	32.0	16.5	19.8	20.0
Zn	4.034	4.705	6.454	7.731
Элемент Element	Содержание, мг/кг (извлечения, полученные экстракцией 50% спиртом этиловым) Content, mg/kg (extracts obtained by extraction with 50% ethyl alcohol)			
	<i>Malus domestica</i> Borkh.	<i>Viscum album</i> L.	Листья <i>Pyrus communis</i> L.	<i>Viscum album</i> L.
K	1.563×104	4.82×104	1.655×104	3.904×104
Ca	5012	1656	1036	1184
Mg	4082	3613	1858	2732
Na	808.5	1620	529.1	629.7
Fe	61.85	44.19	13.19	32.71
Zn	19.25	7.614	19.4	18.05

Аналогичную роль для омелы играет концентрирование натрия, оказывая осморегулирующую функцию, как и калий [23].

Установлено, что содержание фосфора в 3 раза выше, чем в растении-хозяине (яблоне домашней). Возможно, это связано с высокой скоростью обменных процессов омелы, поскольку фосфор передвигается прежде всего к молодым и наиболее активным центрам метаболизма. Кроме того, фосфор способствует более экономному расходованию влаги, что имеет значение для растения-полупаразита, получающего влагу из растения-хозяина [23, 25].

Накопление магния сопоставимо с растением-хозяином, что может быть связано с наличием фотосинтетических процессов в организме паразита [24].

Таким образом, высокая фармакологическая активность извлечений из омелы белой может являться следствием богатого аминокислотного состава, поскольку именно аминокислоты, прежде всего, незаменимые, оказывают гидротропные свойства, уменьшая выраженность клеточного повреждения.

Предварительный качественный анализ установил, что в извлечениях из листьев омелы белой содержатся аминокислоты: аспарагиновая кислота, глицин, глутаминовая кислота, аланин, лейцин, пролин, метионин, валин, аспарагин. Лучшее разделение по наличию зон адсорбции наблюдалось при использовании системы элюентов (БУВ) (4:1:2).

В сырье и анализируемых извлечениях из омелы белой обнаружено 13 свободных аминокислот, из которых 6 – незаменимых (Arg, Phe, Leu, Met, Thr, Val). В наибольшем количестве содержатся Pro, Val, Ala, Thr и Met.

Было установлено, что в сырье и извлечениях из омелы белой, полученных экстракцией 50% спиртом этиловым, количественно преобладает калий.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ

Авторы заявляют об отсутствии финансирования.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Чудинова Л.А., Орлова Н.В. *Физиология устойчивости растений*: учеб. пособие к спецкурсу. Перм. ун-т. Пермь, 2006. 124 с. [Chudinova L.A., Orlova N.V. *Physiology of plant resistance*: textbook. allowance for the special course. Perm. un-t. Perm, 2006. 124 p. (in Russ.)]
2. *Растительные ресурсы СССР*: Цветковые растения, их химический состав, использование; Семейства Rutaceae – Elaeagnaceae. Ленинград: Наука, 1988:197-199. [Plant resources of the USSR: Flowering plants, their chemical composition, use; Families Rutaceae–Elaeagnaceae. Leningrad: Nauka, 1988:197-199. (in Russ.)]

