

УДК 615.322:547.466

ИЗУЧЕНИЕ АМИНОКИСЛОТНОГО СОСТАВА НАДЗЕМНОЙ И ПОДЗЕМНОЙ ЧАСТЕЙ СОЛОДКИ ГОЛОЙ

© *О.В. Недилько**, *А.В. Яницкая*

*Волгоградский государственный медицинский университет,
пл. Павших Борцов, 1, Волгоград, 400131 (Россия), e-mail: letneva@list.ru*

Цель исследования – сравнительное изучение аминокислотного состава и количественного содержания отдельных аминокислот в надземной и подземных частях солодки голой (*Glycyrrhiza glabra* L.) (*Fabaceae*), произрастающей в природных условиях Волгоградской области. Предварительно с помощью реакции с нингидрином, а также проведением ТСХ на пластинках «Silufol» было установлено присутствие аминокислот в водных извлечениях из исследуемых образцов растительного сырья. Методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) на аминокислотном анализаторе ААА 400 в подземной и надземной частях солодки голой было идентифицировано 16 аминокислот, 9 из которых являются заменимыми и 7 – незаменимыми, установлено их количественное содержание и особенности накопления. Общая сумма обнаруженных аминокислот в надземной части лекарственного растения выше (15.88%), чем в подземных органах – 8.42%. Из отдельных аминокислот в траве солодки голой преобладают глутаминовая кислота (1.84±0.02%), аспарагиновая кислота (1.74±0.02%), аргинин (1.03±0.01%), лейцин (1.41±0.01%), лизин (1.02±0.01), валин (0.92±0.01%), фенилаланин (0.86±0.01%), изолейцин (0.76±0.01%), треонин (0.77±0.01%). В подземных органах исследуемого растения преимущественно накапливаются аспарагиновая (1.17±0.02%) и глутаминовая (0.62±0.01%) кислоты, но в процентном содержании их в 1.5–3 раза меньше по сравнению с надземной частью. Отдельно следует отметить особенность накопления пролина, являющегося одним из доминирующих аминокислот и в надземной, и в подземной частях солодки голой (1.49±0.02% и 1.87±0.02% соответственно). Полученные в ходе проведенного исследования данные указывают на перспективность дальнейшего изучения надземной части лекарственного растения в качестве источника данной группы биологически активных веществ.

Ключевые слова: *Glycyrrhiza glabra* L., растительное сырье, аминокислотный состав, заменимые и незаменимые аминокислоты.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ и Волгоградской области в рамках научного проекта № 19-44-343003.

Введение

Солодка голая (*Glycyrrhiza glabra* L.) семейства Бобовые (*Fabaceae*) – ценное лекарственное растение, сырье и препараты которого традиционно используются в медицине в качестве отхаркивающих и противовоспалительных средств [1, 2]. В подземных и надземных органах солодки содержатся вещества вторичного синтеза, относящиеся к различным классам химических соединений (флавоноиды, тритерпеновые сапонины, дубильные вещества и др.), изучению которых посвящено большое количество научных работ [3–5]. Вместе с тем остаются без внимания такие важные группы соединений первичного биосинтеза, как белки и аминокислоты, обуславливающие кормовые достоинства данного растения [6, 7].

Следует отметить, что в растениях за счет имеющихся ферментных систем накапливаются практически все аминокислоты, способность к синтезу которых (незаменимых аминокислот) утратили животные, в том числе человек [8]. Аминокислоты выполняют в живом организме ряд специфических функций: являются стро-

Недилько Ольга Викторовна – ассистент кафедры фармакогнозии и ботаники, e-mail: letneva@list.ru
Яницкая Алефтина Владимировна – кандидат биологических наук, доцент, заведующая кафедрой фармакогнозии и ботаники, e-mail: a.yanitskaya@yandex.ru

ительным материалом биологически важных соединений (специальных тканевых белков, ферментов, гормонов, нуклеиновых кислот и т.д.), участвуют в поддержании азотистого баланса, обладают имму-

* Автор, с которым следует вести переписку.

