

ISSN 1029-8940 (Print)  
ISSN 2524-230X (Online)  
УДК 581.192.2:582.893  
<https://doi.org/10.29235/1029-8940-2020-65-1-71-75>

Поступила в редакцию 05.11.2019  
Received 05.11.2019

**Н. А. Ламан, А. В. Усик**

*Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси, Минск, Республика Беларусь*

### **ЛОКАЛИЗАЦИЯ И СОСТАВ КУМАРИНОВ В КОРНЯХ БОРЩЕВИКА СОСНОВСКОГО (*HERACLEUM SOSNOWSKYI* MANDEN.)**

**Аннотация.** В статье представлены результаты исследования локализации кумариновых соединений в подземных органах борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden.). Установлено, что кумариновые соединения накапливаются в виде белого секрета в эндогенных секреторных структурах корней. Хроматографическое разделение содержимого секреторных структур показало наличие в нем четырех веществ фурукумариновой природы: ангелицина, бергаптена, ксантотоксина и псоралена.

**Ключевые слова:** *Heracleum sosnowskyi* Manden., борщевик Сосновского, кумарины, фурукумарины, тонкослойная хроматограмма, секреторные вместилища, корень

**Для цитирования:** Ламан, Н. А. Локализация и состав кумаринов в корнях борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) / Н. А. Ламан, А. В. Усик // Вест. Нац. акад. наук Беларусі. Сер. біял. навук. – 2020. – Т. 65, № 1. – С. 71–75. <https://doi.org/10.29235/1029-8940-2020-65-1-71-75>

**Nikolai A. Laman, Anastasia W. Usik**

*V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Republic of Belarus*

### **LOCALIZATION AND COMPOSITION OF COUMARINS IN ROOTS OF *HERACLEUM SOSNOWSKYI* MANDEN.**

**Abstract.** There are research results of the localization of coumarins in roots. Coumarins accumulated in the form of a white secret (latex) in the secretory structures of roots. Chromatographic separation of latex showed four furocoumarins in the roots of *Heracleum*. These are angelicin, bergapten, xanthotoxin and psoralen.

**Keywords:** *Heracleum sosnowskyi* Manden., coumarins, furocoumarins, thin layer chromatography, secretory tissues, roots

**For citation:** Laman N. A., Usik A. W. Localization and composition of coumarins in roots of *Heracleum sosnowskyi* Manden. *Vestsi Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya biyalagichnych navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Biological series*, 2020, vol. 65, no. 1, pp. 71–75 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1029-8940-2020-65-1-71-75>

**Введение.** Растения накапливают вещества разной химической природы в специализированных секреторных структурах, которые располагаются как на поверхности, так и непосредственно в тканях и органах. Качественный состав накапливаемого секрета определяется таксономическим положением растения. Огромный интерес представляют растения, которые накапливают соединения кумаринового ряда.

Борщевик Сосновского, представитель семейства Зонтичные, способен накапливать в виде секрета вещества кумариновой природы. Известно, что эти вещества обладают широким спектром биохимических и фармакологических эффектов. Производные кумарина и фурукумарины могут не только вызывать ожоги на коже человека под воздействием УФ-света, оказывая тем самым фотосенсибилизирующее действие [1, 2], но и проявлять противоопухолевую [3, 4] и антиоксидантную активность [5], что позволяет применять их для лечения многих заболеваний [6–8].

За последнее десятилетие появилось много данных по анатомическому строению подземных органов растений семейства Зонтичные. Известно, что для представителей данного семейства характерно наличие в корнях различных внутренних секреторных структур, таких как секреторные каналы, или протоки [9–12], схизогенные вместилища [13].

Активное изучение растений рода Борщевик приходится на начало 1960-х годов. Именно в этот период широко исследовалась морфология растений данного рода [14–17]. Установлено, что для корня борщевика Сосновского характерно наличие хорошо выраженного погружения в почву [15]. Однако данные об анатомическом строении подземных органов борщевика Сосновского, в частности о находящихся в них секреторных структурах, в литературе малочисленны [18, 19].

Цель работы – изучение морфологического строения секреторных структур корней борщевика Сосновского и качественного состава, содержащегося в них секрета.