3. Леусова Н.Ю., Катола В.М., Крылов А.В. Фитохимия растений омелы (*Viscum L.*) и их лечебные свойства. *Бюллетень физиологии и патологии дыхания*. 2008;(28):69–73. [Leusova N.Yu., Katola V.M., Krylov A.V. Phytochemistry of mistletoe plants (*Viscum L.*) and their medicinal properties. *Bulletin physiology and pathology of respiration*. 2008;(28):69–73. (in Russ.)]. EDN: IJUMFF.
4. Корман Д.Б. Лектины омелы белой – противоопухолевые свойства и механизмы действия. *Вопросы онкологии*. 2011;57(6):689–698. [Korman D.B. Antitumor properties of mistletoe lectins. *Issues of oncology*. 2011;57(6):689–698 (in Russ.)]. EDN: OJKO-YX.
5. Леусова Н.Ю. Биоконплекс *Viscum coloratum* (Ком.) Nakai и *Betula Platyphylla* Suk.: Особенности минерального обмена. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2019;(11):21–25. [Leusova N.Yu. Biocomplex of *Viscum coloratum* (Kom.) Nakai and *Betula Platyphylla* Suk.: Features of mineral metabolism. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy*. 2019;(11):21–25 (in Russ.)]. DOI: 10.17513/mjpf.12925. EDN: NNQLXQ.
6. Okubamichael D.Y., Griffiths M.E., Ward D. Host specificity, nutrient and water dynamics of the mistletoe *Viscum rotundifolium* and its potential host species in the Kalahari of South Africa. *J Arid Environ*. 2011;75:898–902.
7. Muche M., Muasya A.M., Tsegay B.A. Biology and resource acquisition of mistletoes, and the defense responses of host plants. *Ecol Process* 2022;(11):24. DOI: 10.1186/s13717-021-00355-9.
8. Мальцева А.А., Чистякова А.С., Сорокина А.А., Сливкин А.И. Элементный состав горцев перечного и почечуйного. *Фармация*. 2016;63(2):14–18. [Maltseva A.A., Chistyakova A.S., Sorokina A.A., Slivkin A.I. Elemental composition of the mountain-eers of pepper and kidney. *Pharmacy*. 2016;63(2):14–18 (in Russ.)]. EDN: VZYFUJ.
9. Кузнецов В.В., Шевякова Н.И. Пролин при стрессе: биологическая роль, метаболизм, регуляция. *Физиология растений*. 1999;(46):321–336. [Kuznetsov V.V., Shevyakova N.I. Proline under stress: biological role, metabolism, regulation. *Physiology of plants*. 1999;(46):321–336. (in Russ.)]
10. Радюкина Н.Л., Шашукова А.В., Шевякова Н.И., Кузнецов В.В. Участие пролина в системе антиоксидантной защиты у шалфея при действии NaCl и параквата. *Физиология растений*. 2008;55(5):721–730. [Radyukina N.L., Shashukova A.V., Shevyakova N.I., Kuznetsov V.V. Participation of proline in the antioxidant defense system in sage under the action of NaCl and paraquat. *Physiology of plants*. 2008;55(5):721–730. (in Russ.)]. EDN: JHMYBL.
11. Радюкина Н.Л. *Функционирование антиоксидантной системы дикорастущих видов растений при кратковременном действии стрессоров*: дис канд. биол. наук: 03.01.05 / Радюкина Наталья Львовна. Москва, 2015. 207с. [Radyukina N.L. *Functioning of the antioxidant system of wild-growing plant species under short-term action of stressors*: the- sis cand. biological Sciences: 03.01.05 / Radyukina Natalia Lvovna. Moscow, 2015. 207p. (in Russ.)]
12. Huang A.H.C., Cavalieri A.J. Proline oxidase and water stress-induced proline accumulation in spinach leaves. *Plant Physiol*. 1979;(63):531–535.
13. Kovacik J., Klejdus B., Babula P., Jarošová M. Variation of antioxidants and secondary metabolites in nitrogen-deficient Barley plantset. *Journal of Plant Physiol*. 2014;(171):260–268.
14. Ahmad J., Hellebust J.A. The relationship between inorganic nitrogen metabolism and proline accumulation in osmoregulatory responses of two euryhaline microalgae. *Plant Physiol*. 1988;(88):348–354.
15. *Государственная фармакопея РФ*. XIV изд. МЗ РФ. Москва, 2018. Т.2,4. 3262с.; 7013с. [State Pharmacopoeia of the Russian Federation. XIV ed. Ministry of Health of the Russian Federation. Moscow, 2018. V.2,4. 3262s.; 7013s. (in Russ.)]. URL: <http://femb.ru/femb/pharmacopoea.php>
16. Аджиахметова С.Л., Червонная Н.М., Поздняков Д.И., Оганесян Э.Т. Содержание фенолов (в том числе флавоноидов) и антиоксидантов в листьях *Viscum album L.* и *Pyrus communis L.* *Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии*. 2021;24(2):15–22. [Adzhiahmetova S.L., Chervonnaya N.M., Pozdnyakov D.I., Oganessian E.T. The content of phenols (including flavonoids) and antioxidants in the leaves of *Viscum album L.* and *Pyrus communis L.* *Questions of biological, medical and pharmaceutical chemistry*. 2021;24(2):15–22 (in Russ.)]. DOI: 10.29296/25877313-2021-02-03. EDN: VXXJHV.
17. Гринкевич Н.И. *Химический анализ лекарственных растений*. Москва: Высшая школа, 1983. 176 с. [Grinkevich, N.I. *Chemical analysis of medicinal plants*. Moscow: Higher school, 1983. 176 p. (in Russ.)]
18. Комарова Н.В., Каменцев Я.С. *Практическое руководство по использованию систем капиллярного электрофореза «Капель»*. Санкт-Петербург: ВЕДА. 2006. 212 с. [Komarova N.V., Kamentsev Ya.S. *A practical guide to the use of "Kapel" electrophoresis systems*. Saint-Petersburg: Veda. 2006. 212 p. (in Russ.)]
19. Захарова М.В., Ильина И.А., Лифарь Г.В., Якуба Ю.Ф. *Методическое и аналитическое обеспечение исследований по садоводству*. Краснодар. 2010. 273 с. [Zakharova M.V., I'ina I.A., Lifar' G.V., Yakuba Yu.F. *Methodological and analytical support for research on horticulture*. Krasnodar. 2010. 273 p. (in Russ.)]
20. Pozdnyakov D.I., Adzhiahmetova S.L., Chervonnaya N.M. [et al.] Some aspects of the adaptogenic potential of European mistletoe (*Viscum album L.*) extracts under variable physical performance. *Journal of Medicinal Plants*. 2021;20(77):60–78.
21. Stein H., Honig A., Miller G., Erster O., Eilenberg H., Csonka L.N., Szabados L., Koncz C., et al. Elevation of free proline and proline-rich protein levels by simultaneous manipulations of proline biosynthesis and degradation in plants. *Plant Science*. 2011;181:140–150.
22. Колупаев Ю.Е., Вайнер А.А., Ястреб Т.О. Пролин: физиологические функции и регуляция содер-