ноактивными свойствами, а также оказывают гипополипидемическое действие и др. [9–11]. Природные аминокислоты имеют более высокую физиологическую активность по сравнению с синтетическими аналогами, так как в растительном сырье они находятся в легкоусвояемых человеческим организмом комплексах и в биологически доступных концентрациях [12, 13]. В настоящее время многие исследования направлены на изучение аминокислотного состава как неофициальных, так и официальных растений, которые могут быть использованы в качестве перспективных сырьевых источников для получения фармакологически активных субстанций [14, 15]. Солодка голая, как один из важных представителей семейства *Fabaceae*, характеризующаяся высоким содержанием белковых соединений, является потенциально перспективным для изучения в данном направлении видом [16, 17].

Цель работы – проведение сравнительного анализа качественного и количественного состава аминокислот в надземных и подземных органах солодки голой.

Экспериментальная часть

Объектом исследования служили образцы воздушно-сухого растительного сырья – подземные (корни) и надземные (трава) органы солодки голой, заготовленные от дикорастущих популяций на территории Кумылженского района Волгоградской области. В связи с тем, что сбор подземных органов солодки голой можно проводить в течение всего вегетационного периода, а максимальное накопление биологически активных веществ в траве отмечается в период цветения растения, для объективного сравнительного анализа содержания аминокислот в растительном сырье, исследуемые образцы заготавливали в фазу цветения (июнь 2016–2017 гг.).

Для подтверждения присутствия аминокислот проводили нингидриновую реакцию с водными извлечениями исследуемых образцов сырья. При этом наблюдали появление красно-фиолетового окрашивания, что свидетельствовало о наличии аминокислот. Также качественное обнаружение аминокислот проводили методом ТСХ на пластинках «Silufol» в системах растворителей *n*-бутанол–уксусная кислота–вода в соотношении 12 : 3 : 5. Хроматограммы проявляли 0.25% спиртовым раствором нингидрина. Аминокислоты проявлялись в виде красно-фиолетовых пятен.

Идентификацию и количественное определение аминокислот в исследуемых растительных образцах осуществляли на аминокислотном анализаторе ААА 400 (Чехия) – узкоспециализированном автоматизированном хроматографе с компьютерным управлением. Данный метод основан на постколоночной дериватизации аминокислот с нингидрином. При этом образуется продукт взаимодействия с характерным фиолетовым (аминокислоты) или желтым цветом (иминокислоты) [18, 19]. Подготовку проб для последующего их анализа проводили в соответствии с требованиями ГОСТ 32195-2013 (ISO 13903:2005) Корма, комбикорма [20]. В исследуемом растительном сырье аминокислоты были представлены в связанном пептидными связями виде. Для количественного определения свободных аминокислот предварительно проводили гидролиз: 0.2 г образца измельченного сырья (точная навеска) помещали в специальные ампулы, добавляли 20 мл 6N соляной кислоты. Ампулы запаивали и помещали в сушильный шкаф на 23 ч при температуре 110 °С. После гидролиза ампулы охлаждали до комнатной температуры и выпаривали досуха в ротационном испарителе. Затем добавляли 5 мл воды, и снова выпаривали. Данную процедуру повторяли еще 2 раза. К выпаренному досуха образцу прибавляли 50 мл загрузочного буфера (рН – 2,2). Перед введением в ионообменную колонку фильтровали образец через бумажный фильтр. Заданные количества стандартного и испытуемого образцов вводили в колонку анализатора через дозированную петлю (100 мкл).

Анализ качественного аминокислотного состава проводили на аминокислотном анализаторе в стандартных условиях: ступенчатый градиент, скорость потока буферных растворов 0.3 мл/мин, скорость потока нингидринового реактива 0.2 мл/мин. Детектирование аминокислот проводили в УФ областях 440 и 570 нм. Идентификацию разделяемых аминокислот осуществляли путем сопоставления времени удерживания компонентов смеси со временем удерживания стандартных образцов.

Количественная оценка проводилась автоматически с измерением площади пиков идентифицированных аминокислот. Расчет каждой из них проводили в наномолях в аликвоте, непосредственно использованной для анализа, и в дальнейшем пересчитывали на процентное содержание.

