



Оригинальная статья / Original article

УДК 581.5, 582.948, 615.322

DOI: 10.18470/1992-1098-2019-1-126-136

ДИНАМИКА НАКОПЛЕНИЯ АЛЛАНТОИНА В ПОДЗЕМНОЙ ФИТОМАССЕ ВИДОВ СЕМЕЙСТВА BORAGINACEAE И ЕГО РОЛЬ В АДАПТАЦИИ РАСТЕНИЙ К НЕБЛАГОПРИЯТНЫМ ЭКОЛОГИЧЕСКИМ ФАКТОРАМ

Аида Я. Тамахина*, Амина А. Ахкубекова, Абдуллах Б. Иттиев

Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет,
Нальчик, Россия, aida17032007@yandex.ru

Резюме. Цель. Целью работы стало исследование динамики накопления аллантаина в подземной фитомассе *Echium vulgare* L., *Symphytum caucasicum* M. Bieb. и *S. asperum* Lepech., уточнение роли аллантаина в адаптации растений к стресс-факторам. **Методы.** Изучали корни растений, произрастающих в предгорной (г. Нальчик, 490-512 м над у. м.) и горной зоне Кабардино-Балкарской Республики (с. Терскол, 2530 м над у.м.; с. Верхняя Балкария, 2680 м над у.м.). Сбор корней производили в фазе розеткообразования, цветения, плодоношения и в конце вегетации. Водно-спиртовые вытяжки измельчённых корней анализировали методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. **Результаты.** Максимальное содержание аллантаина в корнях растений *Echium vulgare*, *Symphytum caucasicum*, *S. asperum* отмечено в конце вегетации – соответственно 0,915; 0,342-0,658; 2,842-3,426%. В условиях низких температур и повышенной солнечной радиации содержание аллантаина в корнях возрастает в 1,2-1,9 раза по сравнению с растениями предгорной зоны. **Выводы.** Аллантаин играет важную роль в процессе адаптации видов семейства Boraginaceae к окислительному стрессу, вызванному гипотермией и повышенной солнечной радиацией. **Ключевые слова:** *Echium vulgare*, *Symphytum caucasicum*, *Symphytum asperum*, аллантаин, окислительный стресс, адаптация.

Формат цитирования: Тамахина А.Я., Ахкубекова А.А., Иттиев А.Б. Динамика накопления аллантаина в подземной фитомассе видов семейства Boraginaceae и его роль в адаптации растений к неблагоприятным экологическим факторам // Юг России: экология, развитие. 2019. Т.14, N1. С.126-136. DOI: 10.18470/1992-1098-2019-1-126-136

ACCUMULATION BEHAVIOUR OF ALLANTOIN IN THE UNDERGROUND PHYTOMASS OF THE BORAGINACEAE FAMILY AND ITS ROLE IN ADAPTING THE PLANTS TO ADVERSE ENVIRONMENTAL FACTORS

Aida Ya. Tamakhina*, Amina A. Akhkubekova, Abdullakh B. Ittiev

Kabardino-Balkarian State Agrarian University, Nalchik, Russia,
aida17032007@yandex.ru



Abstract. Aim. The aim of the work described herein was to study the dynamics of allantoin accumulation in the underground phytomass of *Echium vulgare* L., *Symphytum caucasicum* M. Bieb. and *S. asperum* Lepech. as well as to clarify the role of allantoin in plant adaptation to stress factors. **Methods.** We studied the roots of plants growing in the foothill (Nalchik, 490–512 m above sea level) and the mountain zones of the Kabardino-Balkarian Republic (Terskol village, 2530 m above sea level; Verkhnyaya Balkaria village, 2680 m above sea level). The roots were collected at the stages of rosetting, flowering, fruiting and at the end of the growing season. Aqueous-alcoholic extracts of shredded roots were analyzed by high-performance liquid chromatography. **Results.** The highest content of allantoin in the roots of *Echium vulgare*, *Symphytum caucasicum*, *S. asperum* plants was noted at the end of the growing season, respectively 0.915; 0.342–0.658; 2,842–3,426%. Under conditions of low temperatures and increased solar radiation, the content of allantoin in the roots increases 1.2–1.9 times as compared with the plants of the foothill zone. **Conclusion.** Allantoin plays an important role in the process of adapting species of the family Boraginaceae to oxidative stress caused by hypothermia and increased solar radiation.

Keywords: *Echium vulgare*, *Symphytum caucasicum*, *Symphytum asperum*, allantoin, oxidative stress, adaptation.

For citation: Tamakhina A.Ya., Akhkubekova A.A., Ittiev A.B. Accumulation behaviour of allantoin in the underground phytomass of the Boraginaceae family and its role in adapting the plants to adverse environmental factors. *South of Russia: ecology, development*. 2019, vol. 14, no. 1, pp. 126-136. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2019-1-126-136

ВВЕДЕНИЕ

Аллантоин (5-уреидогидантоин, $C_4H_6N_4O_3$) является низкомолекулярным гетероциклическим соединением, синтезируемым большинством видов растений и имеющим важное адаптивное значение. Многочисленными исследованиями установлена роль аллантоина в контроле клеточной пролиферации, защите от действия экстремальных факторов среды, опосредованных окислительным стрессом (низкая и высокая температура, дефицит воды, ультрафиолетовое излучение, загрязнение почв тяжелыми металлами и др.) [1-8].