**Материалы и методы исследования.** Морфологические особенности секреторных структур изучали на живых растениях, собранных в сентябре 2019 г. из естественных мест произрастания. Для изучения секреторных структур предварительно производили поперечные срезы корней с помощью лезвия. Для изучения морфологической структуры использовали биологический микроскоп BYLAN (ТУ РБ 14724552.048-97) и микроскоп Olympus SZ61. Наблюдения регистрировали в виде фотографий, сделанных с помощью специальной фотонасадки к микроскопу Huawei 5.0MP USB Cmos, при 1- и 10-кратном увеличении. Тип секреторных структур устанавливали в соответствии с классификацией Г. А. Денисовой [20], а извлечение секрета из вместилищ – по методике, приведенной в работе [21].

Для идентификации накапливаемых в секреторных структурах веществ использовали тонкослойную хроматографию (ТСХ) как наиболее быстрый метод определения качественного состава органических веществ в смеси. Пробоподготовку к проведению ТСХ осуществляли путем экстракции растительного материала хлороформом. Для ТСХ были взяты силикагелевые пластины CNMLab (Испания) с алюминиевой подложкой, толщиной слоя силикагеля 0,2 мм и флуоресцентным индикатором. В качестве стандартов использовали кумарины умбеллиферон, эскулетин,

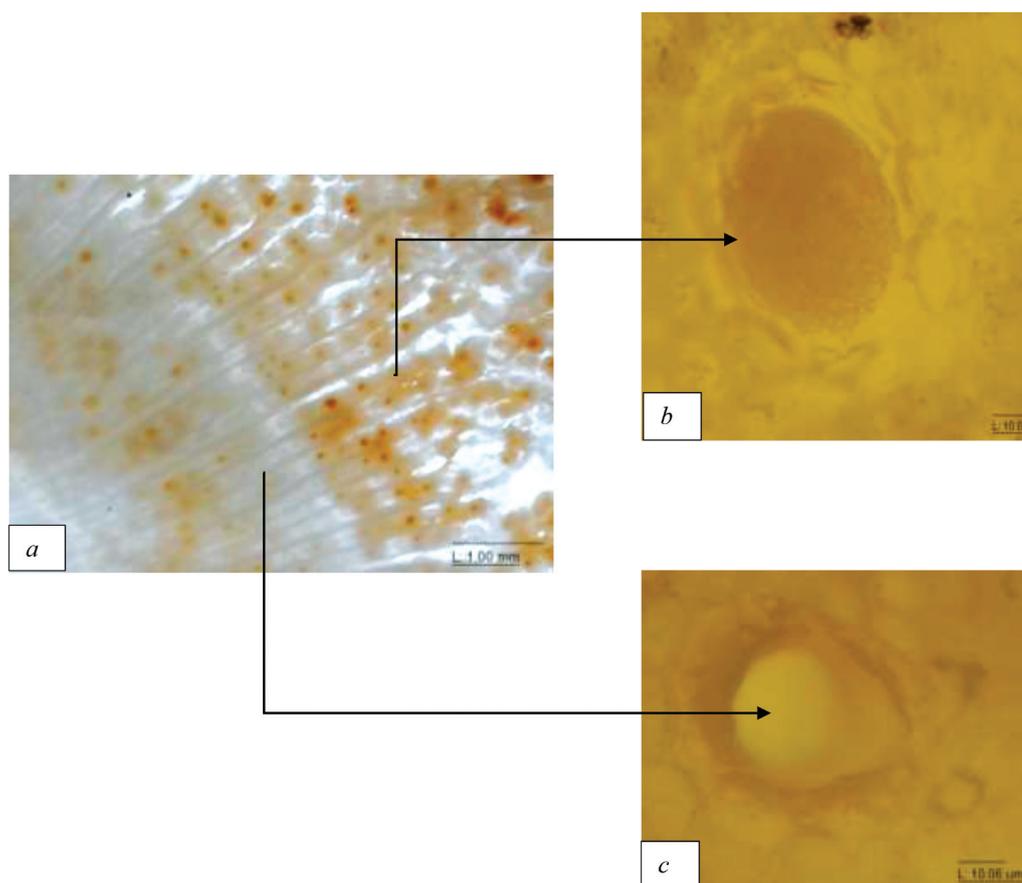


Рис. 1. Секреторные структуры в корне борщевика Сосновского: *a* – общий вид ( $\times 1$ ); *b* – секреторная структура, наполненная латексом ( $\times 10$ ); *c* – пустая секреторная структура ( $\times 10$ )