Результаты анализа исследовали с помощью компьютерной программы сбора и обработки данных Chromulan v0.82.

Обсуждение результатов

Результаты хроматографического анализа аминокислотного состава исследуемого сырья солодки голой отражены на рисунках 1 и 2.

В таблицах 1 и 2 представлен сравнительный анализ суммарного и индивидуального содержания заменимых и незаменимых аминокислот в траве и корнях солодки голой.

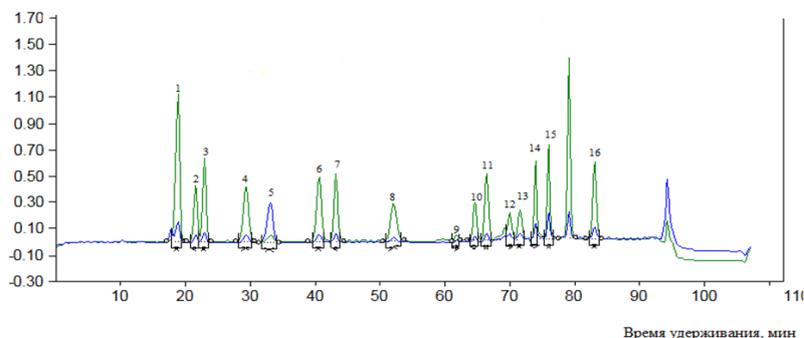


Рис. 1. Хроматограмма аминокислот в корнях солодки голой: 1 – аспарагиновая кислота; 2 – треонин; 3 – серин; 4 – глутаминовая кислота; 5 – пролин; 6 – глицин; 7 – аланин; 8 – валин; 9 – метионин; 10 – изолейцин; 11 – лейцин; 12 – тирозин; 13 – фенилаланин; 14 – гистидин; 15 – лизин; 16 – аргинин

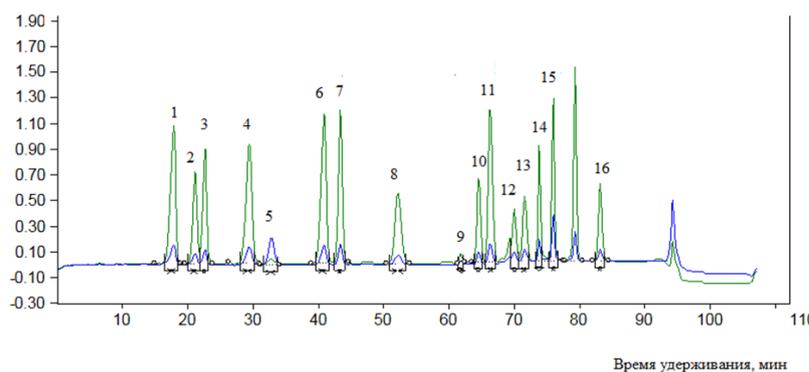


Рис. 2. Хроматограмма аминокислот в траве солодки голой: 1 – аспарагиновая кислота; 2 – треонин; 3 – серин; 4 – глутаминовая кислота; 5 – пролин; 6 – глицин; 7 – аланин; 8 – валин; 9 – метионин; 10 – изолейцин; 11 – лейцин; 12 – тирозин; 13 – фенилаланин; 14 – гистидин; 15 – лизин; 16 – аргинин

Таблица 1. Процентное содержание заменимых аминокислот в подземной и надземной частях солодки голой (N=6, P=95%)

Аминокислота	Трава	Корни
Моноаминомонокарбоновые кислоты		
Аланин (Ala)	0.94±0.02%	0.32±0.01%
Глицин (Gly)	0.89±0.01%	0.30±0.01%
Тирозин (Tyr)	0.64±0.01%	0.26±0.01%
Серин (Ser)	0.80±0.01%	0.41±0.01%
Моноаминодикарбоновые кислоты		
Аспарагиновая кислота (Asp)	1.74±0.02%	1.17±0.02%
Глутаминовая кислота (Glu)	1.84±0.02%	0.62±0.01%
Диаминомонокарбоновые кислоты		
Аргинин (Arg)	1.03±0.01%	0.84±0.01%
Гетероциклические кислоты		
Гистидин (His)	0.71±0.01%	0.40±0.01%
Пролин (Pro)	1.49±0.02%	1.87±0.02%
Сумма заменимых аминокислот	10.08±0.12%	6.19±0.09%