В основе фармакологического действия аллантоина лежит стимулирование пролиферации и регенерации соединительной ткани, противомикробные и противовоспалительные свойства, что делает его незаменимым компонентом средств, используемых в лечении кожных заболеваний [4; 5; 9-14]. Аллантоин растительного происхождения блокирует теломеразу и индуцирует апоптоз в раковых клетках, на чём основана фитотерапия и профилактика опухолевого процесса [14; 15]. Антиоксидантные и антимутагенные свойства аллантоина позволяют использовать данную субстанцию в качестве регулятора роста растений, вводить в состав удобрений и ветеринарных дезинфицирующих средств [16; 17].

Впервые аллантоин был обнаружен в корнях окопника лекарственного, издавна применяемого в народной медицине как ранозаживляющее и регенерирующее средство. Содержание аллантоина в корнях *Symphytum officinale* L. в конце вегетации достигает 4,72% [18], а в фазе цветения-плодоношения значительно снижается [19]. Присутствие аллантоина, но в меньших количествах, характерно и для других видов семейства Boraginaceae (*Pulmonaria officinalis* L., *Cynoglossum officinale* L., *Pulmonaria mollis* Wulfen ex Hornem.) [20]. В связи с существующей гипотезой об N-окислении аллантоина и его аминокислотных производных с образованием ряда пирролизидиновых алкалоидов [18]



представляет интерес поиск новых растительных источников аллантиина среди неисследованных ранее алкалоидоносных видов бурачниковых.

Целью исследования стало изучение динамики накопления аллантиина в подземной фитомассе и выяснение его роли в адаптации растений к неблагоприятным экологическим факторам на примере видов семейства Boraginaceae.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследования стала подземная фитомасса (корни с корневищами) растений трех видов семейства бурачниковых – синяк обыкновенный (*Echium vulgare* L.), окопники кавказский (*Symphytum caucasicum* M. Bieb) и шершавый (*S. asperum* Lepech.), произрастающих на территории Кабардино-Балкарской Республики (КБР). Сбор корней особей разных возрастных состояний осуществляли в ценопопуляциях, произрастающих в предгорной (окрестности г. Нальчика, 490-512 м над у.м.) и горной зоне КБР (с. Терскол, Эльбрусский район КБР, 2530 м над у.м.; с. Верхняя Балкария, Черекский район КБР, 2680 м над у.м.). Динамику накопления аллантиина в корневищах окопников изучали у виргинильных (розеточный побег с 3-8 листьями), генеративных растений в фазах цветения (май-июнь), плодообразования (июль-август) и в конце вегетации (ноябрь). Корни имматурных растений синяка обыкновенного (конец 1-го года жизни, октябрь-ноябрь) и генеративных растений 2-го года жизни в фазе цветения – плодоношения выкапывали на придорожных участках окрестностей г. Нальчика и с. Терскол. Чёткое разграничение фаз цветения и плодоношения у синяка отсутствует в связи с постепенным распусканьем цветков и созреванием семян. Поэтому сбор корней генеративных растений проводили в предгорной зоне в июне и в конце сентября, а в горной зоне – в июле и в начале ноября. Сбор корней окопника шершавого производили в окрестностях г. Нальчика и с. Верхняя Балкария. Объединённые пробы включали не менее 10 корней растений изучаемых видов каждого возрастного состояния. Высушенные и измельчённые корни (размеры частиц 3-5 мм) делили на три равные части для аналитических целей.

Навеску измельчённых корней окопника кавказского и синяка обыкновенного массой 15 мг экстрагировали в смеси воды и спирта (1:3, 80 мл) в лабораторной микроволновой системе «Mars 6» при температуре 80°C и давлении 0,14 Бар в течение 30 минут. Экстракцию корней окопника шершавого проводили в 70% спирте в течение 36 часов при комнатной температуре, так как камеди, крахмал, пектины и смолы, присутствующие в корнях, при более высоких температурных параметрах способствуют образованию плохо фильтруемой вязкой вытяжки. Полученные экстракты фильтровали и анализировали методом высокоэффективной жидкостной хроматографии («Миличром А-02» с УФ спектрофотометрическим детектором). Аналитическая повторяемость трёхкратная.

Условия хроматографирования: колонка ProntoSIL-120-5-C18 AQ #1810 (2,0×75) мм, 5 мкм; подвижная фаза – смесь ацетонитрила и буферного раствора (1,36 г калия дигидрофосфата в 1000 мл воды) в соотношении 70:30; детектирование при длине волны 190 и 210 нм; скорость подачи подвижной фазы 0,2/мин; объем дозирования 2 мкл; температура 35°C; давление 4,1-4,4 МПа. Идентификацию аллантиина проводили путём сопоставления времени удерживания компонентов смеси со временем удерживания стандартного раствора аллантиина (Acros Organics, Бельгия, 1 мг на 1 мл воды). Количественное определение аллантиина проводили по площади пика, используя метод внешнего стандарта.

