

УДК (635.43+582.661.21)(571.56-191.2)

АМИНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ *ATRIPLEX PATULA* L. И *AMARANTHUS RETROFLEXUS* L. (AMARANTHACEAE), ПРОИЗРАСТАЮЩИХ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ

© И.В. Воронов

Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, пр. Ленина, 41,
Якутск, 677980 (Россия), e-mail: viv_2002@mail.ru

Цель исследования – сравнительное изучение аминокислотного состава семян и средних листьев *Atriplex patula* L. и *Amaranthus retroflexus* L. флоры Центральной Якутии (Республика Саха (Якутия)).

Сбор листьев и семян *A. patula* и *A. retroflexus* проводили в августе 2016 г. в фазе плодоношения. Изучение аминокислотного состава семян и листьев, содержание сырого протеина, жира, кальция и фосфора в надземной части исследуемых растений проводилось на базе Государственного бюджетного учреждения Республики Саха (Якутия) «Якутская республиканская ветеринарно-испытательная лаборатория». Установлено, что из 14 исследованных аминокислот 9 являются незаменимыми. Общая сумма изученных аминокислот в листьях *A. patula* составляла 3.3±0.2%, в семенах – 3.6±0.2%; *A. retroflexus* в листьях – 4.2±0.2%, в семенах – 3.8±0.2%. Аминокислотный состав по незаменимым кислотам представлен лизином, лейцином и изолейцином, метионином, валином, треонином, аргинином, гистидином и фенилаланином, по составу заменимых аминокислот – тирозином, пролином, серином, аланином и глицином. Сумма незаменимых аминокислот в листьях *A. patula* составляла 2.07±0.10%, в семенах – 2.30±0.12%; у *A. retroflexus*: в листьях – 2.63±0.13%, в семенах – 2.20±0.11%. Следует отметить отсутствие аминокислоты гистидина в семенах и низкое содержание фенилаланина в семенах – в 2.8 раза и листьях – в 4.5 раза у *A. patula* по сравнению с *A. retroflexus*. Полученные данные свидетельствуют о том, что в листьях и семенах *A. retroflexus* по сравнению с *A. patula* содержание сырого протеина в 1.5 раза выше, содержание кальция выше до 2.3 раза, содержание фосфора – ниже: в листьях – в 3.3 раза, в семенах – в 1.4 раза. Полученные в результате исследования данные указывают на биологическую ценность двух исследованных видов и перспективу их изучения в качестве источника природных биологических активных веществ в медицинской и сельскохозяйственных областях.

Ключевые слова: *A. patula*, *A. retroflexus*, аминокислоты, сырой протеин, жир, кальций, фосфор, Центральная Якутия.

Работа выполнена в рамках проекта АААА-А17-117020110056-0 «Фундаментальные и прикладные аспекты изучения разнообразия растительного мира Северной и Центральной Якутии».

Введение

Благодаря огромным резервам биологически активных веществ (БАВ), имеющихся в растениях флоры Сибири, Дальнего Востока и Якутии, постоянно ведутся поиски новых эффективных, экологически безопасных средств растительного происхождения. В связи с этим исследования компонентного состава растений, произрастающих в экстремальных климатических условиях криолитозоны, являются перспективными. Для этого необходимо определение основных классов БАВ, одними из которых являются аминокислоты, являющиеся основными структурными единицами организма человека и играющими огромную роль в биосинтезе биологически активных соединений, белков и пептидов [1, 2]. Благодаря тому, что аминокислоты обладают способностью реагировать с активными формами кислорода и продуктами их взаимодействия с другими биологическими молекулами, они проявляют способность к снижению повреждающих и патологических эффектов, обусловленных окислительными воздействиями различной природы на разных уровнях биологической организации. Вследствие этого одной из возможностей своевременной безопасной коррекции нарушений аминокислотного гомеостаза в организме человека является применение фитопрепаратов [3]. Многие

Воронов Иван Васильевич – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник,
e-mail: viv_2002@mail.ru

аминокислоты (глицин, аргинин, лизин, глутамат, гистидин, фенилаланин) используются как лекарственные препараты и биологически активные пище-

вые добавки [4]. Остается актуальным вопрос об изыскании новых источников БАВ растительного происхождения для разработки отечественных препаратов, богатых белком и биоэлементным составом. В связи с этим был обусловлен и выбор растений, которые являются потенциально перспективными видами для изучения: *A. patula* L. и *A. retroflexus* L., произрастающие в условиях Центральной Якутии.