Таблица 2. Процентное содержание незаменимых аминокислот в подземной и надземной частях солодки голой (N=6, P=95%)

Аминокислота	Трава	Корни
Моноаминомонокарбоновые кислоты		
Треонин (Thr)	0.77±0.01%	0.33±0.01%
Валин (Val)	0.92±0.01%	0.38±0.01%
Метионин (Met)	0.06±0.001%	0.04±0.001%
Изолейцин (Ile)	0.76±0.01%	0.27±0.01%
Лейцин (Leu)	1.41±0.01%	0.45±0.01%
Фенилаланин (Phen)	0.86±0.01%	0.31±0.01%
Диаминомонокарбоновые кислоты		
Лизин (Lys)	1.02±0.01%	0.45±0.01%
Сумма незаменимых аминокислот	5.80±0.06%	2.23±0.03%

На основании данных из таблиц следует, что качественный состав надземной и подземной части солодки голой представлен 16 аминокислотами. Из них 7 – незаменимые (моноаминомонокарбоновые: треонин, валин, метионин, изолейцин, лейцин, фенилаланин; диаминомонокарбоновые: лизин) и 9 – заменимые (моноаминомонокарбоновые: аланин, глицин, тирозин, серин; моноаминодикарбоновые: аспарагиновая и глутаминовая кислоты; диаминомонокарбоновые: аргинин; гетероциклические: гистидин и пролин). Доля заменимых аминокислот выше, чем незаменимых. При этом среди заменимых и незаменимых аминокислот изучаемого лекарственного растения более половины составляют моноаминомонокарбоновые.

Следует отметить, что общая сумма обнаруженных аминокислот в траве (15.88%) солодки голой выше, чем в корнях (8.42%) лекарственного растения. По мере убывания они могут быть расположены в следующий ряд: для надземной части – Glu > Asp > Pro > Leu > Arg > Lys > Ala > Val > Gly > Phen > Ser > Thr > Ile > His > Tyr > Met; и для подземной части – Pro > Asp > Arg > Glu > Leu = Lys > Ser > His > Val > Thr > Ala > Phen > Gly > Ile > Tyr > Met. Таким образом, видно, что в надземной части исследуемого растения в количественном отношении доминируют заменимые аминокислоты глутаминовая кислота (1.84±0.02%) и аспарагиновая кислота (1.74±0.02%), аргинин (1.03±0.01%). Чуть в меньшем количестве в траве присутствуют незаменимые – лейцин (1.41±0.01%), лизин (1.02±0.01%), валин (0.92±0.01%), фенилаланин (0.86±0.01%), изолейцин (0.76±0.01%), треонин (0.77±0.01%). Из доминирующих в подземных органах аминокислот следует отметить пролин (1.87±0.02%), высокое содержание которого (1.49±0.02%) также отмечено и в надземной части лекарственного растения.

Содержание сырого протеина в надземных органах солодки голой составляет 18.2%, а в подземных – 11.7%.

Выводы

В результате проведенного анализа в надземных и подземных органах солодки голой идентифицировано 16 аминокислот, из которых 9 – заменимые и 7 – незаменимые. Вместе с тем общая сумма обнаруженных аминокислот выше в надземной части лекарственного растения (15.88%), чем в подземных органах (8.42%). Из отдельных аминокислот в траве солодки голой преобладают глутаминовая кислота (1.84±0.02%), аспарагиновая кислота (1.74±0.02%), аргинин (1.03±0.01%), лейцин (1.41±0.01%), лизин (1.02±0.01%), валин (0.92±0.01%), фенилаланин (0.86±0.01%), изолейцин (0.76±0.01%), треонин (0.77±0.01%). В подземных органах исследуемого растения отмечено достаточно высокое содержание аспарагиновой (1.17±0.01%) и глутаминовой (0.62±0.01%) кислот, но в процентном содержании их меньше по сравнению с надземной частью. В то же время в траве и подземных органах отмечено достаточно высокое содержание пролина (1.49±0.02 и 1.87±0.02% соответственно).