Содержание аллантиина ($X_{ал}$, % на абс. сух. сырье) определяли по формуле:

$$X_{ал} = \frac{S_x \cdot m_{см} \cdot V_x \cdot P}{S_{см} \cdot m_x \cdot (100 - w)},$$

где S_x – площадь пика аллантиина в исследуемом растворе;

$S_{см}$ – площадь пика аллантиина в стандартном растворе;



m_{cm} – масса аллантиина в стандартном растворе, мг;
 m_x – масса навески, мг;
 V_x – объем исследуемого раствора, мл;
 P – концентрация стандартного раствора, %;
 w – гигроскопическая влажность воздушно-сухого сырья, %.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Климатические условия районов произрастания ценопопуляций растений значительно различаются. За период исследования (2016-2017 гг.) средние показатели температуры воздуха в г. Нальчике варьировали от $+27^{\circ}$ в июле, до минус 4°C в январе; средняя сумма осадков за год составила 612 мм, а суммарная солнечная радиация – 3561 МДж/м^2 . В с. Терскол средние температуры воздуха варьировали от $+11,3^{\circ}\text{C}$ в августе, до минус $8,8^{\circ}\text{C}$ в январе; снежный покров держался с ноября по апрель, в результате проникновения холодных воздушных масс температура воздуха несколько раз понижалась до минус 25°C и ниже, а почва промерзала до глубины 20-30 см; средняя сумма осадков за год составила 896 мм, а суммарная солнечная радиация – 5463 МДж/м^2 . В с. Верхняя Балкария среднегодовая температура воздуха варьировала от $+16,8^{\circ}\text{C}$ в июле до минус $7,2^{\circ}\text{C}$ в январе; средняя сумма осадков за год составила 720 мм, а суммарная солнечная радиация – 4856 МДж/м^2 .

Сравнительный анализ хроматограмм с детектированием при двух длинах волн показал, что чувствительность анализа на длине волны 190 нм более высокая (хорошее разделение пиков, меньшая продолжительность времени, снижение влияния примесей). По результатам качественного анализа по времени удерживания стандарта (1,2 мин.) аллантиин присутствует в корнях всех исследуемых видов, но в разном количестве (рис. 1).

Наибольшее содержание аллантиина обнаружено в корнях и корневищах *Symphytum asperum* (среднее за год 1,93-2,46%) а наименьшее – для *Echium vulgare* (среднее за год 0,29-0,54%). Синяк обыкновенный в отличие от видов *Symphytum* является поликарпиком с широкой экологической пластичностью, в основном, за счет морфологической адаптации, чем, по-видимому, и объясняется различие в уровне накопления аллантиина.

Максимальное содержание аллантиина в корнях окопников шершавого, кавказского и синяка обыкновенного, отмечено осенью (конец вегетации растений окопника и стадия розеткообразования синяка обыкновенного 1-го года жизни) (табл. 1).

В течение вегетационного периода содержание аллантиина в корнях растений снижается в 1,5-2,0 раза, и достигает минимума в фазе плодоношения. Полученные данные согласуются с имеющимися в научной литературе сведениями о накоплении аллантиина осенью в корнях растений, где он хранится до начала вегетации [18]. У окопника лекарственного максимальное содержание аллантиина в подземной фитомассе отмечено в конце вегетации, а минимальное – в фазах цветения и плодоношения [19].

В корнях растений, произрастающих в условиях низких температур и высокой солнечной радиации, отмечено усиление синтеза аллантиина. Так, у окопника шершавого (с. Верхняя Балкария) содержание аллантиина к концу вегетации увеличилось в 1,21, а у синяка обыкновенного (с. Терскол) – в 2 раза по сравнению с аналогичным показателем подземной фитомассы растений предгорной зоны. Минимальное содержание аллантиина, приходящееся на фазу плодоношения, превышает аналогичный показатель у растений предгорной зоны соответственно в 1,35 и 1,92 раза. Следовательно, пониженная температура и повышенная солнечная радиация являются факторами, обуславливающими накопление аллантиина в подземной фитомассе растений. Установлено, что в корнях растений окопника лекарственного накопление аллантиина зависит от климатических условий места произрастания. В Сумской (среднегодовая температура $+6,6^{\circ}\text{C}$, в т.ч. в зимний период минус $6,5^{\circ}\text{C}$, сумма осадков за год 603 мм) и Харьковской областях (среднегодовая температура $+7,5$, в т.ч. в зимний период минус $5,3^{\circ}\text{C}$, сумма осадков за год 540 мм) содер-



жание аллantoина в конце вегетации различалось в 1,3 раза и составляло соответственно 4,49 и 3,51% [19].