- жания в растениях в стрессовых условиях. *Вісник Харківського Національного Аграрного Університету*. 2014;2(32):6–22. [Kolupaev Yu.E., Vainer A.A., Yastreba T.O. Proline: physiological functions and regulation of content in plants under stress conditions. *Bulletin of Kharkiv National Agrarian University*. 2014;2(32):6–22 (in Russ.)]
23. Леусова Н.Ю. Биоконкомплекс *Viscum coloratum* (Kom.) Nakai и *Betula Platyphylla* Suk.: Особенности минерального обмена. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2019;(11):21–25. [Leusova N.Yu. Biocomplex of *Viscum coloratum* (Kom.) Nakai and *Betula Platyphylla* Suk.: Features of mineral metabolism. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy*. 2019;(11):21–25 (in Russ.)]. DOI: 10.17513/mjprfi.12925. EDN: NNQLXQ.
 24. Марковская Е.Ф., Шерудило Е.Г., Галибина Н.А., Сысоева М.И. Роль углеводов в реакции теплолюбивых растений на кратковременные и длительные низкотемпературные воздействия. *Физиология растений*. 2010;57(5):687–694. [Markovskaya E.F., Sherudilo E.G., Galibina N.A., Sysoeva M.I. The role of carbohydrates in the response of heat-loving plants to short-term and long-term low-temperature exposures. *Physiology of plants*. 2010;57(5):687–694 (in Russ.)]. EDN: MVNTSV.
 25. Ельпифиоров Е.Н., Иваницкая Б.А., Малашук Е.В. Сравнительная оценка содержания химических элементов *Viscum album* L. и *Viscum album* subsp. *austriacum* (Wiesb.) Vollmann. *Научный вестник НЛТУ Украины*. 2017;27(5):93–97. [Elpitiforov E.N., Ivanitskaya B.A., Malashuk E.V. Comparative evaluation of the content of chemical elements of *Viscum album* L. and *Viscum album* subsp. *austriacum* (Wiesb.) Vollmann. *Scientific Bulletin of NLТУ of Ukraine*. 2017;27(5):93–97 (in Russ.)]

