

УДК 577.13:582.746.11

## АМИНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ И ФЕНОЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ РАСТЕНИЯ *NITRARIA SCHOBERI* L. (*NITRARIACEAE*) ЮЖНОГО АРАЛКУМА

© Г.И. Аманова, У.Ж. Ишимов, Ж.Ф. Зиявитдинов\*, С.Г. Шеримбетов

Институт биоорганической химии им. акад. А.С. Садыкова АН РУз,  
ул. Мирзо Улугбека, 83, Ташкент, 100125, Республика Узбекистан,  
Jamolitdin@mail.ru

Изучено количественное содержание свободных аминокислот и фенольных веществ в надземных частях (стеблях, листьях, плодах, семенах) растения *Nitraria schoberi*, произрастающего в засушливых южных районах Аральского моря. Показано, что уровень накопления свободных аминокислот в различных органах растения *N. schoberi* отличается друг от друга. Так, общая сумма 8 заменимых аминокислот в составе листьев растений составляет 3.048% и 10 незаменимых аминокислот – 6.035% соответственно. Общее количество заменимых аминокислот в семенах *N. schoberi* составляет 7.093%, из них аланина – 1.828% и пролина – 2.149%, эти аминокислоты в основном накапливаются в семенах растений. С использованием высокоэффективной жидкостной хроматографии и хромато-масс-спектрометрии ЖХ/МС выделены и идентифицированы полифенольные соединения. Впервые в стеблях и листьях *N. schoberi* идентифицированы: Кверцетин-3-О-(6"-ацетат-галактозид)-7-О-рамнозид, Петинидин-3-О-(6"-кумароил-глюкозид), Кверцетин 3-О-галактозид, Петинидин-3-О-глюкозид, Изорамнетин-3-О-галактозид-7-О-рамнозид, 6-метоксилутиолин, 1,2,3,6-тетрагаллоилглюкоза, 2-бис-О-галлоил-1,3,4,6-тетра-О-галлоил-β-D-глюкозы, 3,6-бис-О-галлоил-1,2,4-три-О-галлоил-β-D-глюкозы, Галловая кислота, Лютеолин-7-О-глюкуроид, кемпферол-3-О-ацетат-галактозид, Ларицирезинол-сесквилинин, Кемпферол-3-О-рамнозид, 5-галлоилхиновая кислота, 3-гидроксифлоретин 2'-О-ксилозил-глюкозид, 3-р-кумароилхиновая кислота, Изорамнетин-3-О-рутинозид, Генестеин 7-О-β-D-глюкозид. Полученные результаты по изучению и определению химического состава растения *N. schoberi*, распространенного в данном регионе, указывают на перспективность получения субстанций, обладающих противовирусной активностью в отношении к различным вирусам.

Цель настоящих исследований – определение содержания свободных аминокислот и фенольных соединений надземной части растения *N. schoberi*, распространенного на Южном Аралкуме.

**Ключевые слова:** Аральское море, *Nitraria schoberi* L., аминокислоты, полифенолы, ВЭЖХ, LC/MS.

**Для цитирования:** Аманова Г.И., Ишимов У.Ж., Зиявитдинов Ж.Ф., Шеримбетов С.Г. Аминокислотный состав и фенольные соединения растения *Nitraria schoberi* L. (*Nitrariaceae*) Южного Аралкума // Химия растительного сырья. 2024. №3. С. 302–312. DOI: 10.14258/jcprm.20240312924.

### Введение

В настоящее время изучение и проведение исследований природной флоры Аралкума как источника сырья для обеспечения нужд медицины, сельского хозяйства и пищевой промышленности, является одной из важных задач. Растение *Nitraria* L. (*Nitrariaceae*), занимающее особое место среди галофитных кустарников по солеустойчивости, заслуживает селекции и дальнейших исследований в качестве ценного и перспективного лекарственного сырья.

В последние годы проведено большое количество исследований по изучению таких видов рода *Nitraria*, как *N. schoberi*, *N. sibirica*, *N. komarovii*, *N. tangutorum*, *N. retusa* и *N. billardieri*.

Виды рода *Nitraria* в основном встречаются в Юго-Восточной Европе, Азии (Устюрт, Туран, Торгай, горы Казахстана и отчасти Копетдог, Памиро-Олай, Тянь-Шань, Джунгар-Олатау, Саур и Тарбагатай), Иране, Монголии и северо-западе Китая, Северной Африки, а также встречаются в юго-восточных пустынях Австралии, песчаных пустынях, засушливых и полузасушливых, особенно солончаковых болотах, засоленных гипсовых почвах предгорий [1–5].

\* Автор, с которым следует вести переписку.

По результатам многочисленных исследований у большинства видов семейства *Nitraria* обнаружены белки, аминокислоты, витамины [6, 7], алкалоиды, [8, 9], флавоноиды, танины, катехины, антоцианины, пектины [10, 11], проантоцианидины [12], гиперозиды, нарциссин, кверцетин и многие другие фенольные вещества [13, 14]. Плоды *Nitraria* богаты аскорбиновой кислотой и имеют сладкий вкус, их употребляют в пищу как в свежем, так и в сушеном виде. В пищевой промышленности производят сок и джемы, пищевые красители [15].

По биологической активности листья, плоды и семена видов *Nitraria* часто используются в народной медицине в качестве спазмолитических, седативных и антиаритмических средств [16–18]. Экстракты корней обладают выраженными антиоксидантными, антигенотоксическими свойствами, предотвращают образование свободных радикалов. Кроме того, экстракты плодов *N. schoberi* обладают антимикробной, фунгицидной и противовоспалительной активностью [19–23].

Анализ вышеуказанных научных источников свидетельствует о том, что виды семейства *Nitraria* богаты биологически активными веществами и могут быть использованы в качестве перспективных лекарственных растений для создания различных лечебных средств.

Учитывая, что растение вида *N. schoberi*, распространенного на высохшем дне Аральского моря, практически не исследовано, изучение нутриентного состава данного растения данной местности является актуальным.

### Экспериментальная часть

**Объект исследования.** В качестве объекта использованы листья, стебли и плоды *N. Schoberi*, собранные в июле месяце (период созревания плодов растения) в ходе экспедиций на Южный Аралкум в период 2020–2022 гг.

**Выделение белков из семян *N. schoberi*.** 100 г предварительно высушенных до постоянного веса семена тонко измельчали и упаковывали в патрон для проведения обезжиривания в аппарате Сокслета. Экстракцию проводили с помощью экстракционного бензина в течение 24 ч. Нагревание экстрагента регулировали таким образом, чтобы один полный цикл проходил в течение 3 ч. По истечении времени экстракции приемник отделяли от аппарата Сокслет и экстракционный бензин упаривали в роторном испарителе. Остаток бензина в экстрагированном масле удаляли с помощью газообразного азота. Выход масла составил 5.06%. Содержимое в патроне высушивали под тягой при комнатной температуре.

Обезжиренную мякоть семян помещали в плоскодонную колбу. Добавляли 10%  $\text{CH}_3\text{COOH}$  в соотношении 1/2 (вес/об) и экстрагировали в течение 1 ч при комнатной температуре при постоянном перемешивании. Экстракт отфильтровывали, а остаток в колбе еще два раза экстрагировали с новыми порциями экстрагента. Экстракты отфильтровывали и объединяли.