Цель данного исследования – сравнительное изучение аминокислотного состава семян и листьев *A. patula* и *A. Retroflexus*, произрастающих в Центральной Якутии.

Экспериментальная часть

Материалом для исследований служили семена и средние листья *Atriplex patula* L. и *Amaranthus retroflexus* L. семейства Амарантовые (Amaranthaceae), собранные в августе 2016 г. в фазе плодоношения. Собранные листья обрабатывали парами этанола, затем высушивали без доступа света. Закладка опыта проводилась на территории Ботанического сада Института биологических проблем криолитозоны СО РАН (Якутск), семена исследуемых растений высевали в открытый грунт в конце мая 2016 г.

Лебеда раскидистая – *Atriplex patula* L. Травянистое однолетнее растение, с верхними копьевидными листьями, покрытыми, как и стебель, мучнистым налетом. Многие представители рода *Atriplex* издавна используются в народной медицине. *A. patula* L. имеет промежуточный тип фотосинтеза [5]. Сочетание высокой холодостойкости (признак С3-растения) с максимальной продуктивностью фотосинтеза при повышенной температуре (признак С4-растения) также может быть основанием для ее более тщательного научного исследования [6]. Установлено, что листья лебеды богаты аскорбиновой кислотой, белками, минеральными веществами, содержат витамины группы Е, Р и РР, эфирное масло, сапонины и алкалоиды [7]. В связи с малой изученностью компонентного состава лебеды раскидистой, произрастающей на территории Центральной Якутии, ее исследование представляет как практический, так и теоретический интерес.

Щирица запрокинутая – *Amaranthus retroflexus* L. Травянистое однолетнее растение, с высотой стебля от 15 до 100 см. Листья очередные, на длинных черешках, яйцевидно-продолговатые, тупые, с коротким остроконечием, по краю слегка волнистые, к основанию клиновидные, цветет в июне – августе [8]. Широкое использование растений рода *Amaranthaceae* в народной медицине при лечении разнообразных заболеваний человека свидетельствует о наличии в растениях различных по своему действию и химическому составу БАВ [9]. Многочисленными исследованиями установлено, что в амарантовых (сортовых и дикорастущих) содержатся ненасыщенные жиры, витамины и минералы, отмечено высокое содержание общего белка как в семенах, так и в вегетативных частях растений, в том числе по содержанию незаменимых аминокислот (особенно лизина) [10, 11].

Изучение компонентного состава исследуемых растений проводилось на базе Государственного бюджетного учреждения Республики Саха (Якутия) «Якутская республиканская ветеринарно-испытательная лаборатория» с использованием системы капиллярного электрофореза «Капель 105М» [12]. Массовую долю сырого протеина рассчитывали с использованием метода Кьельдаля [13]. Содержание сырого жира определяли по массе извлеченного сырого жира [14]. Содержание кальция проводилось титриметрическим методом, фосфора – фотометрическим методом [15, 16]. Повторность опытов трехкратная. Результаты биохимических экспериментов представлены среднеарифметическими значениями, статистический разброс полученных показателей определяли по показателям точности методики, при анализе суммы аминокислот закладывали 5% ошибку на расчет.

Обсуждение результатов

На основании проведенных исследований количественного аминокислотного состава в образцах были изучены 14 аминокислот, 9 из которых являлись незаменимыми. Аминокислотный состав по незаменимым кислотам представлен лизином, лейцином и изолейцином, метионином, валином, треонином, аргинином, гистидином и фенилаланином.

Содержание незаменимых аминокислот *A. patula* по сравнению с *A. retroflexus* в листьях было ниже в 1.3 раза, в семенах статистического отличия не наблюдалось (табл. 1).

Для обоих исследованных видов среди незаменимых аминокислот отмечается повышенное содержание аргинина в листьях и семенах (*A. patula* – 0.75%, 1.06%, *A. retroflexus* – 0.51%, 0.55%), поскольку идентифицированная аргининовая аминокислота у растений вовлечена во многие физиологические процессы, ее высокое содержание также может объясняться как ответная реакция на окислительный стресс [17].