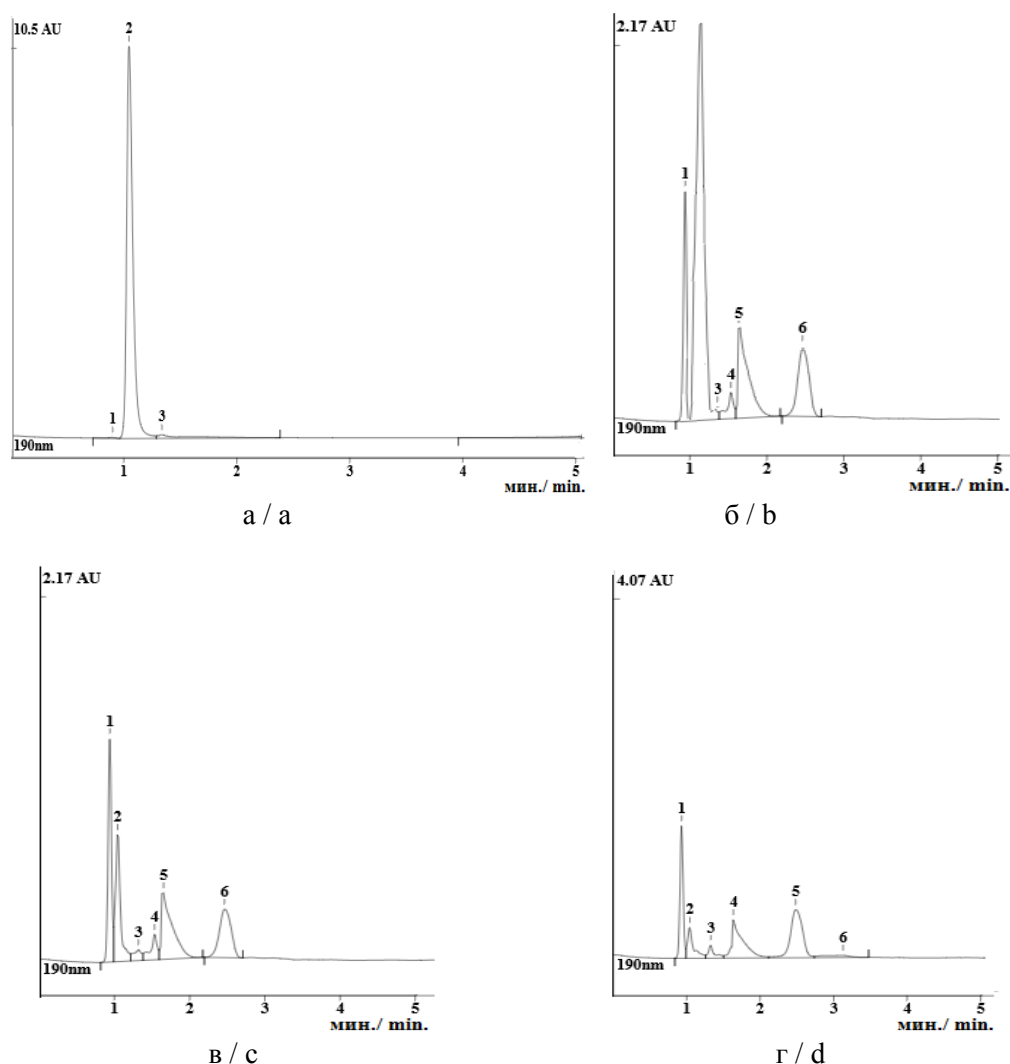


Рис.1. Хроматограмма аллantoина (пик 2) стандарта (а), вытяжки корней *Symphytum asperum* (б), *S. caucasicum* (в), *Echium vulgare* (г)

Fig.1. Chromatogram of allantoin (peak 2) standard (a), extracts of roots *Symphytum asperum* (b), *S. caucasicum* (c), *Echium vulgare* (d)

Среди защитных систем растений, активирующихся при холодовом стрессе, УФ-излучении и воздействии других стресс-факторов, особое место занимает антиоксидантная система, звеньями которой являются продукты катаболизма пуринов, в частности аллantoин [2; 3; 7; 21-23]. Роль аллantoина, как антиоксиданта, проявляется в снижении внутриклеточных концентраций активных форм кислорода, участии в ликвидации токсических продуктов взаимодействия активных форм кислорода с биополимерами и повышении устойчивости растений к неблагоприятным факторам среды вообще. Усиление синтеза аллantoина при действии неблагоприятных экологических факторов вносит вклад в общий антиоксидантный путь метаболизма, величина которого имеет для растений важнейшее адаптивное значение [6].



Таблица 1

Динамика содержания аллантина (% от абс. с. в.) в зависимости от фазы развития растений и климатических условий места произрастания

Table 1

Dynamics of the content of allantoin (% of absolutely dry substance) Depending on the stage of plant growth and climatic conditions

Вид, место произрастания Species, place of growth	Содержание аллантина в фазе Content of allantoin at different stages			
	розеткообразования rosette growth stage	цветения flowering	плодоношения fruiting	в конце вегетации at the end of vegetation
<i>Symphytum asperum</i> , г. Нальчик <i>Symphytum asperum</i> , Nalchik	1,948±0,043	1,570±0,038	1,344±0,022	2,842±0,024
<i>Symphytum asperum</i> , с. Верхняя Балкария <i>Symphytum asperum</i> , vil. Verkhnyaya Balkaria	2,495±0,051	2,120±0,044	1,815±0,036	3,426±0,041
<i>Symphytum caucasicum</i> , г. Нальчик <i>Symphytum caucasicum</i> , Nalchik	0,627±0,032	0,524±0,032	0,449±0,037	0,915±0,019
<i>Echium vulgare</i> , г. Нальчик <i>Echium vulgare</i> , Nalchik	0,342±0,026	0,289±0,021	0,253±0,025	-
<i>Echium vulgare</i> , с. Терскол <i>Echium vulgare</i> , vil. Terskol	0,658±0,045	0,516±0,036	0,442±0,038	-