Поступила в редакцию 08.11.2022

Подписана в печать 25.12.2023

Для цитирования: Червонная Н.М., Аджирахметова С.Л., Поздняков Д.И., Оганесян Э.Т. Анализ аминокислотного и элементного состава листьев омелы белой. *Человек и его здоровье*. 2023;26(4):99–107. DOI: 10.21626/vestnik/2023-4/10. EDN: NAUMND.

ANALYSIS OF THE AMINO ACID AND ELEMENTAL COMPOSITION OF WHITE MISTLETOE LEAVES

© Chervonnaya N.M., Adzhiakhmetova S.L., Pozdnyakov D.I., Oganessian E.T.

**Pyatigorsk Medical and Pharmaceutical Institute is a branch of Volgograd State Medical University
(PMPI – branch of VolgSMU)**

11, Kalinin Ave., Pyatigorsk, Stavropol Krai, 357532, Russian Federation

Objective: comparative study of the amino acid and elemental composition of leaves *Viscum album* L. and host plants.

Materials and methods. The amino acid and elemental composition in raw materials and extracts from leaves *Viscum album* and the corresponding host plant, obtained by extraction with 50% ethyl alcohol, was determined by capillary electrophoresis.

Results. Glycine, alanine, leucine, proline, methionine, valine, asparagine, aspartic and glutamic acids were previously identified in the leaves *Viscum album* by ascending paper chromatography. By capillary electrophoresis, it was found that the raw materials and extracts contained proline, valine, alanine, threonine and methionine in the greatest amount. It has been established that in a semi-parasitic plant, the content of proline is 16 times higher than in *Malus domestica* Borkh. leaves and 5 times higher than in *Pyrus communis* L. leaves. In alcohol-water extracts, the proline content is 5 and 1.5 times higher, respectively. It should be noted that in raw materials and extracts from *Viscum album*, obtained by extraction with 50% ethyl alcohol, potassium ions predominate quantitatively. Compared to leaves *Malus domestica*, leaves *Viscum album* accumulate 4.5 times more potassium, and 1.5 times more than in *Pyrus communis* leaves; in extracts, the content is also higher by 3 and 2 times, respectively.

Conclusion. In raw materials and extracts from *Viscum album*, 13 free amino acids were found, of which 6 are essential (Arg, Phe, Leu, Met, Thr, Val). It was found that potassium predominates quantitatively in raw materials and extracts from *Viscum album*.

Keywords: white leaves *Viscum album*; amino acids; macro- and microelements.

Chervonnaya Nadezhda M. – Associate Professor of the Department of Organic Chemistry, PMFI – a branch of VolgSMU. ORCID iD 0000-0001-6924-8563. E-mail: nadezhda.chervonnaya@yandex.ru

Adzhiakhmetova Similla L. – Cand. Sci. (Pharm.), Associate Professor at the Department of Organic Chemistry, PMPI – branch of VolgSMU, Pyatigorsk, Russian Federation. ORCID iD: 0000-0001-9685-1384. E-mail: similla503@mail.ru (corresponding author)

Pozdnyakov Dmitry I. – Cand. Sci. (Pharm.), Associate Professor of the Department of Pharmacology with a course of clinical pharmacology, PMPI – branch of VolgSMU, Pyatigorsk, Russian Federation. ORCID iD: 0000-0002-5595-8182. E-mail: pozdnyakov.dmitry@yandex.ru

Oganessian Eduard T. – Dr. Sci. (Pharm.), Professor, Head of the Department of Organic Chemistry, PMPI – branch of VolgSMU, Pyatigorsk, Russian Federation. ORCID iD 0000-0002-2756-9382. E-mail: edwardov@mail.ru

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

SOURCE OF FINANCING

The authors state that there is no funding for the study.

Received 08.11.2022

Accepted 25.12.2023

For citation: Chervonnaya N.M., Adzhiakhmetova S.L., Pozdnyakov D.I., Oganessian E.T. Analysis of the amino acid and elemental composition of white mistletoe leaves. *Humans and their health*. 2023;26(4):99–107. DOI: 10.21626/vestnik/2023-4/10. EDN: NAUMND.