Таблица 1. Содержание незаменимых аминокислот в семенах и листьях в исследованных двух видах

Аминокислоты, %	<i>A. patula</i>	<i>A. retroflexus</i>	<i>A. patula</i>	<i>A. retroflexus</i>
	Семена		Листья	
Lys	0.32±0.10	0.21±0.07	0.25 ±0.08	0.21±0.07
Leu and ile	0.29±0.07	0.46±0.12	0.32±0.08	0.66±0.17
Met	0.12±0.04	0.12±0.04	0.08±0.03	0.08±0.02
Val	0.21±0.08	0.27±0.10	0.17±0.07	0.27±0.10
Thr	0.23±0.09	0.18±0.07	0.28±0.11	0.34±0.13
Arg	1.06±0.40	0.55±0.20	0.75±0.30	0.51±0.20
Phe	0.07±0.02	0.20±0.06	0.06±0.02	0.27±0.08
His	–	0.21±0.10	0.16±0.08	0.29±0.14
Сумма аминокислот, *	2.30±0.12	2.20±0.11	2.07±0.10	2.63±0.13

Примечание: здесь и далее $x \pm \Delta$, $P \leq 0.05$. x – результат единичного измерения. %; Δ – показатель точности методики (границы абсолютной погрешности при вероятности $P \leq 0.05$), %.

* Стандартная ошибка среднего, $P \leq 0.05$.

Отмечено, что у двух видов наблюдается низкое содержание в листьях и семенах метионина. Низкое содержание метионина может быть связано не только с тем, что он широко используется растениями как антиоксидант, но и с тем, что в экстремальных условиях совместно с серином, он активно включается в синтез холина и фосфолипидов [18]. В семенах *A. Patula* обнаружено отсутствие аминокислоты гистидина и низкое (в 1.8 раза) его содержание в листьях по сравнению с *A. retroflexus*. Содержание фенилаланина в семенах и листьях *A. patula*, по сравнению с *A. retroflexus*, было снижено примерно в 4.5 раза.

Сравнивая содержание заменимых аминокислот, отметим, что исследованные виды растений характеризуются одинаковым содержанием в листьях и семенах пролина, серина, аланина и глицина, за исключением тирозина, содержание которого было снижено у *A. patula* в семенах – 2.3 раза, в листьях – 5.8 раза по сравнению с *A. retroflexus* (табл. 2).

Установлено, что содержание суммы заменимых аминокислот в листьях и семенах *A. retroflexus* было больше в 1.2 и 1.3 раза соответственно, по сравнению с *A. patula*. Общая сумма изученных аминокислот в листьях *A. patula* составляла $3.3 \pm 0.2\%$, в семенах – $3.6 \pm 0.2\%$; в листьях *A. retroflexus* L. – $4.2 \pm 0.2\%$, в семенах – $3.8 \pm 0.2\%$.

Получены данные по содержанию биогенных кальция и фосфора в семенах и листьях изучаемых объектов как важный показатель биологической ценности для животных и человека [19]. При сравнении исследованных видов установлено, что *A. retroflexus* по сравнению с *A. patula* содержит большее количество сырого протеина и кальция (табл. 3).

Содержание сырого протеина в листьях и семенах *A. retroflexus* было выше в 1.5 раза, жира в листьях выше в 1.1 раза по сравнению с *A. patula*. Установлено, что у *A. retroflexus* наблюдается высокое содержание кальция в семенах (в 2.0 раза) и листьях (в 2.3 раза), а содержание фосфора – снижено в листьях в 3.3 раза, в семенах – в 1.4 раза, по сравнению с *A. patula*.

Условия произрастания растений влияют на содержание БАВ в них. Погодные и климатические условия Центральной Якутии (длительный световой день, многолетняя мерзлота, быстрое нарастание среднесуточной температуры в весенний период, сухая и жаркая погода в период вегетации) способствуют сокращению периода вегетации растений, происходит глубокая перестройка обмена веществ, изменяется интенсивность фотосинтеза, транспирации, особенностей устройства и функционирования клетки и ее некоторых органоидов, времени прохождения фаз онтогенеза растением и др. Оптимальный темп и ход метаболических процессов, направленных на выживание в экстремальных условиях обитания, также обусловлен активацией функциональных систем рибосом у северных растений [20]. Известно, что растения, произрастающие в условиях Якутии, с точки зрения физиолого-биохимической адаптации к неблагоприятным факторам среды приобретают способность накапливать больше белка, углеводов и жира [21]. Что также подтверждается данными, полученными О.В. Сошниковой и В.Я. Яцук, где суммарное содержание аминокислот в биомассе *A. retroflexus*, произрастающего на территории Курской области, составляло $3.08 \pm 0.09\%$ [22]. Таким образом, сбор растений, произрастающих на территории Якутии, и перспектива их изучения в качестве источника природных БАВ обусловлена количественным содержанием БАВ в них, что отражается на качестве собираемого биосырья.