В «неферментативной» антиоксидантной системе помимо аллантина определённую роль играют и алкалоиды [24]. Установлено усиление синтеза алкалоидов в надземной фитомассе травянистых растений при Mo- и Cd-стрессе [25], а также в условиях засухи [26]. По результатам предварительных исследований нами выявлено повышение содержания алкалоидов в надземной части синяка обыкновенного, произрастающего в условиях гипотермии и загрязнения почв тяжёлыми металлами, по сравнению с контролем соответственно в 1,65 и 1,83 раза. Полученные данные подтверждают взаимосвязь синтеза аллантина и алкалоидов при адаптации алкалоидоносных растений, в частности видов семейства Boraginaceae, к окислительному стрессу.

ВЫВОДЫ

По результатам анализа аллантин обнаружен в подземной фитомассе видов *Symphytum caucasicum*, *S. asperum* и *Echium vulgare*. Выявлена динамика в уровне накопления аллантина в течение вегетационного периода. Максимальное содержание аллантина в корнях растений отмечено осенью (конец вегетации растений *Symphytum caucasicum* и *S. asperum*, стадия розеткообразования *Echium vulgare* 1-го года жизни) – соответственно 0,915; 2,842-3,426; 0,342-0,658%. В фазе плодоношения содержание аллантина снижается в 1,5-2 раза. В корнях растений, произрастающих в условиях низких температур и высокой солнечной радиации (горная зона КБР), уровень накопления аллантина повышается в 1,2 раза у окопника шершавого и в 1,9 раза у синяка обыкновенного. Полученные



данные подтверждают важную роль аллантина в адаптации видов семейства Boraginaceae к окислительному стрессу в ответ на гипотермию и повышенную солнечную радиацию. Высказано предположение о взаимосвязи синтеза аллантина и алкалоидов при адаптации алкалоидоносных растений к стресс-факторам. Однако эта гипотеза требует более детальной проверки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гуськов Е.П., Клецкий М.Е., Корниенко И.В., Олехнович Л.П., Чистяков В.А., Шкурят Т.П., Прокофьев В.Н., Жданов Ю.А. Аллантин как тушитель свободных радикалов // Доклады Академии наук. Биохимия и биофизика. 2002. Т. 383. N 2. С. 105-107.
2. Гуськов Е.П., Шкурят Т.П., Милютин Н.П., Прокофьев В.Н., Покудина И.О., Машкина Е.В., Тимофеева И.В. Влияние аллантина на активность ферментов, регулирующих ROS-зависимый статус организма // Доклады Академии наук. Биохимия и биофизика. 2001. Т. 379. N 3. С. 398-401.
3. Гуськов Е.П., Прокофьев В.Н., Клецкий М.Е., Корниенко И.В., Гапуренко О.А., Олехнович Л.П., Чистяков В.А., Шестопапов А.В., Сазыкина М.А., Маркеев А.В., Шкурят Т.П., Малхосьян С.Р., Жданов Ю.А. Аллантин как витамин // Доклады Академии Наук. Биохимия и биофизика. 2004. Т. 398. N 6. С. 823-827.
4. Азарин К.В. Тяжёлые металлы как факторы индукции окислительного стресса и протекторные свойства некоторых природных азотсодержащих соединений // Материалы II Международной научно-практической конференции «Проблемы биологии, экологии, географии, образования: история и современность», Санкт-Петербург, 3-5 июня 2008. С. 157-159.
5. Сазыкина М.А., Чистяков В.А., Коленко М.А., Азарин К.В. Аллантин и урат как супрессоры генотоксического эффекта ультрафиолетового излучения длиной волны 300-400 нм // Экологическая генетика. 2009. Т. 7. N 2. С. 44-46.
6. Чистяков В.А., Азарин К.В., Усатов А.В. Антиоксидантный потенциал некоторых природных азотсодержащих соединений // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. 2008. N 5. С. 75-77.
7. Ames B.N., Cathcart R., Schwiers E., Hochstein P. Uric acid provides an antioxidant defense in humans against oxidant- and radical-caused aging and cancer: A hypothesis // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 1981. V. 78. Iss. 11. P. 6858-6862.
8. Wang P., Kong C.-H., Sun B., Xu X.-H. Distribution and function of allantoin (5-ureidohydantoin) in rice grains // J. Agric. Food Chem. 2012. V. 60. Iss. 11. P. 2793-2798. DOI: 10.1021/jf2051043
9. Зузук Б.М., Кузик Р.В., Костюк И.Р., Мельничук Г.Г., Гайдук Р.И. Окопник лекарственный. *Symphytum officinale* L. (аналитический обзор) // Провизор. 2004. N 18. С. 25-28. URL: http://www.provisor.com.ua/archive/2004/N18/art_25.php (дата обращения: 10.08.2018)
10. Чигарина К.М., Алавердиев И.М., Залевская С.И., Андреева Е.В., Сапожникова Т.И., Рыченкова Т.В., Жукова О.П. Лифтинг-крем «Д» для сухой и чувствительной кожи. Патент RU 2242216, 2004.
11. Thornfeldt C. Cosmeceuticals containing herbs: fact, fiction, and future // Dermatol. Surg. 2005. V. 31. Iss. 7. Pt. 2. P. 873-880.
12. Becker L.C., Bergfeld W.F., Belsito D.V., Klaassen C.D., Marks J.G.Jr., Shank R.C., Slaga T.J., Snyder P.W., Andersen A.F. Final report of the safety assessment of allantoin and its related complexes // Int. J. Toxicol. 2010. V. 29. Iss. 3. Suppl. P. 84-97. Doi: 10.1177/1091581810362805
13. Xu B., Sung C., Han B. Crystal structure characterization of natural allantoin from edible lichen *Umbilicaria esculenta* // Crystals. 2011. V. 1. Iss. 3. P. 128-135. Doi: 10.3390/cryst1030128