Белки из экстракта осаждали добавлением холодного ацетона в соотношении к экстракту 1 : 5 (об/об). Осаждение проводили при температуре 4 °С в течение 24 ч. Осадок отделяли центрифугированием при 8000 об/мин в течение 15 мин при температуре 4 °С. Выделенный осадок промывали с помощью холодного ацетона и высушивали под тягой при комнатной температуре. Выход составил 1.1%. Полученный белковый препарат подвергали кислотному гидролизу для определения связанных аминокислот.

**Определение количественного содержания аминокислот.** Листья и обезжиренную мякоть образцов растения *N. schoberi* высушивали при комнатной температуре, тонко измельчали. По 1 г измельченных образцов помещали в плоскодонные колбы. Добавляли 50 мл дистиллированной воды и экстрагировали в течение 4 ч при комнатной температуре при постоянном перемешивании. Затем смесь в колбе центрифугировали при 8000 об/мин в течение 15 мин, отделяли супернатант. Для избавления от белков и пептидов к 1 мл супернатанта добавляли 1 мл 10%-ной трихлоруксусной кислоты. Через 10 мин образовавшийся осадок центрифугировали при 8000 об/мин в течение 15 мин, отделяли 250 мкл супернатанта и высушивали. Лиофилизированный порошок использовали для определения свободных аминокислот, а осадок из листьев, полученный после осаждения и центрифугирования, подвергали кислотному гидролизу для определения связанных аминокислот.

Кислотный гидролиз образцов проводили с помощью смеси 6.4 Н HCl и концентрированной ТФУК (3/1 об/об) в запаянных ампулах под вакуумом при температуре 166 °С в течение 1 ч. По истечении времени гидролиза ампулы охлаждали, вскрывали и содержимое высушивали.

Предколониальную модификацию аминокислот проводили по методу Steven A., Cohen David [24]. ФТК производных стандартных аминокислот (по 50 мкг смеси аминокислот) синтезировали аналогичным образом.

Идентификацию ФТК-аминокислот проводили на хроматографе Agilent Technologies серии 1200 с DAD детектором. Использовали колонку 75×4.6 mm Discovery HS C<sub>18</sub>, 3.5 мкм. Подвижная фаза А: 0.14М СН<sub>3</sub>COONa + 0.05% ТЭА рН 6.4, В: СН<sub>3</sub>CN. Скорость потока 1.2 мл/мин, поглощение 269 нм. Градиент %В/мин: 1–6%/0–5 мин; 6–30%/5.1–40 мин; 30–60%/40.1–45 мин; 60–1%/45.1–50 мин. Качественный анализ и количественный расчет концентрации аминокислот в исследуемых образцах проводили по сравнению с площадями пиков стандартных и исследуемых ФТК-аминокислот.

*Выделение полифенольных соединений.* Из растительных образцов сумму полифенолов выделяли по методу [25]. 100 г измельченного воздушно-сухого сырья помещали в колбу емкостью 1 л, снабженную обратным холодильником. Заливали 0.8 л хлороформа и экстрагировали на водяной бане при температуре 50–55 °С при регулярном перемешивании в течение 2 ч. После этого хлороформный экстракт отфильтровывали через воронку Бюхнера, а сырье заливали новой порцией экстрагента. После трехкратной обработки сырье высушивали под тягой до удаления следов растворителя.

В колбу емкостью 1.5 л, снабженную обратным холодильником, помещали 100 г обработанного хлороформом сырья. В колбу заливали 1.0 л экстрагента – 70%-ного водного ацетона. Экстракцию проводили на водяной бане при температуре 50–55 °С в течение 2 ч при регулярном перемешивании. Экстракцию повторяли трехкратно. Полученный экстракт отгоняли на ротаторном испарителе до водного остатка. Водный остаток обрабатывали этилацетатом и получали этилацетатную фракцию. Этилацетатную фракцию сгущали и обрабатывали 6-кратным объемом гексана. Выпадает хлопьевидный осадок – сумма полифенолов (СП) (выход: стебель и листья – 0.32%, плоды и семена – 0.09%).

ВЭЖХ-анализ суммы полифенолов проводили на хроматографе Agilent Technologies серии 1200 с DAD детектором. Использовали колонку Eclipse XDB C<sub>18</sub>, 5 мкм, 4.6×150 мм. Растворы: А – 0.1% ТФУК, В – ацетонитрил. Градиент концентрации ацетонитрила: 0–5 мин – 5%, 30–35 мин 60%, 45 мин – 5%. Скорость потока – 1 мл/мин. Поглощение – при 269 нм.

*Масс-спектрометрический анализ фракций полифенолов.* Масс-спектрометрические исследования выделенных полифенолов проводили на приборе LC/MS/MS Q-TOF 6420В в следующих условиях: источник ионизации: ESI-, поток осушающего газа – 7 л/мин, температура осушающего газа – 300 °С, напряжение: на конусе скиммера – 20V, на фрагменторе – 125V, диапазон масс: в режиме MS 100 – 2000 m/z, а в режиме MS/MS 50 – 2000 m/z. Энергия столкновения (collision energy) – 35, 50 eV. Способ ионизации – отрицательный. Образцы фракционировали с использованием хроматографа фирмы Agilent Technologies серии 1260, на колонке Zorbax SB C<sub>18</sub>, 3 мкм, 0.5×150 мм. Мобильная фаза: А – 0.1% раствор муравьиной кислоты, В – ацетонитрил + 0.1% муравьиная кислота. Элюцию осуществляли при скорости потока 15 мкл/мин. Градиент концентрации раствора В: 5 мин – 0%, 20 мин – 25%, 35–40 мин – 50%, 43 мин – 0%.

### Обсуждение результатов

Как известно, свободные аминокислоты являются одним из основных метаболитов, определяющих физиологическое состояние растения в условиях солевого стресса или засоленности почвы. Полученные результаты сравнивали с количеством свободных аминокислот в надземных частях *N. sibirica*, одного из видов рода *Nitraria*, изученных Yusup Mamat и его соавторами [26]. Полученные результаты представлены в таблице 1.

В листьях *N. schoberi* определено содержание 8 заменимых аминокислот, с общим количеством их содержания 3.048%, тогда как в семенах общая сумма 9 заменимых аминокислот составляет 7.093%, из которой более половины приходится на аланин (1.828%) и пролин (2.149%). По данным Yusup Mamat [26], в листьях *N. sibirica* содержится 7 заменимых аминокислот и их общее количество составляет 5.8%, что в 1.9 раза больше, чем в *N. schoberi*. В семенах *N. sibirica* общее количество заменимых аминокислот составляет 8.054%, что примерно в 1.1 раза больше, чем в *N. schoberi*.

Известно, что некоторые аминокислоты действуют как осмолиты или предшественники осмолитов. Пролин участвует в механизме регуляции клеточного давления и значительно накапливается у растений в ответ на солевой стресс. В условиях засоления и засухи пролин играет важную роль в обеспечении высокого клеточного давления растений, а также в поглощении растениями воды из солевых растворов с высокой плотностью. Как следует из таблицы 1, содержание этой аминокислоты в листьях растения *N. schoberi* примерно в 10 раз меньше, чем в семенах. В тоже время в *N. sibirica* количество пролина в листьях и семенах примерно одинаково (1.345 и 1.498% соответственно).