Таблица 2. Содержание заменимых аминокислот в семенах и листьях исследуемых растений

Аминокислоты, %	<i>A. patula</i>	<i>A. retroflexus</i>	<i>A. patula</i>	<i>A. retroflexus</i>
	Семена		Листья	
Тур	0.07±0.02	0.16±0.05	0.04±0.01	0.23±0.06
Pro	0.25±0.06	0.25±0.06	0.30±0.08	0.46±0.12
Ser	0.34±0.08	0.49±0.13	0.31±0.08	0.25±0.06
Ala	0.25±0.06	0.20±0.05	0.28±0.07	0.32±0.08
Gly	0.40±0.13	0.50±0.17	0.33±0.11	0.33±0.11
Сумма аминокислот,*	1.31±0.07	1.60±0.08	1.26±0.06	1.59±0.08

Таблица 3. Содержание сырого протеина, жира, кальция и фосфора в семенах и листьях *A. patula* и *A. retroflexus*

Показатели	Семена		Листья	
	<i>A. patula</i>	<i>A. retroflexus</i>	<i>A. patula</i>	<i>A. retroflexus</i>
Сырой протеин, %	8.1±0.4	12.5±0.6	9.3±0.5	14.4±0.7
Жир, %	5.5±0.3	6.0±0.3	16.2±0.8	18.0±0.9
Кальций, %	0.6±0.1	1.4±0.1	0.3±0.1	0.6±0.1
Фосфор, %	3.6±0.2	1.1±0.1	1.5±0.1	1.1±0.1

Примечание: критерий Стьюдента, $P \leq 0,05$.

Выводы

Показана биологическая ценность двух видов дикорастущих растений, произрастающих в Центральной Якутии, и возможность их использования в качестве источника природных БАВ. Установлено, что из исследованных 14 аминокислот растения содержат 9 незаменимых. Общая сумма изученных аминокислот в листьях *A. patula* составляла $3.3 \pm 0.2\%$, в семенах – $3.6 \pm 0.2\%$; *A. retroflexus* в листьях – $4.2 \pm 0.2\%$, в семенах – $3.8 \pm 0.2\%$. Аминокислотный состав по незаменимым аминокислотам представлен лизином, лейцином и изолейцином, метионином, валином, треонином, аргинином, гистидином и фенилаланином, по составу заменимых аминокислот – тирозином, пролином, серином, аланином и глицином. Сумма незаменимых аминокислот в листьях *A. patula* составляла $2.07 \pm 0.10\%$, в семенах – $2.30 \pm 0.12\%$; у *A. retroflexus*: в листьях – $2.63 \pm 0.13\%$, в семенах – $2.20 \pm 0.11\%$. Полученные данные свидетельствуют о том, что в листьях и семенах *A. retroflexus* по сравнению с *A. patula* содержание сырого протеина в 1.5 раза выше, содержание кальция выше до 2.3 раза, содержание фосфора – ниже: в листьях – в 3.3 раза, в семенах – в 1.4 раза. Исследованные *A. patula* и *A. retroflexus* могут являться перспективным сырьем для создания новых лекарственных средств, использоваться в пищевой промышленности и применяться в качестве биологически активных добавок в животноводстве.

