

УДК 615.07

## СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ АМИНОКИСЛОТНОГО СОСТАВА ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РЯДОВ *PERSICARIAEFORMES* КОМ. И *LAPATHIIFORMES* WOROSCH.

© А.С. Чистякова<sup>1\*</sup>, А.А. Гудкова<sup>1</sup>, А.А. Сорокина<sup>2</sup>, А.И. Сливкин<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Воронежский государственный университет, Университетская пл., 1, Воронеж, 394018 (Россия), e-mail: anna081189@yandex.ru

<sup>2</sup> Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), ул. Трубецкая, 8/2, Москва, 119991 (Россия)

В работе представлены результаты сравнительного изучения аминокислотного состава представителей секции *Persicaria* Mill., семейства *Polygonaceae* Juss. В настоящее время секция включает несколько рядов, среди которых наиболее интересными в отношении хемотаксономии выступают ряд *Persicariaeformes* Kom. и выделенный из него немногим позже В.Н. Ворошиловым (1953) новый ряд *Lapathiiformes* Worosch., куда относятся *P. lapathifolia* (L.) Delarbre (*Polygonaceae*), *P. nodosa* (Pers.) Opiz (*Polygonaceae*), *P. tomentosa* (Schrank) E.P. Bicknell (*Polygonaceae*), *P. scabra* (Moench) Moldenke (*Polygonaceae*), оставив в *Persicariaeformes* один вид – *P. maculosa* S.F. Gray (*Polygonaceae*). Несмотря на родство видов, между представителями рядов *Persicariaeformes* Kom и *Lapathiiformes* Worosch. наблюдается неоднородность в распределении аминокислот. Установлены компоненты, индивидуальные для каждого представителя, что важно для идентификации растительного сырья при проведении заготовительного процесса и первичных этапах стандартизации сырья (выявление примесных видов).

Впервые методом капиллярного электрофореза изучен аминокислотный состав травы *P. lapathifolia* (L.) Delarbre (*Polygonaceae*), *Persicaria maculosa* S.F. Gray (*Polygonaceae*), *P. tomentosa* (Schrank) E.P. Bicknell (*Polygonaceae*). Профиль аминокислот изучаемых видов представлен моноаминомонокарбонными, моноаминодикарбонными, диаминомонокарбонными и гетероциклическими кислотами. В сырье идентифицировано 17 аминокислот, 7 из которых относятся к незаменимым (Val, Leu, Ile, MeU, Thr, Lys, Phe). Для каждого образца определены аминокислоты, преобладающие в составе сырья.

**Ключевые слова:** аминокислоты, *Persicariaeformes* Kom. и *Lapathiiformes* Worosch., ТСХ, спектрофотометрия, капиллярный электрофорез.

### Введение

В последнее время возрос интерес к комплексному изучению новых растительных источников получения лекарственных препаратов. Род *Polygonum* L. – один из наиболее богатых видами в семействе гречишные

---

Чистякова Анна Сергеевна – кандидат фармацевтических наук, ассистент кафедры фармацевтической химии и фармацевтической технологии, e-mail: anna081189@yandex.ru

Гудкова Алевтина Алексеевна – кандидат фармацевтических наук, доцент кафедры управления и экономики фармации и фармакогнозии, e-mail: alinevoroneg@mail.ru

Сорокина Алла Анатольевна – доктор фармацевтических наук, профессор кафедры фармацевтического естествознания, e-mail: sorokinaalla@mail.ru

Сливкин Алексей Иванович – доктор фармацевтических наук, профессор, заведующий кафедрой фармацевтической химии и фармацевтической технологии, декан фармацевтического факультета, e-mail: slivkin@pharm.vsu.ru

(*Polygonaceae* Juss.). Более 400 видов его распространены во всех континентах, особенно в умеренно теплых странах. В СССР насчитывалось около 120 видов *Polygonum* (Комаров, 1936). К секции *Persicaria* Mill. относится 18 видов [1]. В настоящее время секция включает несколько рядов, среди которых наиболее интересными в отношении хемотаксономии выступают ряд *Persicariaeformes* Kom. и выделенный из него немногим позже В.Н. Ворошиловым (1953) ряд *Lapathiiformes* Worosch., куда относятся *P. lapathifolia* (L.) Delarbre (*Polygonaceae*), *P. nodosa* (Pers.) Opiz (*Polygonaceae*), *P. tomentosa*

\* Автор, с которым следует вести переписку.