Таблица 1. Количественное содержание аминокислот в листьях и семенах растений рода *Nitraria*

Аминокислоты	<i>N. schoberi</i>								<i>N. sibirica</i> [26]	
	Листья				Семена				Листья	Семена
	Свободные	Связанные	Общие	Свободных от общего	Свободные	Связанные	Общие	Свободных от общего	Свободные	
	Количество заменимых аминокислот, %									
Asp	0	0.403	0.403	0	0	7.838	7.838	0	0.864	0.838
Glu	0	1.267	1.267	0	0.132	2.154	2.286	5.77	1.693	2.136
Ser	0.296	0.75	1.046	28.30	0.527	9.521	10.048	5.24	0.376	0.426
Gly	0.266	0.837	1.103	24.12	0.31	12.551	12.861	2.41	0.745	0.536
Asn	0.292	0	0.292	100.00	0.625	0	0.625	100.00	н/о	н/о
Gln	0.294	0	0.294	100.00	0.397	0	0.397	100.00	н/о	н/о
Cys	0.814	1.714	2.528	32.20	0.471	12.442	12.913	3.65	н/о	н/о
Ala	0.149	0.424	0.573	26.00	1.828	7.654	9.482	19.28	0.473	0.585
Pro	0.283	14.294	14.577	1.94	2.149	3.255	5.404	39.77	1.345	1.498
Tyr	0.654	0.209	0.863	75.78	0.654	3.567	4.221	15.49	0.305	2.035
<b>Сумма</b>	<b>3.048</b>	<b>19.898</b>	<b>22.946</b>		<b>7.093</b>	<b>58.982</b>	<b>66.075</b>		<b>5.801</b>	<b>8.054</b>
Количество незаменимых аминокислот, %										
Thr	0.438	0.824	1.262	34.71	0.753	4.092	4.845	15.54	0.387	0.335
Arg	0.145	0.946	1.091	13.29	0.382	6.446	6.828	5.59	0.435	1.178
Val	0.385	1.046	1.431	26.90	0.375	3.251	3.626	10.34	0.527	0.575
Met	0.445	0.84	1.285	34.63	0.286	1.562	1.848	15.48	0.128	0.065
Pe	0.832	1.317	2.149	38.72	0.589	1.263	1.852	31.80	0.375	0.382
Leu	0.389	3.432	3.821	10.18	1.397	4.685	6.082	22.97	0.692	0.795
His	<b>1.937</b>	0.327	2.264	85.56	0.611	0.634	1.245	49.08	0.216	0.127
Trp	0.866	0	0.866	100.00	0.51	0	0.51	100.00	н/о	н/о
Phe	0.333	2.022	2.355	14.14	0.287	0.628	0.915	31.37	0.586	0.395
Lys	0.265	0.708	0.973	27.24	0.498	0.165	0.663	75.11	0.612	0.372
<b>Сумма</b>	<b>6.035</b>	<b>11.462</b>	<b>17.497</b>		<b>5.688</b>	<b>22.726</b>	<b>28.414</b>		<b>3.958</b>	<b>4.224</b>
<b>Общая сумма</b>	<b>9.083</b>	<b>31.36</b>	<b>40.443</b>		<b>12.781</b>	<b>81.708</b>	<b>94.489</b>		<b>9.759</b>	<b>12.278</b>

Содержание серосодержащих аминокислот существенно изменяется в ответ на абиотический стресс у растений. Например, содержание цистеина, участвующего в синтезе глутатиона, необходимого для преодоления окислительного стресса, вызванного абиотическим стрессом, в листьях *N. schoberi* составило 0.814%, а в семенах – в 2 раза меньше (0.471%). В работе [26] цистеин в листьях и семенах *N. sibirica* не обнаружен.

В листьях и семенах растения *N. schoberi* обнаружено 10 незаменимых аминокислот, их общее количество в листьях – 6.035%, в семенах – 5.688%, а в листьях и семенах *N. sibirica* общая сумма их составила 3.958 и 4.224% соответственно. При сравнении этих результатов показано, что у *N. schoberi* примерно в 1.5 раза больше незаменимых аминокислот, чем у *N. sibirica*.

Метионин участвует в начальных стадиях биосинтеза алифатических глюкозинолатов. У чувствительных к засолению видов растений в ответ на солевой стресс содержание метионина увеличивается, а у толерантных видов его содержание остается неизменным. В наших исследованиях определено, что количество метионина в листьях *N. schoberi* в 3.5 раза выше, чем у *N. sibirica* [26] (0.445 и 0.128% соответственно), а в семенах – в 4 раза (0.286 и 0.065% соответственно).

Кроме того, в семенах *N. schoberi* было обнаружено относительно высокое содержание треонина, изолейцина, гистидина и триптофана.

Анализ результатов исследований показал, что несмотря на значительные различия в количественном содержании свободных аминокислот в листьях и семенах *N. schoberi* и *N. sibirica*, их общее содержание оказалось примерно одинаковым.

Известно, что при кислотном гидролизе амиды аминокислот, аспарагин и глутамин, переходят в аспарагиновую и глутаминовую кислоты, а триптофан полностью распадается. Поэтому их абсолютное содержание определяется при секвенировании аминокислотной последовательности высокоочищенного полипептида. В гистограммах приведены сравнительные результаты количеств свободных аминокислот от общего количества в листьях и семенах растения *N. schoberi*.

Как следует из рисунка 1, в листьях содержание свободных аминокислот, за исключением Glu, Pro, Leu, Phe и Lys, намного выше, чем в семенах. Особо надо отметить высокое содержание серосодержащих –

Cys и Met, а также незаменимых аминокислот, которые выполняют немаловажную роль при адаптации растения к абиотическим стрессам.

Следующим этапом наших исследований явилось определение состава фенольных соединений надземной части растения *N. Schoberi*, произрастающего на территории Южного Аралкума. Сумму фенольных соединений выделяли по методике, приведенной в работе [25]. При ВЭЖХ анализе обнаружены многочисленные пики соединений с различной интенсивностью. Масс-спектрометрические исследования проводили на приборе Agilent Technologies LC/MS/MS Q-TOF 6420B. Для идентификации обнаруженных соединений они предварительно охарактеризованы с помощью данных MS, вместе с интерпретацией MS/MS спектров, в сравнении с литературными данными. В процессе идентификации были изучены следующие публичные базы данных: ChemSpider (<http://www.chemspider.com>), SciFinderScholar (<https://scifinder.cas.org>), База данных KeggLigand (<http://www.genome.jp/kegg/>) и Phenol-Explorer ([www.phenol-explorer.eu](http://www.phenol-explorer.eu)). Полученные результаты приведены в таблице 2.