Fig. 1. Secretory structures in root of *Heracleum sosnowskyi* Manden.: *a* – general view ( $\times 1$ ); *b* – secretory structures with latex ( $\times 10$ ); *c* – blank secretory tissue ( $\times 10$ )

скополетин и фурукумарины ангелицин, ксантотоксин, бергаптен, псорален. Первоначально был произведен подбор подвижной фазы. Наилучшее разделение было достигнуто при составе подвижной фазы петролейный эфир:этилацетат:бензол в соотношении 2:1:0,5.

**Результаты и их обсуждение.** Согласно классификации, предложенной Г. А. Денисовой [20], в зависимости от происхождения все секреторные структуры можно разделить на две большие группы: экзогенные (эпидермальное происхождение) и эндогенные (основная, или васкулярная, меристема).

По нашим данным, корень борщевика Сосновского содержит эндогенные секреторные каналы, находящиеся в экзо- и мезодерме (рис. 1).

Большинство секреторных каналов находится в экзодерме. Установлено, что чем ближе к латеральной части корня располагаются секреторные образования, тем больше их диаметр. Во всех секреторных структурах корня содержится белая густая жидкость – латекс, которая со временем темнеет на воздухе.

Для проведения исследования качественного состава веществ кумариновой природы, накапливающихся в секреторных структурах, латекс извлекали, слегка нажимая на срез корня, с помощью шприца и наносили на хроматограмму.

В результате исследований установлено, что в секрете корня борщевика Сосновского на хроматограммах обнаруживается 10 веществ кумариновой природы ( $R_f$  – 0,85; 0,62; 0,56; 0,51; 0,48; 0,42; 0,4; 0,35; 0,29; 0,2), среди которых присутствуют фурукумарины: ангелицин ( $R_f = 0,51$ ), ксантотоксин ( $R_f = 0,4$ ), бергаптен ( $R_f = 0,35$ ), псорален ( $R_f = 0,4$ ).

Следует отметить, что ксантотоксин и псорален имеют одинаковый  $R_f$ , что указывает на отсутствие разделения веществ при данной подвижной фазе и необходимость ее модификации. Из рис. 2 видно также, что в секрете корня не обнаружены кумарины умбелиферон ( $R_f = 0,23$ ) и скополетин ( $R_f = 0,09$ ), а эскулетин выявлен лишь в небольших количествах ( $R_f = 0,06$ ).

**Заключение.** Таким образом, в эндогенных секреторных структурах корней борщевика Сосновского обнаруживается белый млечный сок – латекс, при этом на срезах имеются как заполненные латексом вместилища, так и секреторные структуры без содержимого. Хроматографическое разделение содержимого секреторных структур показало наличие в нем 4 веществ фурукумариновой природы: ангелицина, бергаптена, ксантотоксина и псоралена.

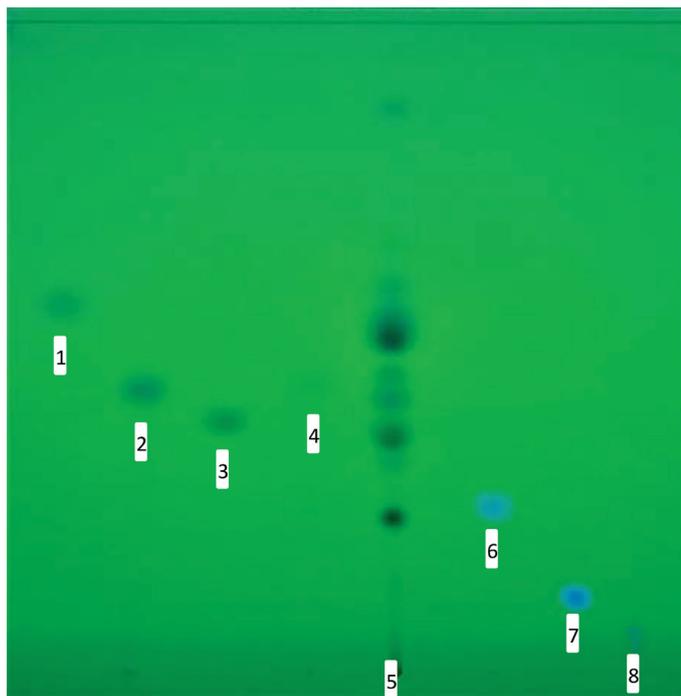


Рис. 2. Тонкослойная хроматограмма содержимого секреторных структур корней борщевика Сосновского: 1 – ангелицин, 2 – ксантотоксин, 3 – бергаптен, 4 – псорален, 5 – экстракт секрета, 6 – умбелиферон, 7 – скополетин, 8 – эскулетин