(Schrank) E.P. Bicknell (*Polygonaceae*), *P. scábra* (Moench) Moldenke (*Polygonaceae*), оставив в *Persicariaeformes* один вид – *P. maculosa* S.F. Gray (*Polygonaceae*). [2]. На настоящий момент единственным видом, разрешенным к использованию в медицинской практике, является *P. maculosa* S.F. Gray, (*P. persicaria*), а представители ряда *Lapathiiformes* Worosch. выступают примесными [3].

Изучению таксоноспецифичности представителей секции *Persicaria* Mill. посвящен ряд работ, касающихся исследования профиля фенольных соединений видов [2, 4]. Однако, сравнительного изучения аминокислотного состава описываемых рядов, как веществ первичного синтеза до сих пор не проводилось.

Цель работы – сравнительный анализ аминокислотного состава представителей рода горец *Persicária* Mill. на примере рядов *Persicariaeformes* Kom. и *Lapathiiformes* Worosch.

### Экспериментальная часть

В качестве объектов исследования были выбраны представители рода горец *Persicária* Mill., *P. maculosa*, *P. lapathifólia*, *P. scábra*, *P. nodósa*, *P. brittingeri*, *P. tomentósa*. Все образцы травы заготавливали в окрестностях Воронежской области во время полного цветения и подвергали воздушно-теновой сушке.

Изучение профиля свободных аминокислот (АК) проводили методом ТСХ. Для этого готовили водные извлечения из сырья, путем экстракции навески водой очищенной (соотношение 1 : 5) на водяной бане при нагревании в течение 30 мин [5]. В качестве подвижной фазы использовали систему, рекомендованную разными авторами [6, 7] – бутанол: уксусная кислота : вода (4 : 1 : 2), объем наносимой пробы составил 4.0 мкл, хроматографические пластинки фирмы Sorbfil (Россия), высота пробега – 10 см. Детектирование пятен проводили в видимом свете после обработки пластин 0.2% спиртовым раствором нингидрина [5, 8]. Отнесение зон проводили по совпадению Rf и окраски пятен в сравнении с достоверными образцами.

Количественное определение суммы свободных АК в траве изучаемых видов определяли спектрофотометрическим методом, по их реакции с нингидрином в аналитическом максимуме 568 нм [9].

Полный состав аминокислот (свободные и связанные аминокислоты) определяли методом капиллярного электрофореза («Капель-105/105М», Россия) [10–12].

### Обсуждение результатов

Результаты, полученные при изучении водных извлечений методом ТСХ, приведены в таблице 1.

Несмотря на родство видов, в ряду *Lapathiiformes* наблюдается неоднородность в распределении АК. На хроматограммах извлечений из травы изучаемых растений имеется от 8 до 11 зон, характерных для АК.

При этом треонин, валин, метеонин и глутаминовая кислота присутствуют для всех представителей рода. Лизин выявлен в траве *P. scabra*, *P. brittingeri*, *P. tomentosa*, *P. nodosa*, аргинин идентифицирован в траве *P. lapathifolia*, для которого также характерно наличие пролина, тирозина, фенилаланина. Особенность *P. scabra* заключается в содержании в нем гистидина и лейцина. *P. brittingeri* включает глицин, аланин, фенилаланин. Состав профиля АК *P. tomentosa* и *P. nodosa* различается наличием в траве *P. tomentosa* пролина и фенилаланина. Также все объекты неодинаковы по количеству неидентифицированных зон и их окраске.

Единственный представитель ряда *Persicariaeformes*, *P. maculosa*, характеризуется наличием в своем составе лизина, глицина, треонина, валина, метеонина, глутаминовой кислоты и фенилаланина.

Цистеин не был обнаружен в свободном виде ни в одном объекте.

Полученная хроматографическая картина (расположение зон на треке и их окраска) для каждого отдельного вида, несмотря на их родство, является уникальной и может выступать в качестве «отпечатков пальцев» при проведении предварительного анализа, что особенно важно для идентификации растительного сырья при заготовительном процессе и первичных этапах стандартизации сырья с целью выявления примесных видов.