Как следует из результатов таблицы, в надземной части растения *N. schoberi* обнаружены и идентифицированы 19 фенольных соединений. В работе [27], авторы исследовали растения видов *N. schoberi*, *N. pamirica* и *N. komarovii*, произрастающих в различных регионах и климатических условиях, на состав и содержание в них фенольных соединений. Методом высокоэффективной жидкостной хроматографии в листьях растений было обнаружено 17 компонентов, идентифицированных как кверцетин-3-галактозид (гиперозид), изорамнетин-3-рутинозид (нарциссин), кверцетин (флавонол) и лютеолин (флавоноид) и др. Также четыре важных флавоноида (лютеолин 7-О-глюкозид, рутин, кемпферол 3-О-рутинозид и изорамнетин 3-О-рутинозид) были обнаружены в листьях *N. retusa* [10], которые обладают антиоксидантным и противовоспалительным действием. Кроме того, согласно литературным данным [28–30], растения рода *Nitraria* являются богатым источником флавоноидов, таких как кверцетин, апигенин, лютеолин, кемпферол, изорамнетин и их производные, и приводится много данных о том, что они обладают антиоксидантной, противовоспалительной и противовирусной активностью.

На рисунке 2 приводятся структуры обнаруженных фенольных соединений надземной части растения *N. schoberi*.

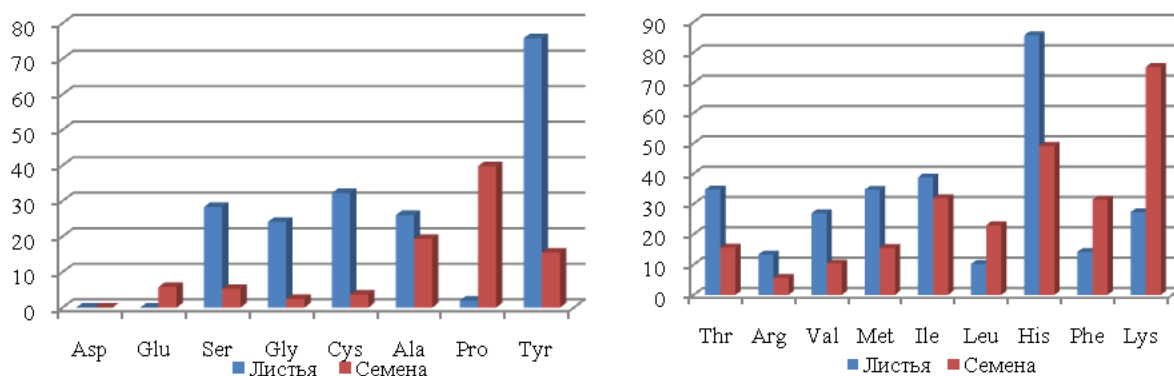


Рис. 1. Содержание свободных аминокислот от общего количество аминокислот в надземных частях растения *N. Schoberi*, %

Таблица 2. Фенольные соединения надземной части растения *N. schoberi*

№	Название соединений	Брутто формула	М.масса	Спектральные данные				
				[M-H] <sup>-</sup>	Фрагментарные сигналы			
					m/z (%)			
1	2	3	4	5				
1	Кверцетин-3-О-(6"-ацетат-галактозид)-7-О-рамнозид	C <sub>29</sub> H <sub>32</sub> O <sub>17</sub>	652.55	651.7157 (12)	608.56 (43)	592.59 (10)	476.42 (25)	329.27 (100)
2	Петинидин-3-О-(6"-кумаронил-глюкозид)	C <sub>31</sub> H <sub>29</sub> O <sub>13</sub>	610.52	609.4776 (16)	462.5 (65)	324.3 (35)	292.6 (10)	146.15 (100)
3	Кверцетин 3-О-галактозид	C <sub>21</sub> H <sub>20</sub> O <sub>12</sub>	464.379	463.3348 (15)	300.4 (50)	284.3 (100)	178.4 (10)	
4	Петинидин-3-О-глюкозид	C <sub>22</sub> H <sub>23</sub> O <sub>11</sub>	463.41	462.5573 (17)	299.6 (100)	283.7 (15)	269.5 (45)	

Окончание таблицы 2

1	2	3	4	5				
5	Изoramнетин-3-О-галлактозид-7-О-рамнозид	C <sub>28</sub> H <sub>32</sub> O <sub>16</sub>	624.5	623.4644 (21)	608.5 (51)	476.6 (35)	297.4 (17)	284.3 (100)
6	6-метоксилютиолин	C <sub>16</sub> H <sub>12</sub> O <sub>7</sub>	316.2	315.2083 (45)	300.22 (100)	284.3 (15)		
7	3,6-бис-О-галлоил-1,2,4-три-О-галлоил-β-D-глюкозы	C <sub>55</sub> H <sub>40</sub> O <sub>34</sub>	1244	1243.4365 (10)	1091.8 (5)	939.4 (100)	769.13 (45)	169.01 (38)
8	2-бис-О-галлоил-1,3,4,6-тетра-О-галлоил-β-D-глюкозы	C <sub>48</sub> H <sub>36</sub> O <sub>30</sub>	1092	1091.1204 (10)	939.4 (45)	769.13 (100)	447.03 (27)	169.01 (35)
9	1,2,3,6-тетрагаллоилглюкоза	C <sub>34</sub> H <sub>28</sub> O <sub>22</sub>	788	787.4128 (15)	635.73 (67)	465.13 (47)	313.02 (30)	169.01 (100)
10	Галловая кислота	C <sub>7</sub> H <sub>6</sub> O <sub>5</sub>	170.12	169.0128 (100)	152.23 (25)			
11	Лютеолин-7-О-глюкуронид	C <sub>21</sub> H <sub>18</sub> O <sub>12</sub>	462.36	461.5139 (12)	416.3 (47)	284.2 (100)	268.3 (30)	
12	кемпферол-3-О-ацетат-галлактозид	C <sub>23</sub> H <sub>22</sub> O <sub>12</sub>	490.4	489.5587 (25)	446.36 (100)	430.3 (42)	284.4 (22)	220.18 (12)
13	Ларицирезинол-сесквилиньян	C <sub>30</sub> H <sub>36</sub> O <sub>10</sub>	556.6	555.5550 (12)	462.56 (32)	358.6 (56)	296.5 (40)	196.2 (100)
14	Кемпферол-3-О-рамнозид	C <sub>21</sub> H <sub>20</sub> O <sub>10</sub>	432.3	431.5227 (35)	284.25 (100)	268.2 (15)		
15	5-галлоилхиновая кислота	C <sub>14</sub> H <sub>16</sub> O <sub>10</sub>	344.27	343.2762 (14)	191.15 (45)	175.2 (35)	169.03 (100)	152.06 (10)
16	3-гидроксифлоретин 2'-О-ксилозил-глюкозид	C <sub>26</sub> H <sub>32</sub> O <sub>15</sub>	584.5	583.5012 (18)	450.38 (35)	434.3 (40)	305.6 (10)	289.4 (100)
17	3- <i>n</i> -кумароилхиноновая кислота	C <sub>16</sub> H <sub>18</sub> O <sub>8</sub>	338.3	337.2748 (10)	292.3 (60)	218 (35)	190 (100)	118 (52)
18	Изoramнетин-3-О-рутинозид	C <sub>28</sub> H <sub>32</sub> O <sub>16</sub>	624.5	623.4646 (21)	608.5 (15)	476.6 (35)	314.4 (55)	298.5 (100)
19	Генестеин 7-О-β-D-глюкозид	C <sub>21</sub> H <sub>20</sub> O <sub>10</sub>	432.4	431.3721 (30)	268.3 (100)	252.5 (25)		