14. Kaneko M., Hiruma T., Suetsugu M., Katagiri C., Iida T., Onodera T. SCCA-1 production inhibitor having a carboxamide derivative and/or a salt thereof as an active ingredient. Patent EP 2425831, 2012.
15. Корсун В.Ф., Корсун Е.В. О роли апоптоза в фитотерапии раковых заболеваний // Практическая фитотерапия. 2011. N 1. С. 14-21.
16. Kramer A. Antimicrobial composition for antiseptic and disinfectant for skin – comprises compounds yielding oxygen and chlorine, ammonium compound, surfactant, aluminum chloride carbamide, urea, allantoin, panthenol and lactic acid. Patent DE 4137544, 1993.
17. Fox L.K., Gradle C., Dee A. Short communication: disinfectant containing a complex of skin conditioners // J. Dairy Sci. 2006. V. 89. P. 2539-2541.
18. Зузук Б.М., Куцик Р.В., Костюк И.Р., Мельничук Г.Г., Гайдук Р.Й. Окопник лекарственный *Symphytum officinale* L. (Аналитический обзор) // Провизор. 2004. N 17. С. 30-34. URL: http://www.provisor.com.ua/archive/2004/N17/art_30.php (дата обращения: 17.09.2018)
19. Гонтова Т.М. Динаміка накопичення основних діючих речовин у коренях живокосту лікарського // Здобутки клінічної і експериментальної медицини. 2012. N 2. С. 46-47.
20. Растительные ресурсы СССР: Цветковые растения, их химический состав, использование; Семейства Caprifoliaceae – Plantaginaceae. Л.: Наука, 1990. 328 с.
21. Гуськов Е.П., Вардуни Т.В., Машкина Е.В., Покудина И.О., Шиманская Е.И., Гуськов Г.Е., Беличенко Н.И., Александрова А.А. Генетика окислительного стресса. Ростов-на-Дону: Изд-во СКНЦ ВШ, 2009. 155 с.
22. Колупаев Ю.Е., Горелова Е.И., Ястреб Т.О. Механизмы адаптации растений к гипотермии: роль антиоксидантной системы // Вісник Харківського національного аграрного університету. Серія Біологія. 2018. Т. 43. Вип. 1. С. 6-33.
23. Foyer C.H., Noctor G. Redox regulation in photosynthetic organisms: signaling, acclimation, and practical implications // Antioxid Redox Signal. 2009. V. 11. Iss. 4. P. 861-906. Doi: 10.1089/ars.2008.2177
24. Ветрова Е.В., Борисенко Н.И., Хизриева С.С., Бутаева А.Ф. Изучение антиоксидантной активности апорфинового алкалоида глауцина и полученного в субкритической воде фенантренового алкалоида дес-глауцина // Химия растительного сырья. 2017. N 1. С. 85-91. Doi: 10.14258/jcprm.2017011383
25. Rai V., Khatoon S., Bisht S.S., Mehrotra S. Effect of cadmium on growth, ultramorphology of leaf and secondary metabolites of *Phyllanthus amarus* Schum. and Thonn // Chemosphere. 2005. V. 61. Iss. 11. P. 1644-1650. Doi: 10.1016/j.chemosphere.2005.04.052
26. Бабыкина А.М., Анцупова Т.П. Влияние некоторых эколого-географических факторов на накопление алкалоидов в двух видах мака // Вестник Бурятского государственного университета. Биология. География. 2012. N 4. С. 85-87.