При проведении количественного определения суммы свободных АК в пересчете на глутаминовую (рис. 1.), установлено, что значение данного показателя характерно для *P. nodosa* (2.29%); немногим меньшее для *P. maculosa* (1.54%). Наименьшее содержание суммы свободных АК наблюдается для *P. lapathifolia*.

Для дальнейшего изучения полного состава АК (свободных и связанных) методом капиллярного электрофореза были выбраны *P. maculosa*, как представитель ряда *Persicariaeformes* Kom. и *P. tomentosa* и *P. lapathifolia* как представители *Lapathiiformes* Worosch. (рис. 2–4) (данные виды были выбраны ввиду того, что на предыдущем этапе исследования в их составе обнаружено наибольшее число зон, характерных для АК).

Таблица 1. Распределение зон АК представителей рода *Persicaria* Mill. на хроматограмме

Идентифицированные компоненты	Rf ±0.02	<i>P. maculosa</i>	<i>P. lapathifolia</i>	<i>P. scabra</i>	<i>P. brittingeri</i>	<i>P. tomentosa</i>	<i>P. nodosa</i>
Лизин	0.1	0.1	–	0.1	0.1	0.1	0.1
Аргинин	0.13	–	0.15	–	–	–	–
Гистидин	0.15	–	–	0.17	–	0.15	0.16
–	–	–	–	–	0.21	0.19	0.23
–	–	0.27	–	0.28	–	–	–
Цистеин	0.24	–	–	–	–	–	–
Пролин	0.25	–	0.24	–	–	0.25	–
Глицин	0.31	0.32	0.30	–	0.29	0.29	0.32
Метеонин	0.36	0.36	0.36	0.37	0.36	0.36	0.36
Глутаминовая кислота	0.37	0.38	0.38	0.38	0.37	0.38	0.38
Аланин	0.384	–	–	–	0.39	–	–
Треонин	0.4	0.44	0.43	0.44	0.45	0.44	0.44
Валин	0.49	0.51	0.49	0.52	0.51	0.51	0.51
Тирозин	0.6	–	0.60	–	–	–	–
Лейцин	0.62	–	–	0.61	–	–	–
Фенилаланин	0.64	0.62	0.62	–	0.62	0.62	–
–	–	–	0.65	–	–	–	0.72
–	–	–	0.74	–	–	0.75	0.76

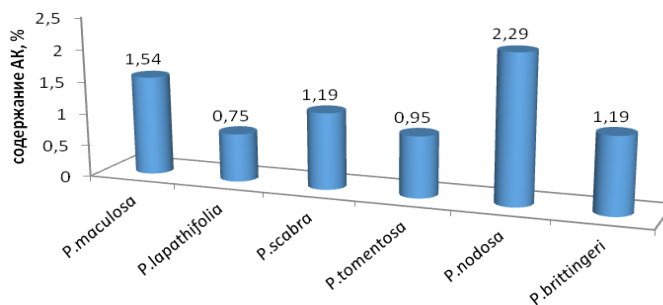
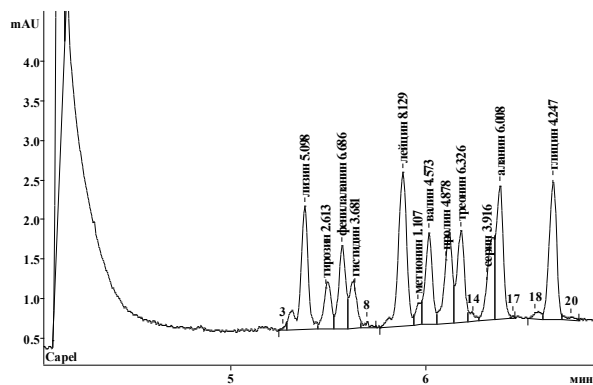
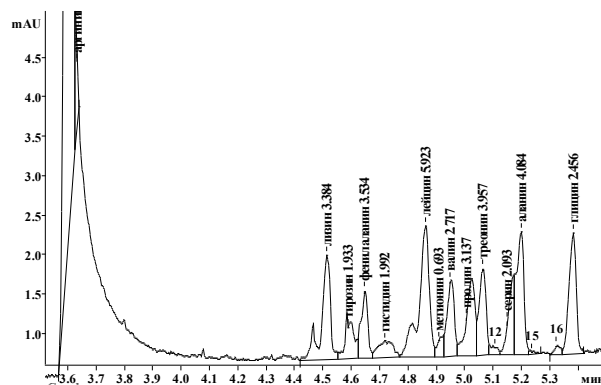