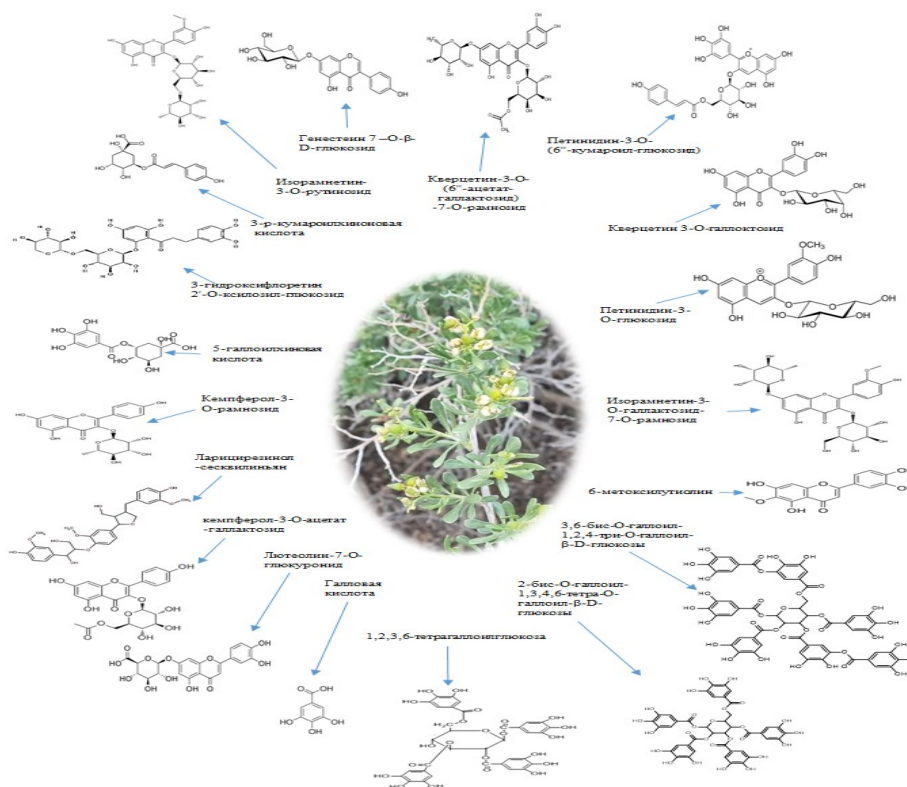


Рис. 2. Фенольные соединения надземной части растения *N.schoberi* распространенного на высохшем дне Аральского моря

В ходе проведенных нами исследований в составе растения *N. schoberi*, произрастающего на высохшем дне Аральского моря, обнаружены галлотаннины – 3,6-бис-О-галлоил-1,2,4-три-О-галлоил-β-D-глюкозы, 2-бис-О-галлоил-1,3,4,6-тетра-О-галлоил-β-D-глюкозы и 1,2,3,6-тетрагаллоилглюкоза, которые ранее нами были идентифицированы в составе растения сумаха *Rhus typhina* [31]. Как показали результаты недавних исследований, эти соединения являются ингибиторами 3CL протеазы и РНК-зависимой РНК-полимеразы вируса SARS-CoV-2 [32].

### Выводы

Впервые в стеблях и листьях *N. schoberi* идентифицированы: Кверцетин-3-О-(6"-ацетат-галлактозид)-7-О-рамнозид, Петинидин-3-О-(6"-кумароил-глюкозид), Кварцетин 3-О-галоктозид, Петинидин-3-О-глюкозид, Изорамнетин-3-О-галлактозид-7-О-рамнозид, 6-метоксилутиолин, 1,2,3,6-тетрагаллоилглюкоза, 2-бис-О-галлоил-1,3,4,6-тетра-О-галлоил-β-D-глюкозы, 3,6-бис-О-галлоил-1,2,4-три-О-галлоил-β-D-глюкозы, Галловая кислота, Лютеолин-7-О-глюкуронид, кемпферол-3-О-ацетат-галлактозид, Ларицирезинол-сесквилиньян, Кемпферол-3-О-рамнозид, 5-галлоилхиновая кислота, 3-гидроксифлоретин 2'-О-ксилозил-глюкозид, 3-р-кумароилхиноновая кислота, Изорамнетин-3-О-рутинозид, Генестеин 7 –О-β-D-глюкозид.

Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что растения вида *N. schoberi*, произрастающего на высохшем дне Аральского моря, являются богатейшим источником свободных аминокислот, особенно серосодержащих и незаменимых, которые играют большую роль в ответе растения на стрессовые факторы, в данном случае на большую засоленность почвы. Дополнительно представляют интерес в качестве источника фенольных соединений, обладающих противовирусной активностью, с перспективой их использования для создания лекарственных препаратов с данной активностью.

### Финансирование

Данная работа финансировалась за счет средств бюджета Института биоорганической химии имени академика А.С. Садыкова. Никаких дополнительных грантов на проведение или руководство данным конкретным исследованием получено не было.

### Конфликт интересов

Авторы данной работы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

### Открытый доступ

Эта статья распространяется на условиях международной лицензии Creative Commons Attribution 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), которая разрешает неограниченное использование, распространение и воспроизведение на любом носителе при условии, что вы дадите соответствующие ссылки на автора(ов) и источник и предоставите ссылку на Лицензию Creative Commons и укажете, были ли внесены изменения.

### Список литературы

1. Temirbayeva K., Shokparova D., Mamutov Zh., Bazarbayeva T., Zubova O. Biogeography of *Nitraria* L. // Journal of Geography and Environmental Management. 2017. Vol. 45, no. 2. Pp. 11–16.
2. Qiaohui Du, Hailiang Xin, Cheng Peng Pharmacology and phytochemistry of the *Nitraria* genus (Review) // Molecular Medicine Reports. 2014. Vol. 11, no. 1. Pp. 11–20. DOI: 10.3892/mmr.2014.2677.
3. Banaev E.V., Tomoshevich M.A., Khozyaykina S.A., Erst A.A., Erst A.S. Integrative Taxonomy of *Nitraria* (*Nitrariaceae*), Description of the New Enigmatic Species and Key to All Currently Known Species // Plants. 2023. Vol. 12. Article 593. DOI: 10.3390/plants12030593.
4. Паренова Р.А., Кожанова К.К., Киекбаева Л.Н. *Nitraria schoberi* L. – фитосубстанциялар алудағы бағалы нысан (әдеби шолу) // Вестник КазНМУ. 2018. №4. С. 192–194.
5. Woutersen A., Jardine Ph.E. et al. A novel approach to study the morphology and chemistry of pollen in a phylogenetic context, applied to the halophytic taxon *Nitraria* L. (*Nitrariaceae*) // PeerJ. 2018. Vol. 6. Article e5055. DOI: 10.7717/peerj.5055.
6. Паренова Р.А., Кожанова К.К., Киекбаева Л.Н., Рахимов К.Д. Определение витаминного состава в надземной части Селитрянки Шюбера (*Nitraria schoberi* L.) // Абу Али Ибн Сино и инновации в современной фармацевтике: сборник III международной научно-практической конференции. Ташкент, 2020. С. 168–169.
7. Amanova G.I., Eshmuradova N.Sh., Toshtemirova M.J. Analysis of free amino acids, vitamins, and carbohydrates in the stems, leaves and fruits of *Nitraria schoberi* // Journal of Critical Reviews. 2020. Vol. 7, no. 10. Pp. 830–834.
8. Zaree R., Farhadi M., Mohammzadeh Z., Goudarzi G.R. Extraction and comparison of alkaloids in different organs during different phonological periods of *Nitraria schoberi*. // Scholars Research Library Annals of Biological Research. 2013. Vol. 4, no. 2. Pp. 130–135.