REFERENCES

1. Gus'kov E.P., Kletskii M.E., Kornienko I.V., Olekhovich L.P., Chistyakov V.A., Shkurat T.P., Prokof'ev V.N., Zhdanov Y.A. Allantoin as a free-radical scavenger. Doklady Akademii nauk. Biokhimiya i biofizika [Doklady Biochemistry and Biophysics]. 2002, vol. 383, no. 2, pp. 105-107. (In Russian)
2. Gus'kov E.P., Shkurat T.P., Milyutina N.P., Prokof'ev V.N., Pokudina I.O., Mashkina E.V., Timofeeva I.V. Effect of allantoin on the activity of enzymes providing regulation of the redox-dependent status of an organism. Doklady Akademii nauk. Biokhimiya i biofizika [Doklady Biochemistry and Biophysics]. 2001, vol. 379, no. 3, pp. 398-401. (In Russian)
3. Gus'kov E.P., Prokof'ev V.N., Kletskii M.E., Kornienko I.V., Gapurenko O.A., Olekhovich L.P., Chistyakov V.A., Shestopalov A.V., Sazykina M.A., Markeev A.V., Shkurat T.P.,



- Malkhos'yan S.R., Zhdanov Y.A. Allantoin as a vitamin. *Doklady Akademii nauk. Biokhimiya i biofizika [Doklady Biochemistry and Biophysics]*. 2004, vol. 398, no. 6, pp. 823-827. (In Russian)
4. Azarin K.V. Tyazhelye metally kak faktory induksii okislitel'nogo stressa i protekturnye svoistva nekotorykh prirodnikh azotsoderzhashchikh soedinenii [Heavy metals as induction factors of oxidative stress and protective properties of some natural nitrogen-containing compounds]. *Materialy II mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii "Problemy biologii, ekologii, geografii, obrazovaniya: istoriya i sovremennost'"*, Sankt-Peterburg, 3-5 iyunya 2008 [Materials of the II International Scientific and Practical Conference "Problems of Biology, Ecology, Geography, Education: Past and Present", St. Petersburg, 3-5 June 2008]. St. Petersburg, 2008, pp. 157-159. (In Russian)
5. Sazykina M.A., Chistyakov V.A., Kolenko M.A., Azarin K.V. Allantoin and urate as the suppressors of genotoxic effect of the ultraviolet irradiation with wavelength 300-400 nm. *Ekologicheskaya genetika [Ecological genetics]*. 2009, vol. 7, no. 2, pp. 44-46. (In Russian)
6. Chistyakov V.A., Azarin K.V., Usatov A.V. Antioxidant potential some natural nitrogen-containing compounds. *Izvestiya vuzov. Severo-Kavkazskii region. Estestvennye nauki [News of universities. North Caucasus region. Natural Sciences]*. 2008, no. 5, pp. 75-77. (In Russian)
7. Ames B.N., Cathcart R., Schwiers E., Hochstein P. Uric acid provides an antioxidant defense in humans against oxidant- and radical-caused aging and cancer: A hypothesis. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 1981, vol. 78, iss. 11, pp. 6858-6862.
8. Wang P., Kong C.-H., Sun B., Xu X.-H. Distribution and function of allantoin (5-ureidohydantoin) in rice grains. *J. Agric. Food Chem*, 2012, vol. 60, iss. 11, pp. 2793-2798. Doi: 10.1021/jf2051043
9. Zuzuk B.M., Kutsik R.V., Kostyuk I.R., Mel'nychuk G.G., Gaiduk R.I. [Comfrey medicinal. *Symphytum officinale* L. (Analytical Review)]. *Provizor*, 2004, no. 18, pp. 25-28. (In Russian) Available at: http://www.provisor.com.ua/archive/2004/N18/art_25.php (accessed 10.08.2018)
10. Chigarina K.M., Alaverdiev I.M., Zalevskaya S.I., Andreeva E.V., Sapozhnikova T.I., Rychenkova T.V., Zhukova O.P. *Lifting-krem «D» dlya sukhoi i chuvstvitel'noi kozhi* [Lifting cream "D" for dry and sensitive skin]. Patent RF, no. 2242216, 2004.
11. Thornfeldt C. Cosmeceuticals containing herbs: fact, fiction, and future. *Dermatol. Surg.* 2005, vol. 31, iss. 7, pt. 2, pp. 873-880.
12. Becker L.C., Bergfeld W.F., Belsito D.V., Klaassen C.D., Marks J.G.Jr., Shank R.C., Slaga T.J., Snyder P.W., Andersen A.F. Final report of the safety assessment of allantoin and its related complexes. *Int. J. Toxicol*, 2010, vol. 29, iss. 3, Suppl., pp. 84-97. Doi: 10.1177/1091581810362805
13. Xu B., Sung C., Han B. Crystal structure characterization of natural allantoin from edible lichen *Umbilicaria esculenta*. *Crystals*, 2011, vol. 1, iss. 3, pp. 128-135. Doi: 10.3390/cryst1030128
14. Kaneko M., Hiruma T., Suetsugu M., Katagiri C., Iida T., Onodera T. SCCA-1 production inhibitor having a carboxamide derivative and/or a salt thereof as an active ingredient. Patent EP, no. 2425831, 2012.
15. Korsun V.F., Korsun E.V. On the role of apoptosis in herbal medicine of cancer. *Prakticheskaya fitoterapiya [Practical herbal medicine]*. 2011, no. 1, pp. 14-21. (In Russian)
16. Kramer A. Antimicrobial composition for antiseptic and disinfectant for skin –comprises compounds yielding oxygen and chlorine, ammonium compound, surfactant, aluminum chloride carbamide, urea, allantoin, panthenol and lactic acid. Patent DE, no. 4137544, 1993.
17. Fox L.K., Gradle C., Dee A. Short communication: disinfectant containing a complex of skin conditioners. *J. Dairy Sci.*, 2006, vol. 89, pp. 2539-2541.