Список литературы

1. Соболева В.А., Чушенко В.Н., Коломиец А.А. Исследование аминокислотного состава гомеопатической матричной настойки каштана конского // Электронный журнал «Провизор». 2010. №17. URL: http://www.provisor.com.ua/archive/2010/N17/kashk_1710.php?part_code=40&art_code=7488
2. 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.
3. Губин К.В., Ханина М.А. Анализ аминокислотного и элементного состава надземной части и сухого экстракта *Urtica cannabina* L. // Медицина и образование в Сибири: электронный научный журнал. 2011. №5. URL: http://www.ngmu.ru/cozo/mos/article/text_full.php?id=538.
4. Штаркман И.Н. Антиоксидантные свойства аминокислот и образование долгоживущих радикалов белка под действием рентгеновского излучения: дис. ... канд. биол. наук. Пушино, 2008. 107 с.
5. Малышев Л.И., Пешкова Г.А., Байков К.С. и др. Конспект флоры Сибири: Сосудистые растения. Новосибирск, 2005. 362 с.
6. Эдварс Дж., Уокер Д. Фотосинтез С3- и С4-растений: механизмы и регуляция. М., 1986. 598 с.
7. Тимофеев Н.П. Протеиновая ценность новых культур в условиях Севера (Теоретическое обоснование и практическая реализация) // Нетрадиционные природные ресурсы, инновационные технологии и продукты: сборник научных трудов. М., 2002. Вып. 6. С. 115–139.
8. Кислова Н.М. Полезные свойства сорняков. М., 2009. 288 с.
9. Кононков П.Ф., Гинс В.К., Гинс М.С. Амарант – нетрадиционная культура. М., 1997. 160 с.

10. Бабич А.А., Олоничева Р.В., Прокопенко Л.С., Пирин Н.И., Бугайов В.Д., Кирьяченко С.П. Аминокислотный состав протеина зерна амаранта // Второй Международный симпозиум «Новые и нетрадиционные растения и перспективы их практического использования». М., 1997. С. 35–37.
11. Журавская А.Н., Воронов И.В., Поскачина Е.Р. Определения компонентного состава семян и листьев представителей рода *Amaranthus* L., произрастающих в условиях Центральной Якутии // Вестник Северо-Восточного федерального университета имени М.К. Аммосова. 2012. №2. С. 47–52.
12. ГОСТ Р55569-2013. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Определение протеиногенных аминокислот методом капиллярного электрофореза. М., 2014. 18 с.
13. ГОСТ Р51417-99. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Определение массовой доли азота и вычисление массовой доли сырого протеина, метод Кьельдаля. М., 2002. 8 с.
14. ГОСТ 13496.15-97. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания сырого жира. М., 2011. 12 с.
15. ГОСТ 32904-2014. Корма, комбикорма. Определение содержания кальция титриметрическим методом. М., 2016. 10 с.
16. ГОСТ 26657-97. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания фосфора. Минск, 1999. 12 с.
17. Kalamaki M.S., Alexandrou D., Lazari D., Merkouropoulos G., Fotopoulos V., Pateraki I., Aggelis A., Carrillo-López A., Rubio-Cabetas M.J., Kanellis A.K. Over-expression of a tomato N-acetyl-L-glutamate synthase gene (SINAGS1) in *Arabidopsis thaliana* results in high ornithine levels and increased tolerance in salt and drought stresses // J. Exp. Bot. 2009. Vol. 60. №6. Pp. 1859–1871.
18. Тодоров И.Н., Тодоров Г.Н. Стресс, старение и их биохимическая коррекция. М., 2003. 479 с.
19. Starr C., McMillan B. Atoms and Elements // Human Biology. 11 ed. Cengage Learning, 2014. P. 16.
20. Живоедов П.М., Жиров В.К., Руденко С.М. Белковый состав и мембранные липиды интродуцированных растений в Заполярье. Апатиты, 1987. 113 с.
21. Петров К.А. Криорезистентность растений: эколого-физиологические и биохимические аспекты. Новосибирск, 2016. 276 с.
22. Сошникова О.В., Яцюк В.Я. Исследование химического состава *Amaranthus retroflexus* L. // Российский Медико-биологический вестник им. академика И.П. Павлова. 2010. №2. С. 135–141.

Поступило в редакцию 9 января 2018 г.

После переработки 1 февраля 2018 г.

Для цитирования: Воронов И.В. Аминокислотный состав *Atriplex Patula* L. И *Amaranthus Retroflexus* L. (Amaranthaceae), произрастающих в центральной Якутии // Химия растительного сырья. 2018. №3. С. 69–74. DOI: 10.14258/jcrpm.2018033610.