9. Tulyaganov T.S., Nazarov O.M., Makhmudov O.E., Vdovin A.D., Abdullaev N.D. N-allylisonitrarine and narcissin from plants of the *Nitraria genus* // Chemistry of Natural Compounds. 2001. Vol. 37, no. 5. Pp. 470–473. DOI: 10.1023/A:1014431712611.
10. Kalaia F.Z., Dakhlouli S., Hammami M., Mkadmini K., Ksoury R., Isoda H. Phenolic compounds and biological activities of different organs from aerial part of *Nitraria retusa* (Forssk.) Asch.: effects of solvents // International journal of food properties. 2022. Vol. 25, no. 1. Pp. 1524–1538. DOI: 10.1080/10942912.2022.2087673.
11. Высочина Г.И., Банаев Е.В., Кукушкина Т.А., Шалдаева Т.М., Ямтыров М.Б. Фитохимическая характеристика сибирских видов рода *Nitraria* (*Nitrariaceae*) // Растительный мир Азиатской России. 2011. №2(8). С. 108–113.
12. Wu P., Wang M. Study on optimum extracting conditions of proanthocyanidins from seeds of *Nitraria sibirica* Pall. by ultrasound // Shipin Yu Fajiao Gongye. 2005. Vol. 31, no. 5. Pp. 158–160.
13. Банаев Е.В., Ямтыров М.Б. Изменчивость содержания биологически активных веществ в листьях селитрянки шобера (*Nitraria schoberi*) // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 2014. №4. С. 40.
14. Банаев Е.В., Воронкова М.С., Высочина Г.И., Томошевич М.А. Популяционная структура и дифференциация сибирских представителей рода *Nitraria* L. (*Nitrariaceae*) по составу и содержанию фенольных соединений в листьях // Сибирский экологический журнал. 2015. №6. С. 890–898. DOI: 10.15372/SEJ20150609.
15. Zhang F., Zhao Y., Liu Y., Suo Y. Comparative analysis of water-soluble vitamins in fruit powders of *Nitraria*, wolfberry and sea buckthorn grown in Qinghai-Tibetan Plateau // Shipin Kexue. 2010. Vol. 31, no. 2. Pp. 179–182. DOI: 10.7506/spkx1002-6300-201002046.
16. Rjeibi I., Feriani A., Hentati F., Hfaiedh N., Michaud P., Pierre G. Structural characterization of water-soluble polysaccharides from *Nitraria retusa* fruits and their antioxidant and hypolipidemic activities // Int. J. Biol. Macromol. 2019. Vol. 129. Pp. 422–432. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2019.02.049.
17. Rjeibi I., Hentati F., Feriani A., Hfaiedh N., Delattre C., Michaud P., Pierre G. Novel Antioxidant, Anti- $\alpha$ -Amylase, Anti-Inflammatory and Antinociceptive Water-Soluble Polysaccharides from the Aerial Part of *Nitraria retusa* // Foods. 2020. Vol. 9, no. 1. Article 28. DOI: 10.3390/foods9010028.
18. Абдрахманова Г.М., Шакаримова К.К., Ивасенко С.А., Ахметова С.Б., Лосева И. В. Способ получения и антиоксидантная активность ультразвуковых экстрактов листьев Селитрянки Шобера // Медицинская наука XXI века – взгляд в будущее: материалы Международной научно-практической конференции (67-й годичной), посвященной 80-летию ТГМУ им. Абуали ибни Сино и «Годам развития села, туризма и народных ремесел (2019–2021)». Душанбе, 2019. Т. III. С. 5–6.
19. Khajeddini M.A., Dadpour M.R., Khodaverdi M., Naghiloo S. The GC-MS analyses of the n-hexane extract of *Nitraria schoberi* L., its total phenolics and *in vitro* antioxidant activity // Journal of Medicinal Plants Research. 2012. Vol. 6, no. 34. Pp. 4874–4878. DOI: 10.5897/JMPR12.680.
20. Железниченко Т.Б., Новикова Т.И., Банаев Е.В., Асбаганов С.В., Воронкова М.С., Мазуркова Н.А., Филиппова Е.И. Индукция трансформированных корней (Hairy roots) *Nitraria schoberi* и перспективы их применения. // III Международная конференция молодых ученых: биотехнологов, молекулярных биологов и вирусологов. Новосибирск, 2016. С. 26–30.
21. Boubaker J., Sghaier M., Skandrani I., Ghedira K., Chekir-Ghedira L. Isorhamnetin 3-O-robinobioside from *Nitraria retusa* leaves enhance antioxidant and antigenotoxic activity in human chronic myelogenous leukemia cell line K562 // BMC Complementary and Alternative Medicine. 2012. Vol. 12. Article 135. DOI: 10.1186/1472-6882-12-135.
22. Sharifi-Rad J., Hoseini-Alfatemi S.M., Sharifi-Rad M., Iriti M. Free radical scavenging and antioxidant activities of different parts of *Nitraria schoberi* L. // Journal of Biologically Active Products from Nature. 2014. Vol. 4, no. 1. Pp. 44–51. DOI: 10.1080/22311866.2014.890070.
23. Sharifi-Rad J., Hoseini-Alfatemi S.M., Sharifi-Rad M., Teixeira da Silva J.A. Antibacterial, antioxidant, antifungal and anti-inflammatory activities of crude extract from *Nitraria schoberi* fruits. // 3 Biotech. 2015. Vol. 5. Pp. 677–684. DOI: 10.1007/s13205-014-0266-1.
24. Steven A., Cohen Daviel J. Amino acid analysis utilizing phenylisothiocyanate derivatives // Analytic Biochemistry. 1988. Vol. 17, no. 1. Pp. 1–16.
25. Зиявитдинов Ж.Ф., Abdulla R., Ощепкова Ю.И., Абдулладжанова Н.Г., Салихов Ш.И. Выделение и идентификация полифенолов растения *Euphorbia Triodonta* методом хромато-масс-спектрометрии // Химия растительного сырья. 2020. №3. С. 105–114. DOI: 10.14258/jcprm.2020035628.
26. Mamat Y., Reyim A., Abdulimit A. Detection and Analysis of Amino Acids in Different Parts of *Nitraria sibirica* // Chinese Agricultural Science Bulletin. 2016. Vol. 32, no. 22. Pp. 37–41.
27. Воронкова М.С., Банаев Е.В., Томошевич М.А. Сравнительное изучение состава и содержания фенольных соединений листьев растения рода *Nitraria* (*Nitrariaceae*) // Химия растительного сырья. 2017. №4. С. 107–116. DOI: 10.14258/jcprm.2017041909.
28. Salem J.H., Chevalot I., Harscoat-Schiavo C., Paris C., Fick M., Humeau C. Biological Activities of Flavonoids from *Nitraria Retusa* (Forssk.) Asch. and Their Acylated Derivatives // Food Chem. 2011. Vol. 124, no. 2. Pp. 486–494. DOI: 10.1016/j.foodchem.2010.06.059.
29. Halim A.F., Saad H.-E.A., Hashish N.E. Flavonol glycosides from *Nitraria retusa* // Phytochemistry. 1995. Vol. 40, no. 1. Pp. 349–351. DOI: 10.1016/0031-9422(95)00167-6.