18. Zuzuk B.M., Kutsik R.V., Kostyuk I.R., Mel'nichuk G.G., Gaiduk R.I. [Comfrey medicinal. *Symphytum officinale* L. (Analytical Review)]. *Provizor*, 2004, no. 17, pp. 30-34. (In Russian) Available at: http://www.provisor.com.ua/archive/2004/N17/art_30.php (accessed 17.09.2018)
19. Gontova T.M. Accumulation of the basal active substances in *symphytum officinale* roots subject to vegetative stage. *Zdobutki klinichnoi i eksperimental'noi meditsini* [Achievements of clinical and experimental medicine]. 2012, no. 2, pp. 46-47. (In Ukrainian)
20. *Rastitel'nye resursy SSSR: tsvetkovye rasteniya, ikh khimicheskii sostav, ispol'zovanie; semeistva Caprifoliaceae – Plantaginaceae* [Plant resources of the USSR: flowering plants, their chemical composition, use; Caprifoliaceae-Plantaginaceae]. Leningrad, Nauka Publ., 1990, 328 p. (In Russian)
21. Gus'kov E.P., Varduni T.V., Mashkina E.V., Pokudina I.O., Shimanskaya E.I., Gus'kov G.E., Belichenko N.I., Aleksandrova A.A. *Genetika okislitel'nogo stressa* [Genetics of oxidative stress]. Rostov-on-Don, SKNTs VSh Publ., 2009, 155 p. (In Russian)
22. Kolupaev Yu.E., Gorelova E.I., Yastreb T.O. Mechanisms of plant adaptation to hypothermia: role of antioxidant system. *Visnik Kharkivs'kogo natsional'nogo agrarnogo universitetu* [Bulletin of the Kharkov National Agrarian University. Biology Series]. 2018, vol. 43, iss. 1, pp. 6-33. (In Russian)
23. Foyer C.H., Noctor G. Redox regulation in photosynthetic organisms: signaling, acclimation, and practical implications. *Antioxid Redox Signal*, 2009, vol. 11, iss. 4, pp. 861-906. Doi: 10.1089/ars.2008.2177
24. Vetrova E.V., Borisenko N.I., Hizrieva S.S., Bugaeva A.F. The study of antioxidant activity of the aporphine alkaloid of glaucine and the phenanthrene alkaloid of seco-glaucine obtained in subcritical water. *Chemistry of plant materials*, 2017, no. 1, pp. 85-91. Doi: 10.14258/jcprm.2017011383
25. Rai V., Khatoon S., Bisht S.S., Mehrotra S. Effect of cadmium on growth, ultramorphology of leaf and secondary metabolites of *Phyllanthus amarus* Schum. and Thonn. *Chemosphere*, 2005, vol. 61, iss. 11, pp. 1644-1650. Doi: 10.1016/j.chemosphere.2005.04.052
26. Babykina A.M., Antsupova T.P. The Influence of Some Ecology-geographical Factors on the Accumulation of Alkaloids in two Sorts of Poppy. *Vestnik Buryatskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya. Geografiya* [Journal of the Buryat State University. Biology, geography]. 2012, no. 4, pp. 85-88.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Аида Я. Тамахина*, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры товароведения и туризма, Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет; пр. Ленина, 1 в, г. Нальчик, 360030, Россия. Тел. +7(8662)40-41-07, e-mail: aida17032007@yandex.ru

Амина А. Ахкубекова, аспирант кафедры товароведения и туризма, Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет, г. Нальчик, Россия.

Абдуллах Б. Иттиев, кандидат биологических наук, доцент кафедры химии, Кабар-

AUTHOR INFORMATION

Affiliations

Aida Ya. Tamakhina*, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of Department of commodity science and tourism, Kabardino-Balkarian State Agricultural University, Lenina Ave., 1 v, Nalchik, 360030, Russia, tel. +7(8662)40-41-07, e-mail: aida17032007@yandex.ru

Amina A. Akhkubekova, Postgraduate student, Department of commodity science and tourism, Kabardino-Balkarian State Agricultural University, Nalchik, Russia.

Abdullakh B. Ittiev, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Department of



дино-Балкарский государственный аграрный университет, г. Нальчик, Россия.

Критерии авторства

Аида Я. Тамахина проанализировала данные, написала рукопись. Амина А. Ахкубекова собрала флористический материал и подготовила пробы. Абдуллах Б. Иттиев провёл хроматографический анализ. Все авторы в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата и других неэтических проблем.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 06.11.2018

Принята в печать 17.12.2018

Chemistry, Kabardino-Balkarian State Agricultural University, Nalchik, Russia.

Contribution

Aida Ya. Tamakhina analyzed the data, wrote the manuscript and is responsible for avoiding the plagiarism; Amina A. Akhkubekova collected floristic specimens, conducted a sample preparation; Abdullakh B. Ittiev carried out the chromatographic analysis. All authors are responsible for avoiding the plagiarism, self-plagiarism or any other unethical issues.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Received 06.11.2018

Accepted for publication 17.12.2018