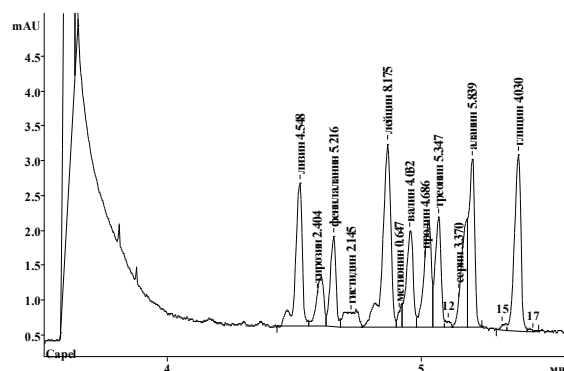
Рис. 1. Содержание суммы свободных АК в пересчете на глутаминовую кислоту

Рис. 2. Электрофоренограмма аминокислот травы *P. lapathifolia*Рис. 3. Электрофоренограмма аминокислот травы *P. tomentosa*

Данные, представленные в таблице 2, свидетельствуют о стабильности качественного состава АК объектов в пределах изучаемого рода, однако количественные показатели АК между видами различны.

Профиль АК изучаемых видов представлен моноаминомонокарбоновыми, моноаминодикарбоновыми, диаминомонокарбоновыми и гетероциклическими кислотами. В сырье идентифицировано 17 АК, 7 из которых относятся к незаменимым (Val, Leu, Ile, MeU, Thr, Lys, Phe).

В ряду увеличения содержания АК все объекты располагаются следующим образом: *P. tomentosa* < *P. maculosa* < *P. lapathifolia*. Наивысшее содержание незаменимых АК характерно для *P. tomentosa* (44% от суммы), заменимых – для *P. maculosa* (73.7% от суммы). Однако большее содержание суммы свободных АК наблюдается для *P. maculosa* (1.54%), растения в ряду увеличения суммы свободных АК выстраиваются по-иному: *P. lapathifolia* < *P. tomentosa* < *P. maculosa*.

Рис. 4. Электрофоренограмма аминокислот травы *P. maculosa*Таблица 2. Аминокислотный состав некоторых представителей рода *Persicaria* Mill. (в пересчете на а.с.с.)

Наименование показателя	<i>P. lapathifolia</i>		<i>P. tomentosa</i>		<i>P. maculosa</i>		Потребность, г [13]
	Содержание, %						
	% в сырье	% от суммы	% в сырье	% от суммы	% в сырье	% от суммы	
<b>Моноаминомонокарбоновые аминокислоты</b>							
Аланин (Ala)	0.65	6.9	0.42	7.8	0.68	8.1	1.8
Валин* (Val)	0.49	5.2	0.29	5.4	0.47	5.6	0.8
Лейцин+изолейцин* (Leu+Ile)	0.88	9.4	0.62	11.5	0.95	11.3	1.1+0.7
Метионин* (MeU)	0.12	1.3	0.07	1.3	0.07	0.83	1.1
Серин (Ser)	0.42	4.5	0.22	4.1	0.39	4.6	
Тирозин (Tyr)	0.28	3.0	0.21	3.9	0.28	3.3	
Треонин* (Thr)	0.68	7.3	0.41	7.6	0.62	7.4	0.5
Фенилаланин* (Phe)	0.72	7.7	0.37	6.7	0.61	7.3	1.1
Цистеин (Cys)	0.09	0.96	0.05	0.93	0.08	0.95	
Общее содержание	4.33	46.26	2.66	49.23	4.15	49.38	
<b>Моноаминодикарбоновые аминокислоты</b>							
Глутаминовая кислота (Glu)	1.79	19.2	0.82	15.3	1.25	14.9	
Аспарагиновая кислота (Asp)	0.69	7.4	0.40	7.4	0.67	8.0	
Общее содержание	2.48	26.6	1.22	22.7	1.92	22.9	
<b>Диаминомонокарбоновые аминокислоты</b>							
Аргинин (Arg)	0.58	6.2	0.35	6.5	0.51	6.1	
Лизин* (Lys)	0.56	6.0	0.35	6.5	0.53	6.3	0.8
Общее содержание	1.14	12.2	0.7	13.0	1.04	12.4	
<b>Гетероциклические аминокислоты</b>							
Пролин (Pro)	0.52	5.6	0.33	6.1	0.54	6.4	
Гистидин (His)	0.40	4.3	0.21	3.9	0.25	2.9	0.9
Глицин (Gly)	0.46	4.9	0.25	4.6	0.47	5.6	
Общее содержание	1.38	14.8	0.79	14.6	1.26	14.9	
Суммарное содержание аминокислот, %	9.33	–	5.37	–	8.37	–	
Содержание незаменимых аминокислот, %	3.45	37.0	2.37	44.0	2.2	26.3	
Содержание заменимых аминокислот, %	5.88	63.0	3.75	55.0	3.37	73.7	
Содержание суммы свободных АК, %	0.75	–	0.95	–	1.54	–	