Таким образом, полученные результаты указывают на биологическую ценность травы солодки голой и наличие широкого спектра фармакологической активности, связанной с достаточно высоким содержанием в ней аминокислот. Данное обстоятельство указывает на возможность использования надземной части лекарственного растения в качестве источника природных биологически активных веществ и расширения его сырьевой базы, а также может быть использовано в перспективе для создания ресурсосберегающих технологий переработки лекарственного растительного сырья.

Список литературы

1. Толстиков Г.А. и др. Солодка: биоразнообразие, химия, применение в медицине. Новосибирск, 2006. 311 с.
2. Яницкая А.В., Землянская И.В., Недилько О.В. Выявление основных анатомических диагностических признаков травы солодки голой // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2015. №3. С. 103–106.
3. Farag M.A., Porzel A., Wessjohann L.A. Comparative metabolite profiling and fingerprinting of medicinal licorice roots using a multiplex approach of GC–MS, LC–MS and 1D NMR techniques // *Phytochemistry*. 2012. Vol. 76. Pp 60–72.
4. Егоров М.В., Куркин В.А. Качественный и количественный анализ лекарственного препарата «Солодки сироп» // *Современные проблемы науки и образования*. 2015. №6. С. 553.
5. Яницкая А.В., Куркин В.А., Недилько О.В., Самойлова И.Н., Щербинин А.С., Егоров М.В. Оценка содержания глицирризиновой кислоты в корнях солодки голой, произрастающей в некоторых районах Волгоградской области // Вестник Волгоградского государственного медицинского университета. 2015. №4(56). С. 116–118.
6. Растительные ресурсы России. Дикорастущие цветковые растения, их компонентный состав и биологическая активность. Семейства *Fabaceae* – *Apiaceae*. СПб.; М., 2010. Т. 3. 601 с.
7. Маевский П.Ф. Флора средней полосы европейской части России. М., 2006. 514 с.
8. Лысыков Ю.А. Аминокислоты в питании человека // *Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология*. 2012. №2. С. 88–105.
9. Фурса Н.С., Тржецинский С.Д., Мозуль В.И., Исаханов А.Л., Колосова О.А., Чикина И.В. Сравнительный анализ элементного, углеводного и аминокислотного состава официального сырья и его составляющих валерианы лекарственной // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2016. №2. С. 152–156.
10. Яцук В.Я., Елецкая О.А. Анализ состава веществ первичного синтеза растительного сбора // *Российский медико-биологический вестник имени академика И.П. Павлова*. 2009. №3. С. 146–150.
11. Бондаревич Е.А. Изменения содержания свободных аминокислот в зерновках дикорастущих злаков Восточного Забайкалья при проращивании в условиях осмотического стресса // *Химия растительного сырья*. 2018. №3. С. 83–89.
12. Тохсырова З.М., Никитина А.С., Попова О.И. Аминокислоты побегов розмарина лекарственного (*Rosmarinus officinalis* L.), интродуцированного в ботаническом саду Пятигорского медико-фармацевтического института // *Фундаментальные исследования*. 2015. №2–15. С. 3330–3332.
13. Дроздова И.Л., Минакова Е.И. Изучение аминокислотного состава травы скабиозы бледно-желтой (*Scabiosa ochroleuca* L.) методом ВЭЖХ // *Сорбционные и хроматографические процессы*. 2018. Т. 18. №1. С. 52–57.
14. Круглая А.А. Аминокислотный состав некоторых представителей рода *Inula* // *Фармация и фармакология*. 2016. Т. 4. №6. С. 33–43.
15. Селина И.И. Сравнительное изучение аминокислотного состава листьев шелковицы черной (*Morus nigra* L.), шелковицы белой (*Morus alba* L.) и шелковицы красной (*Morus rubra* L.) // *Фундаментальные исследования*. 2014. №3–4. С. 770–774.
16. Нуртаева Ж.Т. и др. Исследование растительных экстрактов на содержание витаминов и аминокислот методом капиллярного электрофореза // *Новости науки Казахстана*. 2015. №1(123). С. 88–98.
17. Абдрахманова Г.М., Жаугашева С.К., Павелковская Г.П. Разработка технологии двуслойных суппозиторий на основе экстракта солодки и парацетамола // *Фармация и фармакология*. 2014. Т. 2. №6(7). С. 36–37.
18. Хабибрахманова В.Р. и др. Переработка шрота корня солодки. II. Тритерпеноидные и флавоноидные вещества этанольных экстрактов // *Химия растительного сырья*. 2016. №2. С. 97–102.
19. Симонян А.В., Саламатов А.А., Покровская Ю.С., Аванесян А.А. Использование нингидриновой реакции для количественного определения α -аминокислот в различных объектах. Волгоград, 2007. 106 с.
20. ГОСТ 32195-2013. Корма, комбикорма. Метод определения содержания аминокислот. М., 2015. 27 с.