30. Tatiana Z., Evgenii B., Sergey A., Maria V., Tatiana K., Ekaterina F., Natalia M., Larisa Sh., Tatyana N. *Nitraria schoberi* L. hairy root culture as a source of compounds with antiviral activity against influenza virus subtypes A(H5N1) and A(H3N2) // 3 Biotech. 2018. Vol. 8. Article 260. DOI: 10.1007/s13205-018-1280-5.
31. Зиявитдинов Ж.Ф., Ощепкова Ю.И., Абдулладжанова Н.Г., Салихов Ш.И. Структура полифенолов листьев суаха дубильного *Rhus coliaris* L. // Химия растительного сырья. 2020. №1. С. 133–140. DOI: 10.14258/jcrpm.2020016316.
32. Патент № IAP 06574 (РУЗ). Средство, блокирующее протеазу 3 CL PRO и РНК-полимеразу RDRP РНК вирусов / Ш.И. Салихов, А. Аиса, Ж. Шен, Й. Ку, Х. Ку, Г. Киао, К. Жианг, Л. Жанг, Ж.Ф. Зиявитдинов, Ю.И. Ощепкова, Ш.Я. Мирзаахмедов, Н.Г. Абдулладжанова, Н.Ш. Бердиев. – 2021.

Поступила в редакцию 28 апреля 2023 г.

После переработки 31 августа 2023 г.

Принята к публикации 13 сентября 2023 г.

*Amanova G.I., Ishimov U.Zh., Ziyavitdinov Zh.F.\**, Sherimbetov S.G. AMINO ACID COMPOSITION AND PHENOLIC COMPOUNDS OF THE PLANT *NITRARIA SCHOBERI* L. (*NITRARIACEAE*) OF THE SOUTHERN ARALKUM

*Institute of Bioorganic Chemistry acad. A.S. Sadykov Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Mirzo Ulugbeka st., 83, Tashkent, 100125, Republic of Uzbekistan, Jamolitdin@mail.ru*

The quantitative content of free amino acids and phenolic substances in the aerial parts (stems, leaves, fruits, seeds) of the *Nitraria schoberi* plant growing in the arid southern regions of the Aral Sea was studied. It was shown that the level of accumulation of free amino acids in various organs of the *N. schoberi* plant differs from each other. Thus, the total amount of 8 essential amino acids in the composition of plant leaves is 3.048% and 10 essential amino acids – 6.035%, respectively. The total amount of non-essential amino acids in *N. schoberi* seeds is 7.093%, of which alanine 1.828% and proline 2.149%, these amino acids are mainly accumulated in plant seeds. Polyphenolic compounds were isolated and identified using high performance liquid chromatography and LC/MS chromatography-mass spectrometry. For the first time, in the stems and leaves of *N. schoberi*, the following were identified: Quercetin-3-O-(6"-acetate-gallactoside)-7-O-rhamnoside, Petinidin-3-O-(6"-coumaroyl-glucoside), Quercetin 3-O-galactoside, Petinidin-3-O-glucoside, Isoramnetin-3-O-gallactoside-7-O-rhamnoside, 6-methoxyluthiolin, 1,2,3,6-tetragalloylglucose, 2-bis-O-galloyl- 1,3,4,6-tetra-O-galloyl-β-D-glucose, 3,6-bis-O-galloyl-1,2,4-tri-O-galloyl-β-D-glucose, Gallic acid, Luteolin-7-O-glucuronide, kaempferol-3-O-acetate-gallactoside, Lariciresinol-sesquiline, Kaempferol-3-O-rhamnoside, 5-galloylquinic acid, 3-hydroxyphloretin 2'-O-xylosyl-glucoside, 3- p-coumaroylquinonic acid, Isoramnetin-3-O-rutinoside, Genestein 7-O-β-D-glucoside. The obtained results on the study and determination of the chemical composition of the plant *N. schoberi*, common in this region, indicate the prospect of obtaining substances with antiviral activity against various viruses.

The purpose of this research is to determine the content of free amino acids and phenolic compounds of the aboveground part of the *N. schoberi* plant, common in the South Aralkum.

**Keywords:** Aral Sea, *Nitraria schoberi* L., amino acids, polyphenols, HPLC, LC/MS.

**For citing:** Amanova G.I., Ishimov U.Zh., Ziyavitdinov Zh.F., Sherimbetov S.G. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2024, no. 3, pp. 302–312. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcrpm.20240312924.

\* Corresponding author.