Fig. 2. Thin-layer chromatography of contents the secretory structures in roots of *Heracleum sosnowskyi* Manden.: 1 – angelicin, 2 – ksantotoksin, 3 – bergapten, 4 – psoralen, 5 – extract of latex, 6 – umbeliferone, 7 – skopoletin, 8 – eskuletin

#### Список использованных источников

1. Клепов, И. Д. Пузыристые дерматиты от лугового растения борщевика / И. Д. Клепов // Вестн. дерматол. и венерол. – 1960. – Т. 3. – С. 55–56.
2. Kasperkiewicz, K. Sunscreening and photosensitizing properties of coumarins and their derivatives / K. Kasperkiewicz, A. Erkiert-Polguj, E. Budzisz // Lett. Drug Design Discovery. – 2016. – Vol. 13, N 5. – P. 465–474. <https://doi.org/10.2174/1570180812666150901222106>
3. Emami, S. Current developments of coumarin-based anti-cancer agents in medicinal chemistry / S. Emami, S. Dadashpour // Eur. J. Med. Chem. – 2015. – Vol. 102. – P. 611–630. <https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2015.08.033>

4. Recent developments of C-4 substituted coumarin derivatives as anticancer agents / J. Dandriyal [et al.] // *Eur. J. Med. Chem.* – 2016. – Vol. 119. – P. 141–168. <https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2016.03.087>
5. Antioxidant activity of coumarins / Y. Al-Majedy [et al.] // *System. Rev. Pharm.* – 2017. – Vol. 8, N 1. – P. 24–30. <https://doi.org/10.5530/srp.2017.1.6>
6. Recent developments of coumarin-containing derivatives and their anti-tubercular activity / Y. Q. Hu [et al.] // *Eur. J. Med. Chem.* – 2017. – Vol. 136. – P. 122–130. <https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2017.05.004>
7. Coumarin derivatives as monoamine oxidase B inhibitors with antiparkinsonian like properties / P. Olaya [et al.] // *FarmaJournal.* – 2019. – Vol. 4, N 1. – P. 218.
8. Coumarin: A natural, privileged and versatile scaffold for bioactive compounds / A. Stefanachi [et al.] // *Molecules.* – 2018. – Vol. 23, N 2. – P. 250. <https://doi.org/10.3390/molecules23020250>
9. Corsi, G. Secretory Structures and Localization of Alkaloids in *Conium maculatum* L. (Apiaceae) / G. Corsi, D. Biasci // *Ann. Botany.* – 1998. – Vol. 81, N 1. – P. 157–162. <https://doi.org/10.1006/anbo.1997.0547>
10. Mu, Y. Comparative anatomy on structure and distribution of secretory canals in different organs of *Cryptotaenia japonica* Hassk. (Apiaceae) / Y. Mu, Q. X. Liu // *J. Plant Resources Environment.* – 2009. – Vol. 18, N 2. – P. 1–8.
11. A new diagnostic character in the roots of the genus *Grammosciadium* DC. (Apiaceae) / F. Ulusoy [et al.] // *Phytotaxa.* – 2016. – Vol. 292, N 2. – P. 150–160. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.292.2.2>
12. Bercu, R. Histoanatomy of vegetative organs with bioactive principles in *Apium graveolens* L. var. *Rapaceum* (Mill.) *gaud.* (Apiaceae) / R. Bercu, M. Fagaras // *Ann. West Univ. Timisoara. Biology series.* – 2014. – Vol. 17, N 1. – P. 45–48.
13. Lux, A. Structural and physiological characteristics of the tap root of *Smyrniium perfoliatum* L. (Apiaceae) / A. Lux, E. Masarovicova, R. Olah // *Structure and Function of Roots : Proc. of the Fourth Int. symp. on structure and function of roots, June 20–26, 1993, Stará Lesná, Slovakia / ed. : F. Baluška [et al.].* – Springer, Dordrecht, 1995. – P. 99–105.
14. Манденова, И. П. Борщевик – *Heracleum* L. / И. П. Манденова // *Флора СССР : в 29 т. / гл. ред. В. Л. Комаров.* – Ленинград, 1951. – Т. 17. – С. 223–259.
15. Сацыперова, И. Ф. Борщевики флоры СССР – новые кормовые растения: перспективы использования в народном хозяйстве / И. Ф. Сацыперова. – Ленинград : Наука, 1984. – 218 с.
16. Сандина, И. Б. Борщевик Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden.), его биология и опыт выращивания в Ленинградской области : автореф. дис. ... канд. биол. наук / И. Б. Сандина ; Ботан. ин-т им. В. Л. Комарова. – Л., 1959. – 18 с.
17. Шумова, Э. М. Изучение онтогенетического морфогенеза борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) и борщевика Мантегацци (*Heracleum mantegazzianum* Somm. et Lev.) в связи с введением в культуру : автореф. дис. ... канд. биол. наук / Э. М. Шумова ; Моск. ордена Ленина и ордена Тр. Кр. Знамени с.-х. акад. им. К. А. Тимирязева. – М., 1970. – 15 с.
18. Бетехтина, А. А. Строение корней свидетельствует о способности *Heracleum sosnowskyi* быстро поглощать ресурсы при оптимальных почвенных условиях / А. А. Бетехтина, А. О. Сергиенко, Д. В. Веселкин // *Изв. Рос. акад. наук. Сер. биол.* – 2018. – № 3. – С. 281–289.
19. Anatomical studies on medicinal part of *Heracleum* / H. E. Zhao-Ying [et al.] // *J. Xihua Teachers College (Natural Science).* – 2004. – N 1. – P. 63–67.
20. Денисова, Г. А. Терпеноидосодержащие структуры растений / Г. А. Денисова. – М. : Наука, 1982. – С. 10–32.
21. Денисова, Г. А. Методика выделения секрета из эфирномасличных вместилищ растений / Г. А. Денисова // *Раст. ресурсы.* – 1969. – Т. 5. – С. 458–463.