Поступила в редакцию 6 декабря 2018 г.

После переработки 11 июня 2019 г.

Принята к публикации 16 ноября 2019 г.

Для цитирования: Недилько О.В., Яницкая А.В. Изучение аминокислотного состава надземной и подземной частей солодки голой // *Химия растительного сырья*. 2020. №1. С. 251–256. DOI: 10.14258/jcprm.2020014678.

*Nedil'ko O.V.**, Yanitskaya A.V. THE STUDY OF AMINO ACID CONTENT OF GLYCYRRHIZA GLABRA OVER-GROUND AND UNDERGROUND PARTS

Volgograd State Medical University, pl. Pavshikh Bortsov, 1, Volgograd, 400131 (Russia), e-mail: letneva@list.ru

The purpose of the research was a comparative study of the amino acid composition and the quantitative content of individual amino acids in the over-ground and underground parts of *Glycyrrhiza glabra* L. (*Fabaceae*) growing in the Volgograd region. Previously, using the reaction with ninhydrin, as well as carrying out TLC on the plates «Silufol», the presence of amino acids in watery extracts from the samples of vegetable raw materials was established. On an AAA 400 amino acid analyzer in the underground and over-ground parts of *Glycyrrhiza glabra* L. 16 amino acids were identified, 9 of which are interchangeable and 7 are irreplaceable, their quantitative content and accumulation characteristics were established. The total amount of amino acids found in the over-ground parts of the medicinal plant is higher (15.88%) than in the underground organs – 8.42%. Of the individual amino acids, glutamic acid (1.84±0.02%), aspartic acid (1.74±0.02%), arginine (1.03±0.01%), leucine (1.41±0.01%), lysine (1.02±0.01), valine (0.92±0.01%), phenylalanine (0.86±0.01%), isoleucine (0.76±0.01%), threonine (0.77±0.01%) was detected. In the underground organs of the studied plant, aspartic (1.17±0.02%) and glutamic (0.62±0.01%) acids predominantly accumulate, but in percentage they are 1.5–3 times less than the over-ground parts. Separately, it should be noted a feature of the accumulation of proline, which is one of the dominant amino acids in the over-ground and underground parts of *Glycyrrhiza glabra* L. (1.49±0.02% and 1.87±0.02%, respectively). Obtained in the course of the research data indicate the prospects for further study of the over-ground parts of the medicinal as a source of this group of biologically active substances.

Keywords: *Glycyrrhiza glabra* L., vegetable raw materials, amino acid content, replaceable and irreplaceable amino acids.