Voronov I.V. AMINO-ACID COMPOSITION OF *ATRIPLEX PATULA* L. AND *AMARANTHUS RETROFLEXUS* L. (AMARANTHACEAE) GROWING IN CENTRAL YAKUTIA

Institute of Biological Problems of Cryolithozone SB RAS, pr. Lenina, 41, Yakutsk, 677980 (Russia),
e-mail: viv_2002@mail.ru

The research goal is comparative study the amino acid composition of seeds and leaves of *Atriplex patula* L. and *Amaranthus retroflexus* L. from the flora of Central Yakutia (the Republic of Sakha (Yakutia)). Leaves and seeds of *A. patula* and *A. retroflexus* were sampled in August 2016 in the fruiting phase. Biochemical and amino acid composition, the content of crude protein, fat, calcium and phosphorus of the abovementioned plants was studied at the premises of the State budgetary institution of the Republic of Sakha (Yakutia) "Yakut Republican Veterinary Testing Laboratory". From 14 studied amino acids, 9 are stated to be irreplaceable. The total amount of the studied amino acids in *A. patula* made up 3.3±0.2% in leaves and 3.6±0.2% in seeds; while *A. retroflexus* contained 4.2±0.2% in leaves and 3.8±0.2% in seeds. The irreplaceable amino acid composition included lysine, leucine and isoleucine, methionine, valine, threonine, arginine, histidine, and phenylalanine. The interchangeable amino acid composition was represented by tyrosine, proline, serine, alanine and glycine. The sum of irreplaceable amino acids in *A. patula* made up 2.07±0.10% in leaves and 2.30±0.12% in seeds; in *A. retroflexus* the irreplaceable amino acids totaled 2.63±0.13% in leaves and 2.20±0.11% in seeds. It should be noted that histidine is absent in seeds and the low content of

phenylalanine in seeds – 2.8 times and leaves – 4.5 times in *A. patula* compared to *A. retroflexus*. The obtained data indicate that in the leaves and seeds of *A. retroflexus* in comparison with *A. patula*, the content of crude protein is 1.5 times higher, the calcium content is higher to 2.3 times, the phosphorus content is lower: in leaves 3.3 times, in seeds - in 1.4 times. The results of the study show the biological value and perspective of the two studied species as a promising source of natural biological active substances to be used in medicine and agriculture.

Keywords: *A. patula*, *A. retroflexus*, amino acids, crude protein, fat, calcium, phosphorus, Central Yakutia.