## References

1. Klepov I. D. Bubbling dermatitis from a meadow Hogweed plant. *Vestnik dermatologii i venerologii* [Bulletin of dermatology and venereology], 1960, vol. 3, pp. 55–56 (in Russian).
2. Kasperkiewicz K., Erkiert-Polguj A., Budzisz E. Sunscreening and photosensitizing properties of coumarins and their derivatives. *Letters in Drug Design and Discovery*, 2016, vol. 13, no. 5, pp. 465–474. <https://doi.org/10.2174/1570180812666150901222106>
3. Emami S., Dadashpour S. Current developments of coumarin-based anti-cancer agents in medicinal chemistry. *European Journal of Medicinal Chemistry*, 2015, vol. 102, pp. 611–630. <https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2015.08.033>
4. Dandriyal J., Singla R., Kumar M., Jaitak V. Recent developments of C-4 substituted coumarin derivatives as anticancer agents. *European Journal of Medicinal Chemistry*, 2016, vol. 119, pp. 141–168. <https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2016.03.087>
5. Al-Majedy Y., Al-Amiery A., Kadhum A. A., BakarMohamad A. Antioxidant activity of coumarins. *Systematic Reviews in Pharmacy*, vol. 8, no. 1, pp. 24–30. <https://doi.org/10.5530/srp.2017.1.6>
6. Hu Y. Q., Xu Z., Zhang S., Wu X., Ding J. W., Lv Z. S., Feng L. S. Recent developments of coumarin-containing derivatives and their anti-tubercular activity. *European Journal of Medicinal Chemistry*, 2017, vol. 136, pp. 122–130. <https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2017.05.004>
7. Olaya P., Viña D., Lopez J. L., Guerrero M. Coumarin derivatives as monoamine oxidase B inhibitors with antiparkinsonian like properties. *FarmaJournal*, 2019, vol. 4, no. 1, p. 218.
8. Stefanachi A., Leonetti F., Pisani L., Catto M., Carotti A. Coumarin: a natural, privileged and versatile scaffold for bioactive compounds. *Molecules*, 2018, vol. 23, no. 2, p. 250. <https://doi.org/10.3390/molecules23020250>
9. Corsi G., Biasci D. Secretory structures and localization of alkaloids in *Conium maculatum* L. (Apiaceae). *Annals of Botany*, 1998, vol. 81, no. 1, pp. 157–162. <https://doi.org/10.1006/anbo.1997.0547>
10. Mu Y., Liu Q. X. Comparative anatomy on structure and distribution of secretory canals in different organs of *Cryptotaenia japonica* Hassk. (Apiaceae). *Journal of Plant Resources and Environment*, 2009, vol. 18, no. 2, pp. 1–8.