References

1. Tolstikov G.A. et al *Solodka: bioraznoobraziye, khimiya, primeneniye v meditsine*. [Licorice: biodiversity, chemistry, medical applications]. Novosibirsk, 2006, 311 p. (in Russ.).
2. Yanitskaya A.V., Zemlyanskaya I.V., Nedil'ko O.V. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Khimiya. Biologiya. Farmatsiya*, 2015, no. 3, pp. 103–106 (in Russ.).
3. Farag M.A., Porzel A., Wessjohann L.A. *Phytochemistry*, 2012, vol. 76, pp 60–72.
4. Yegorov M.V., Kurkin V.A. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya*, 2015, no. 6, pp. 553 (in Russ.).
5. Yanitskaya A.V., Kurkin V.A., Nedil'ko O.V., Samoylova I.N., Shcherbinin A.S., Yegorov M.V. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta*, 2015, no. 4(56), pp. 116–118 (in Russ.).
6. *Rastitel'nyye resursy Rossii. Dikorastushchiye tsvetkovyye rasteniya, ikh komponentnyy sostav i biologicheskaya aktivnost'. Semeystva Fabaceae – Apiaceae*. [Plant resources of Russia. Wild flowering plants, their component composition and biological activity. Families Fabaceae - Apiaceae]. St. Petersburg, Moscow, 2010, vol. 3, 601 p. (in Russ.).
7. Mayevskiy P.F. *Flora sredney polosy yevropeyskoy chasti Rossii*. [Flora of the middle zone of the European part of Russia]. Moscow, 2006, 514 p. (in Russ.).
8. Lysikov Yu.A. *Ekspperimental'naya i klinicheskaya gastroenterologiya*, 2012, no. 2, pp. 88–105 (in Russ.).
9. Fursa N.S., Trzhetsinskiy S.D., Mozul' V.I., Isakhanov A.L., Kolosova O.A., Chikina I.V. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Khimiya. Biologiya. Farmatsiya*, 2016, no. 2, pp. 152–156 (in Russ.).
10. Yatsyuk V.Ya., Yeletskaya O.A. *Rossiyskiy mediko-biologicheskii vestnik imeni akademika I.P. Pavlova*, 2009, no. 3, pp. 146–150 (in Russ.).
11. Bondarevich Ye.A. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2018, no. 3, pp. 83–89 (in Russ.).
12. Tokhsyrova Z.M., Nikitina A.S., Popova O.I. *Fundamental'nyye issledovaniya*, 2015, no. 2–15, pp. 3330–3332 (in Russ.).
13. Drozdova I.L., Minakova Ye.I. *Sorbtsionnyye i khromatograficheskiye protsessy*, 2018, vol. 18, no. 1, pp. 52–57 (in Russ.).
14. Kruglaya A.A. *Farmatsiya i farmakologiya*, 2016, vol. 4, no. 6, pp. 33–43 (in Russ.).
15. Selina I.I. *Fundamental'nyye issledovaniya*, 2014, no. 3–4, pp. 770–774 (in Russ.).
16. Nurtaeva Zh.T. et al *Novosti nauki Kazakhstana*, 2015, no. 1(123), pp. 88–98 (in Russ.).
17. Abdrakhmanova G.M., Zhaugasheva S.K., Pavelkovskaya G.P. *Farmatsiya i farmakologiya*, 2014, vol. 2, no. 6(7), pp. 36–37 (in Russ.).
18. Khabibrakhmanova V.R. et al *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2016, no. 2, pp. 97–102 (in Russ.).
19. Simonyan A.V., Salamatov A.A., Pokrovskaya Yu.S., Avanesyan A.A. *Ispol'zovaniye ningidrinovoy reaktsii dlya kolichestvennogo opredeleniya α-aminokislot v razlichnykh ob'yektakh*. [The use of ninhydrin reaction for the quantitative determination of α-amino acids in various objects]. Volgograd, 2007, 106 p. (in Russ.).
20. *GOST 32195-2013. Korma, kombikorma. Metod opredeleniya sodержaniya aminokislot*. [GOST 32195-2013. Feed, feed. Method for determination of amino acid content]. Moscow, 2015, 27 p. (in Russ.).

Received December 6, 2018

Revised June 11, 2019

Accepted November 16, 2019

For citing: Nedil'ko O.V., Yanitskaya A.V. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2020, no. 1, pp. 251–256. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.2020014678.

* Corresponding author.