## References

1. Temirbayeva K., Shokparova D., Mamutov Zh., Bazarbayeva T., Zubova O. *Journal of Geography and Environmental Management*, 2017, vol. 45, no. 2, pp. 11–16.
2. Qiaohui Du, Hailiang Xin, Cheng Peng *Molecular Medicine Reports*, 2014, vol. 11, no. 1, pp. 11–20. DOI: 10.3892/mmr.2014.2677.
3. Banaev E.V., Tomoshevich M.A., Khozyaykina S.A., Erst A.A., Erst A.S. *Plants*, 2023, vol. 12, article 593. DOI: 10.3390/plants12030593.
4. Parenova R.A., Kozhanova K.K., Kiyekbayeva L.N. *Vestnik KazNMU*, 2018, no. 4, pp. 192–194. (in Russ.).
5. Woutersen A., Jardine Ph.E. et al. *PeerJ*, 2018, vol. 6, article e5055. DOI: 10.7717/peerj.5055.
6. Parenova R.A., Kozhanova K.K., Kiyekbayeva L.N., Rakhimov K.D. *Abu Ali Ibn Sino i innovatsii v sovremennoy farmatsevtike: sbornik III mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. [Abu Ali Ibn Sino and innovations in modern pharmaceuticals: collection of the III international scientific and practical conference]. Tashkent, 2020, pp. 168–169. (in Russ.).
7. Amanova G.I., Eshmuradova N.Sh., Toshtemirova M.J. *Journal of Critical Reviews*, 2020, vol. 7, no. 10, pp. 830–834.
8. Zaree R., Farhadi M., Mohammadzadeh Z., Goudarzi G.R. *Scholars Research Library Annals of Biological Research*, 2013, vol. 4, no. 2, pp. 130–135.
9. Tulyaganov T.S., Nazarov O.M., Makhmudov O.E., Vdovin A.D., Abdullaev N.D. *Chemistry of Natural Compounds*, 2001, vol. 37, no. 5, pp. 470–473. DOI: 10.1023/A:1014431712611.
10. Kalaia F.Z., Dakhlouli S., Hammami M., Mkadmini K., Ksouri R., Isoda H. *International journal of food properties*, 2022, vol. 25, no. 1, pp. 1524–1538. DOI: 10.1080/10942912.2022.2087673.
11. Vysochina G.I., Banayev Ye.V., Kukushkina T.A., Shaldayeva T.M., Yamtyrov M.B. *Rastitel'nyy mir Aziatskoy Rossii*, 2011, no. 2(8), pp. 108–113. (in Russ.).
12. Wu P., Wang M. *Shipin Yu Fajiao Gongye*, 2005, vol. 31, no. 5, pp. 158–160.
13. Banayev Ye.V., Yamtyrov M.B. *Voprosy biologicheskoy, meditsinskoy i farmatsevticheskoy khimii*, 2014, no. 4, p. 40. (in Russ.).
14. Banayev Ye.V., Voronkova M.S., Vysochina G.I., Tomoshevich M.A. *Sibirskiy ekologicheskiy zhurnal*, 2015, no. 6, pp. 890–898. DOI: 10.15372/SEJ20150609. (in Russ.).
15. Zhang F., Zhao Y., Liu Y., Suo Y. *Shipin Kexue*, 2010, vol. 31, no. 2, pp. 179–182. DOI: 10.7506/spkx1002-6300-201002046.
16. Rjeibi I., Feriani A., Hentati F., Hfaiedh N., Michaud P., Pierre G. *Int. J. Biol. Macromol.*, 2019, vol. 129, pp. 422–432. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2019.02.049.
17. Rjeibi I., Hentati F., Feriani A., Hfaiedh N., Delattre C., Michaud P., Pierre G. *Foods*, 2020, vol. 9, no. 1, article 28. DOI: 10.3390/foods9010028.
18. Abdрахманова G.M., Shakarimova K.K., Ivasenko S.A., Akhmetova S.B., Loseva I.V. *Meditsinskaya nauka XXI veka – vzglyad v budushcheye: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (67-oy godichnoy), posvyashchennoy 80-letiyu TGMU im. Abuali ibni Sino i «Godam razvitiya sela, turizma i narodnykh remesel (2019–2021)»*. [Medical science of the 21st century – a look into the future. Materials of the international scientific and practical conference (67th annual) dedicated to the 80th anniversary of TSMU named after. Abuali ibni Sino and “Years of rural development, tourism and folk crafts (2019–2021).”] Dushanbe, 2019, vol. III, pp. 5–6. (in Russ.).
19. Khajeddini M.A., Dadpour M.R., Khodaverdi M., Naghiloo S. *Journal of Medicinal Plants Research*, 2012, vol. 6, no. 34, pp. 4874–4878. DOI: 10.5897/JMPR12.680.
20. Zhelezniichenko T.B., Novikova T.I., Banayev Ye.V., Asbaganov S.V., Voronkova M.S., Mazurkova N.A., Filipova Ye.I. *III Mezhdunarodnaya konferentsiya molodykh uchenykh: Biotekhnologov, molekulyarnykh biologov i virusologov*. [III International Conference of Young Scientists: Biotechnologists, Molecular Biologists and Virologists]. Novosibirsk, 2016, pp. 26–30. (in Russ.).
21. Boubaker J., Sghaier M., Skandrani I., Ghedira K., Chekir-Ghedira L. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 2012, vol. 12, article 135. DOI: 10.1186/1472-6882-12-135.
22. Sharifi-Rad J., Hoseini-Alfatemi S.M., Sharifi-Rad M., Iriti M. *Journal of Biologically Active Products from Nature*, 2014, vol. 4, no. 1, pp. 44–51. DOI: 10.1080/22311866.2014.890070.
23. Sharifi-Rad J., Hoseini-Alfatemi S.M., Sharifi-Rad M., Teixeira da Silva J.A. *3 Biotech*, 2015, vol. 5, pp. 677–684. DOI: 10.1007/s13205-014-0266-1.
24. Steven A., Cohen David J. *Analytic Biochemistry*, 1988, vol. 17, no. 1, pp. 1–16.
25. Ziyavitdinov Zh.F., Abdulla R., Oshchepkova Yu.I., Abdulladzhanova N.G., Salikhov Sh.I. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2020, no. 3, pp. 105–114. DOI: 10.14258/jcpm.2020035628. (in Russ.).
26. Mamat Y., Reyim A., Abdulimit A. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2016, vol. 32, no. 22, pp. 37–41.
27. Voronkova M.S., Banayev Ye.V., Tomoshevich M.A. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2017, no. 4, pp. 107–116. DOI: 10.14258/jcpm.2017041909. (in Russ.).
28. Salem J.H., Chevalot I., Harscoat-Schiavo C., Paris C., Fick M., Humeau C. *Food Chem.*, 2011, vol. 124, no. 2, pp. 486–494. DOI: 10.1016/j.foodchem.2010.06.059.
29. Halim A.F., Saad H.-E.A., Hashish N.E. *Phytochemistry*, 1995, vol. 40, no. 1, pp. 349–351. DOI: 10.1016/0031-9422(95)00167-6.

30. Tatiana Z., Evgenii B., Sergey A., Maria V., Tatiana K., Ekaterina F., Natalia M., Larisa Sh., Tatyana N. *3 Biotech.*, 2018, vol. 8, article 260. DOI: 10.1007/s13205-018-1280-5.
31. Ziyavitdinov Zh.F., Oshchepkova Yu.I., Abdulladzhanova N.G., Salikhov Sh.I. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2020, no. 1, pp. 133–140. DOI: 10.14258/jcprm.2020016316. (in Russ.).
32. Patent IAP 06574 (UZ). 2021. (in Russ.).

*Received April 28, 2023*

*Revised August 31, 2023*

*Accepted September 13, 2023*

#### **Сведения об авторах**

*Аманова Гузал Икромовна* – младший научный сотрудник лаборатории клеточных технологий овощей и растений, [guzal.amanova.87@mail.ru](mailto:guzal.amanova.87@mail.ru)

*Ишимов Учкун Жомуратович* – кандидат химических наук, старший научный сотрудник лаборатории клеточных технологий овощей и растений, [uchkunishimov@gmail.com](mailto:uchkunishimov@gmail.com)

*Зиявитдинов Жамолитдин Фазлитдинович* – доктор химических наук, профессор, заведующий лабораторией клеточных технологий овощей и растений, [Jamolitdin@mail.ru](mailto:Jamolitdin@mail.ru)

*Шеримбетов Санжар Гулмирзоевич* – доктор биологических наук, профессор

#### **Information about authors**

*Amanova Guzal Ikromovna* – junior researcher laboratory of cell technologies of vegetables and plants, [guzal.amanova.87@mail.ru](mailto:guzal.amanova.87@mail.ru)

*Ishimov Uchkun Zhomuradovich* – Candidate of Chemical Sciences, senior researcher at the Laboratory of Cellular Technologies of Vegetables and Plants, [uchkunishimov@gmail.com](mailto:uchkunishimov@gmail.com)

*Ziyavitdinov Zhamolitdin Fazlitdinovich* – Doctor of Chemical Sciences, Professor, Head of the Laboratory of Cellular Technologies of Vegetables and Plants, [Jamolitdin@mail.ru](mailto:Jamolitdin@mail.ru)

*Sherimbetov Sanjar Gulmirzoevich* – Doctor of Biological Sciences, Professor