\*незаменимые АК

Количественное содержание моноаминомонокарбоновых и моноаминодикарбоновых и гетероциклических АК во всех объектах примерно одинаково, однако нужно отметить, что глутаминовая кислота и гистидин в большем количестве характерна для *P. lapathifolia*, аланин, аспарагиновая кислота, пролин и глицин для *P. maculosa*. Содержание дикарбоновых кислот выше в *P. tomentosa*.

В таблице 2 также приведена потребность организма человека в незаменимых аминокислотах [13, 14]. Так, содержание АК во всех объектах значительно ниже необходимой суточной нормы, однако изучаемые растения могут являться дополнительным источником АК.

### Выводы

Впервые проведено сравнительное изучение состава АК между представителями рядов *Persicariaeformes* Kom. и *Lapathiiiformes* Worosch.

Установлен качественный состав свободных АК изучаемых объектов. Выявлено различие в составе АК между близкородственными видами. Установлены маркерные компоненты, характерные для каждого представителя. При изучении состава профиля свободных АК методом ТСХ выявлено, что треонин, валин, метионин и глутаминовая кислота характерны для всех представителей рода, распределение остальных АК внутри рода между видами неоднородно. Общая картина зон на хроматограммах представлена набором АК, уникальным для каждого конкретного растения. Результаты могут быть использованы как экспресс-анализ подлинности растительного сырья при проведении фармакогностического анализа.

Методом капиллярного электрофореза установлено количественное содержание всей суммы АК (как свободных, так и связанных). Показаны различия в количественном содержании отдельных АК.

### Список литературы

1. Красилов В.А. К столетию изучения ископаемой флоры Дальнего Востока // Комаровские чтения. Владивосток, 1977. Вып. XXV. С. 3–23.
2. Высочина Г.И. Эволюция и филогенетические отношения родов в семействе *Polygonaceae* – Гречишные в связи с биогенезом фенольных соединений // Растительный мир Азиатской России. 2008. №2. С. 1–8.
3. Государственная фармакопея СССР. 11-е изд. Вып. 2: Лекарственное растительное сырье. М., 1989. 400 с.
4. Высочина Г.И. Фенольные соединения в систематике и филогении семейства гречишные (*Polygonaceae* juss.) Сообщ. III. Род горец – *Persicaria* Mill. // *Turczaninowia*. 2008. №11. С. 129–137.
5. Чистякова А.С. Фармакогностическое исследование травы горца почечуйного: дисс. ... канд. фарм. наук. Воронеж, 2016. 200 с.
6. Чистякова А.С., Ткачева А.С., Логунова С.А., Мальцева А.А., Сорокина А.А. Определение суммы свободных аминокислот в траве горца почечуйного // Пути и формы совершенствования фармацевтического образования. Поиск новых физиологически активных веществ: материалы 5-й Международной научно-методической конференции «Фармообразование 2013». Воронеж, 2013. С. 599–601.
7. Тринеева О.В., Синкевич А.В., Сливкин А.И. Исследование аминокислотного состава извлечений из растительных объектов // Химия растительного сырья. 2015. №2. С. 141–148.
8. Никифоров Л.А., Белоусов М.В., Фурса Н.С. Изучение аминокислотного состава ряски малой (*Lemna minor* L.) // Бюллетень сибирской медицины. 2011. №5. С. 74–77.
9. Олешко Г.И., Ярыгина Т.И., Зорина Е.В., Решетникова М.Д. Разработка унифицированной методики количественного определения суммы свободных аминокислот в лекарственном растительном сырье и экстракционных препаратах // Фармация. 2011. №3. С. 14–17.
10. Чистякова А.С., Мальцева А.А., Ткачева А.С., Игнатова А.О. Исследование аминокислотного состава горца почечуйного травы методом капиллярного электрофореза // Разработка, исследование и маркетинг новой фармацевтической продукции: сборник научных трудов. Пятигорск, 2015. Вып. 70. С. 86–88.
11. ГОСТ 31480-2012. Комбикорма, комбикормовое сырье. Определение содержания аминокислот (лизина, метионина, треонина, цистина и триптофана) методом капиллярного электрофореза. М., 2013. 16 с.
12. Давитавян Н.А., Сампиев А.М. Изучение аминокислотного и минерального состава сухого экстракта из травы стальника полевого // Здоровье и образование в XXI веке. 2017. Т. 19. №10. С. 147–150.
13. Лысиков Ю.А. Аминокислоты в питании человека // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. 2012. №2. С. 88–105.
14. Сырвая А.О. Аминокислоты глазами химиков, фармацевтов, биологов: в 2 т. Харьков, 2014. Т. 1. 228 с.