References

1. Soboleva V.A., Chushenko V.N., Kolomiets A.A. *Elektronnyi zhurnal «Provizor»*, 2010, no. 17. URL: http://www.provisor.com.ua/archive/2010/N17/kashk_1710.php?part_code=40&art_code=7488 (in Russ.).
2. Simonian A.V., Salamatov A.A., Pokrovskaia Iu.S., Avanesian A.A. *Ispol'zovanie ningidrinovoi reaktsii dlia kolichestvennogo opredeleniia α -aminokislot v razlichnykh ob'ektakh*. [Use of ninhydrin reaction for quantitative determination of α -amino acids in various objects]. Volgograd, 2007, 106 p. (in Russ.).
3. Gubin K.V., Khanina M.A. *Meditsina i obrazovanie v Sibiri: elektronnyi nauchnyi zhurnal*, 2011, no. 5. URL: http://www.ngmu.ru/cozo/mos/article/text_full.php?id=538. (in Russ.).
4. Shtarkman I.N. *Antioksidantnye svoistva aminokislot i obrazovanie dolgozhivushchikh radikalov belka pod deistviem rentgenovskogo izlucheniia: dis. ...kand. biol. nauk*. [Antioxidant properties of amino acids and the formation of long-lived protein radicals under the action of X-rays: dis. ... cand. Biol. sciences.]. Pushchino, 2008, 107 p. (in Russ.).
5. Malyshev L.I., Peshkova G.A., Baikov K.S. i dr. *Konspekt flory Sibiri: Sosudistye rasteniia*. [Abstract of the flora of Siberia: Vascular plants]. Novosibirsk, 2005, 362 p. (in Russ.).
6. Edvars Dzh., Uoker D. *Fotosintez S3- i S4-rastenii: mekhanizmy i reguliatsiia*. [Photosynthesis of C3 and C4 plants: mechanisms and regulation]. Moscow, 1986, 598 p. (in Russ.).
7. Timofeev N.P. *Netraditsionnye prirodnye resursy, innovatsionnye tekhnologii i produkty: sbor-nik nauchnykh trudov*. [Non-traditional natural resources, innovative technologies and products: a collection of scientific papers]. Moscow, 2002, vol. 6, pp. 115–139. (in Russ.).
8. Kislova N.M. *Poleznye svoistva sorniakov*. [Useful properties of weeds]. Moscow, 2009, 288 p. (in Russ.).
9. Kononkov P.F., Gins V.K., Gins M.S. *Amarant – netraditsionnaia kul'tura*. [Amaranth is an unconventional culture]. Moscow, 1997, 160 p. (in Russ.).
10. Babich A.A., Olonicheva R.V., Prokopenko L.S., Pirin N.I., Bugaiov V.D., Kir'iachenko S.P. *Vtoroi Mezhdunaronyi simpozium «Novye i netraditsionnye rasteniia i perspektivy ikh prakticheskogo ispol'zovaniia»*. [The Second International Symposium "New and non-traditional plants and prospects for their practical use"]. Moscow, 1997, pp. 35–37. (in Russ.).
11. Zhuravskaia A.N., Voronov I.V., Poskachina E.R. *Vestnik Severo-Vostochnogo federal'nogo universiteta imeni M.K. Ammosova*, 2012, no. 2, pp. 47–52. (in Russ.).
12. *GOST R55569-2013. Korma, kombikorma, kombikormovoe syr'e. Opredelenie proteinogennykh aminokislot metodom kapilliarnogo elektroforeza*. [GOST R55569-2013. Forage, mixed fodder, feed forage. Determination of proteinogenic amino acids by the method of capillary electrophoresis]. Moscow, 2014, 18 p. (in Russ.).
13. *GOST R51417-99. Korma, kombikorma, kombikormovoe syr'e. Opredelenie massovoi doli azota i vychislenie massovoi doli syrogo proteina, metod K"el'dalia*. [GOST R51417-99. Forage, mixed fodder, feed forage. Determination of the mass fraction of nitrogen and calculation of the mass fraction of crude protein, the Kjeldahl method.]. Moscow, 2002, 8 p. (in Russ.).
14. *GOST 13496.15-97. Korma, kombikorma, kombikormovoe syr'e. Metody opredeleniia sodержaniia syrogo zhira*. [Forage, mixed fodder, feed forage. Methods for determining the content of raw fat]. Moscow, 2011, 12 p. (in Russ.).
15. *GOST 32904-2014. Korma, kombikorma. Opredelenie sodержaniia kal'tsiia titrimetricheskim metodom*. [GOST 32904-2014. Forage, mixed fodder. Determination of calcium content by titrimetric method]. Moscow, 2016, 10 p. (in Russ.).
16. *GOST 26657-97. Korma, kombikorma, kombikormovoe syr'e. Metody opredeleniia sodержaniia fosfora*. [GOST 26657-97. Forage, mixed fodder, feed forage. Methods for determination of phosphorus content]. Minsk, 1999, 12 p. (in Russ.).
17. Kalamaki M.S., Alexandrou D., Lazari D., Merkouropoulos G., Fotopoulos V., Pateraki I., Aggelis A., Carrillo-López A., Rubio-Cabetas M.J., Kanellis A.K. *J. Exp. Bot.*, 2009, vol. 60, no. 6, pp. 1859–1871.
18. Todorov I.N., Todorov G.N. *Stress, starenie i ikh biokhimicheskaia korrektsiia*. [Stress, aging and their biochemical correction]. Moscow, 2003, 479 p. (in Russ.).
19. Starr C., McMillan B. *Human Biology. 11 ed.* Cengage Learning, 2014, p. 16.
20. Zhivoedov P.M., Zhiron V.K., Rudenko S.M. *Belkovyi sostav i membrannye lipidy introdutsirovannykh rastenii v Zapolar'e*. [Protein composition and membrane lipids of introduced plants in the Arctic]. Apatity, 1987, 113 p. (in Russ.).
21. Petrov K.A. *Kriorezistentnost' rastenii: ekologo-fiziologicheskie i biokhimicheskie aspekty*. [Cryopresistance of plants: ecology-physiological and biochemical aspects]. Novosibirsk, 2016, 276 p. (in Russ.).
22. Soshnikova O.V., Iatsiuk V.Ia. *Rossiiskii Mediko-biologicheskii vestnik im. akademika I.P. Pavlova*, 2010, no. 2, pp. 135–141. (in Russ.).

Received January 9, 2018

Revised February 1, 2018

For citing: Voronov I.V. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2018, no. 3, pp. 69–74. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.2018033610.