11. Ulusoy F., İdman D. Ö. M., Karakaya M. A., Bani B. A new diagnostic character in the roots of the genus *Grammoscadium* DC. (Apiaceae). *Phytotaxa*, 2016, vol. 292, no. 2, pp. 150–160. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.292.2.2>
12. Bercu R., Fagaras M. Histoanatomy of vegetative organs with bioactive principles in *Apium graveolens* L. var. *Rapaceum* (mill.) gaud. (Apiaceae). *Annales of West University of Timisoara. Biology series*, 2014, vol. 17, no. 1, pp. 45–48.
13. Lux A., Masarovicova E., Olah R. Structural and physiological characteristics of the tap root of *Smyrniun perfoliatum* L. (Apiaceae). *Structure and Function of Roots: Proceedings of the Fourth International symposium on structure and function of roots, June 20–26, 1993, Stará Lesná, Slovakia*, 1995, pp. 99–105.
14. Mandenova I. P. A Hogweed – *Heracleum* L. *Flora of the USSR. Vol. 17*. Leningrad, 1951, pp. 223–259 (in Russian).
15. Satsyperova I. F. *Hogweeds of the USSR flora – new fodder plants: prospects for use in the national economy*. Leningrad, Nauka Publ., 1984. 218 p. (in Russian).
16. Sandina I. B. *Hogweed Sosnowski (Heracleum sosnowskyi Manden.)*, his biology and growing experience in the Leningrad region. Abstract of Ph. D. diss. Leningrad, 1959. 18 p. (in Russian).
17. Shumova E. M. *The study of ontogenetic morphogenesis of Sosnovsky hogweed (Heracleum sosnowskyi Manden.) and Mantegazzi hogweed (Heracleum mantegazzianum Somm. et Lev.) in connection with the introduction into the culture*. Abstract of Ph. D. diss. Moscow, 1970. 15 p. (in Russian).
18. Betekhtina A. A., Sergienko A. O., Veselkin D. V. The root structure indicates the ability of *Heracleum sosnowskyi* to quickly absorb resources under optimal soil conditions. *Izvestiya Rossiiskoi akademii nauk. Seriya biologicheskaya* [Proceedings of the Russian Academy of Sciences. Biological series], 2018, no. 3, pp. 281–289 (in Russian).
19. Zhao-Ying H. E., Qiao-ying Z. H. A. N. G., Yong-hong M. A., An-quan M. I. A. O. Anatomical studies on medicinal part of *Heracleum*. *Journal of Xihua Teachers College (Natural Science)*, 2004, no. 1, pp. 63–67.
20. Denisova G. A. *Structures of terpenoids in plants*. Moscow, Nauka Publ., 1982, pp. 10–32 (in Russian).
21. Denisova G. A. Method for secretion isolation from essential oil containers of plants. *Rastitel'nye resursy* [Plant resources], 1969, vol. 5, pp. 458–463 (in Russian).

### Информация об авторах

Ламан Николай Афанасьевич – академик, д-р биол. наук, профессор, заведующий лабораторией. Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси (ул. Академическая, 27, 220072, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: nikolai.laman@gmail.com

Усик Анастасия Викторовна – аспирант, мл. науч. сотрудник. Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси (ул. Академическая, 27, 220072, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: jalja-93@mail.ru

### Information about the authors

Nikolai A. Laman – Academician, D. Sc. (Biol.), Professor, Head of the Laboratory. V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus (27, Akademicheskaya Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: nikolai.laman@gmail.com

Anastasia W. Usik – Postgraduate student, Junior researcher. V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus (27, Akademicheskaya Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: jalja-93@mail.ru