Поступила в редакцию 3 сентября 2018 г.

После переработки 28 мая 2019 г.

Принята к публикации 3 июня 2019 г.

**Для цитирования:** Чистякова А.С., Гудкова А.А., Сорокина А.А., Сливкин А.И. Сравнительное изучение аминокислотного состава представителей рядов *Persicariaeformes* Kom. и *Lapathiiformes* Worosch. // Химия растительного сырья. 2019. №4. С. 157–162. DOI: 10.14258/jcprm.2019044347.

Chistyakova A.C.<sup>1\*</sup>, Gudkova A.A.<sup>1</sup>, Sorokina A.A.<sup>2</sup>, Slivkin A.I.<sup>1</sup> COMPARATIVE STUDY OF AMINO ACID COMPOSITION OF REPRESENTATIVES OF SERIES *PERSICARIAEFORMES* KOM AND *LAPATHIIFORMES* WOROSCH.

<sup>1</sup> Voronezh State University, Universitetskaya pl, 1, Voronezh, 394018 (Russia), e-mail: anna081189@yandex.ru

<sup>2</sup> First Moscow State Medical University I.M. Sechenov of the Ministry of Health of Russia (Sechenov University), ul. Trubetskaya, 8/2, Moscow, 119991 (Russia)

The paper presents the results of a comparative study of the amino acid composition of representatives of the *Persicaria* Mill. Section, family *Polygonaceae* Juss. Currently, the section includes several series, among which the most interesting, with regard to chemotaxonomy, are the *Persicariaeformes* Kom series. and, selected from it a little, later V.N. Voroshilov (1953), a new series of *Lapathiiformes* Worosch., which include *P. lapathifolia* (L.) Delarbre (*Polygonaceae*), *P. nodosa* (Pers.) Opiz (*Polygonaceae*), *P. tomentosa* (Schrank) E.P. Bicknell (*Polygonaceae*), *P. scabra* (Moench) Moldenke (*Polygonaceae*), leaving one species in *Persicariaeformes* – *P. maculosa* S.F. Gray (*Polygonaceae*). Despite the kinship of the species, between representatives of the *Persicariaeformes* Kom and *Lapathiiformes* Worosch. series, there is a heterogeneity in the distribution of amino acids. Marker components are established, individual for each representative, which is important for the identification of plant raw materials during the procurement process and the primary stages of standardization of raw materials (identification of impurity species).

The amino acid composition of the herb *P. lapathifolia* (L.) Delarbre (*Polygonaceae*), *P. maculosa* S.F. Gray (*Polygonaceae*), *P. tomentosa* (Schrank) E.P. Bicknell (*Polygonaceae*) was studied for the first time by capillary electrophoresis. The presence of 17 amino acids is shown in all objects, 7 of which are irreplaceable. The amino acid profile of the species studied is represented by monoaminomonocarboxylic, monoaminodicarboxylic, diaminomonomocarboxylic, and heterocyclic acids. 17 amino acids have been identified in the raw materials, 7 of which are irreplaceable (Val, Leu, Ile, MeU, Thr, Lys, Phe). For each sample, the amino acids that are predominant in the composition of the raw materials are determined.

**Keywords:** amino acids, *Persicariaeformes* Kom и *Lapathiiformes* Worosch., TLC, spectrophotometry, capillary electrophoresis.

## References

1. Krasilov V.A. *Komarovskiye chteniya*. [Komarov readings]. Vladivostok, 1977, vol. XXV, pp. 3–23. (in Russ.).
2. Vysochina G.I. *Rastitel'nyy mir Aziatskoy Rossii*, 2008, no. 2, pp. 1–8. (in Russ.).
3. *Gosudarstvennaya farmakopeya SSSR. 11-ye izd. Vyp. 2: Lekarstvennoye rastitel'noye syr'yo*. [The State Pharmacopoeia of the USSR. 11th ed. Vol. 2: Medicinal plant material]. Moscow, 1989, 400 p. (in Russ.).
4. Vysochina G.I. *Turczaninovia*, 2008, no. 11, pp. 129–137. (in Russ.).
5. Chistyakova A.S. *Farmakognosticheskoye issledovaniye travy gortsa pochechuynogo: diss. ... kand. farm. nauk*. [Pharmacognostic study of the grass of the highlander: diss. ... cand. farm. sciences]. Voronezh, 2016, 200 p. (in Russ.).
6. Chistyakova A.S., Tkacheva A.S., Logunova S.A., Mal'tseva A.A., Sorokina A.A. *Puti i formy sovershenstvovaniya farmatsevticheskogo obrazovaniya. Poisk novykh fiziologicheskikh aktivnykh veshchestv: materialy 5-y mezhdunarodnoy nauchno-metodicheskoy konferentsii «Farmobrazovaniye 2013»*. [Paths and forms of improving pharmaceutical education. Search for new physiologically active substances: materials of the 5th international scientific-methodological conference "Pharmaceutical Education 2013"]. Voronezh, 2013, pp. 599–601. (in Russ.).
7. Trineyeva O.V., Sinkevich A.V., Slivkin A.I. *Khimiya rastitel'naya syr'ya*, 2015, no. 2, pp. 141–148. (in Russ.).
8. Nikiforov L.A., Belousov M.V., Fursa N.S. *Billyuten' sibirskoy meditsiny*, 2011, no. 5, pp. 74–77. (in Russ.).
9. Oleshko G.I., Yarygina T.I., Zorina Ye.V., Reshetnikova M.D. *Farmatsiya*, 2011, no. 3, pp. 14–17. (in Russ.).
10. Chistyakova A.S., Mal'tseva A.A., Tkacheva A.S., Ignatova A.O. *Razrabotka, issledovaniye i marketing novoy farmatsevticheskoy produktsii: sbornik nauchnykh trudov*. [Development, research and marketing of new pharmaceutical products: collection of scientific papers]. Pyatigorsk, 2015, vol. 70, pp. 86–88. (in Russ.).
11. *GOST 31480-2012. Kombikorma, kombikormovoye syr'ye. Opredeleniye sodержaniya aminokislota (lizina, metionina, treonina, tsistina i triptofana) metodom kapillyarnogo elektroforeza*. [GOST 31480-2012. Compound feed, compound feed raw materials. Determination of amino acid content (lysine, methionine, threonine, cystine and tryptophan) by capillary electrophoresis]. Moscow, 2013, 16 p. (in Russ.).
12. Davitavyan N.A., Sampiyev A.M. *Zdorov'ye i obrazovaniye v XXI veke*, 2017, vol. 19, no. 10, pp. 147–150. (in Russ.).
13. Lysikov Yu.A. *Ekspерimental'naya i klinicheskaya gastroenterologiya*, 2012, no. 2, pp. 88–105. (in Russ.).
14. Syrovaya A.O. *Aminokisloty glazami khimikov, farmatsevtov, biologov: v 2-kh t.* [Amino acids through the eyes of chemists, pharmacists, biologists: in 2 volumes]. Khar'kov, 2014, vol. 1, 228 p. (in Russ.).

Received September 3, 2018

Revised May 28, 2019

Accepted June 3, 2019

**For citing:** Chistyakova A.C., Gudkova A.A., Sorokina A.A., Slivkin A.I. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2019, no. 4, pp. 157–162. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.2019044347.

\* Corresponding author.