

УДК 582.949.27:547.913:581.184.19 (470.44) (045)

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЭФИРНОГО МАСЛА *THYMUS MARSHALLIANUS* WILLD. И *THYMUS PALLASIANUS* H. BR., ПРОИЗРАСТАЮЩИХ НА ТЕРРИТОРИИ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

© Н.А. Дурнова, Ю.В. Романтеева*, А.Н. Ковтун

Саратовский государственный медицинский университет
им. В.И. Разумовского, ул. Большая Казачья, 112, Саратов (Россия),
e-mail: yuliyarom81@mail.ru

Изучены качественный и количественный составы эфирного масла *Thymus marschallianus* Willd. и *Th. pallasianus* H.Br., произрастающих на территории Саратовской области. Максимальный выход эфирного масла составил у тимьяна Маршалла 1,38%, у тимьяна Палласа – 1,2%. В эфирном масле тимьяна Маршалла обнаружено 23 индивидуальных компонента, 22 из которых идентифицированы. В эфирном масле тимьяна Палласа обнаружено 20 индивидуальных компонентов, из них идентифицировано 19. Эфирное масло тимьяна Маршалла относится к фенольному типу (содержание тимола составляет 54,61%); эфирное масло тимьяна Палласа – к нефенольному типу (содержание γ -терпиненил ацетата – 48,5%, транс- α -терпинеола – 32,8%).

Ключевые слова: эфирное масло, тимьян Маршалла, тимьян Палласа.

Введение

Внимание исследователей издавна привлекает род *Thymus* L., представители которого являются источниками лекарственного сырья, обладающего широким спектром действия [1–10]. В медицинской практике используются лекарственное растительное сырье (ЛРС) тимьяна обыкновенного (*Thymus vulgaris* L.) и тимьяна ползучего (*Th. serpyllium* L.).

Для представителей рода *Thymus* L. характерен полиморфизм компонентного состава эфирных масел как на межвидовом, так и на внутривидовом уровне. Например, в эфирных маслах тимьянов различных видов северных широт карвакрола (21–37%) содержится больше, чем тимола (10–17%) [11]. Также известен хемотип масла тимьяна с содержанием порядка 33% линалоола и его ацетата [11]. Для тимьяна блошиного (*Th. pulegioides*) авторы указывают на наличие восьми его хемотипов, различающихся составом эфирного масла [12]. На территории Алтая выявлено два хемотипа *Th. serpyllum*, в которых варьирует соотношение тимола, карвакрола и неролидола [13]. В Поволжье изучены представители рода *Thymus* L., произрастающие только в Волгоградской области. Для этого региона выявлены виды тимольного хемотипа (*Th. marschallianus*, *Th. kirgisorum*) с содержанием тимола от 30 до 65% и виды со значительным количеством нерала, гераниала, гераниола (*Th. calcareous*, *Th. kirgisorum* var *creticola*) [14].

Дурнова Наталья Анатольевна – заведующая кафедрой общей биологии, фармакогнозии и ботаники, доктор биологических наук, доцент, тел.: (8452) 66-97-40, e-mail: ndurnova@mail.ru
Романтеева Юлия Викторовна – доцент кафедры общей биологии, фармакогнозии и ботаники, кандидат фармацевтических наук, тел.: (8452) 66-98-12, e-mail: yuliyarom81@mail.ru
Ковтун Анна Николаевна – ассистент кафедры общей биологии, фармакогнозии и ботаники, тел.: (8452) 66-98-12, e-mail: taraxacum87@mail.ru

На территории Саратовской области произрастает пять видов тимьяна (*Th. cimicinus* Blum ex Ledeb, *Th. guberlinensis* Пjin., *Th. marschallianus* Willd., *Th. pallasianus* H.Br., *Th. zheguliensis* Klok. et Shost). Наиболее распространены два вида: *Th. marschallianus* и *Th. pallasianus* [15, 16], которые мало изучены для данного региона, имеются только предварительные данные об их химическом составе [17] и фармакологической активности [18].

* Автор, с которым следует вести переписку.

Целью данной работы является исследование качественного и количественного составов эфирных масел *Th. marschallianus* и *Th. pallasianus*, произрастающих в условиях Саратовской области.

Экспериментальная часть

Для получения эфирного масла в период массового цветения собирали ручную надземную часть растений тимьяна Маршалла и тимьяна Палласа, произрастающих в Саратовской области (в окрестностях с. Поповка Саратовского района и с. Узморье Энгельского района) в 2011 г. Собранный сырьё сушили в сухом, хорошо проветриваемом, прохладном месте в течение трех суток. Эфирное масло получали методом 1 (ГФ XI, вып. 1, с. 290).

Качественный и количественный анализы эфирных масел тимьяна Маршалла и тимьяна Палласа проводили методом хромато-масс-спектрометрии на газовом хроматографе Finnigan модель Trace DSQ с квадрупольным масс-спектром в качестве детектора.

Использовалась 30-метровая TR-5MS с внутренним диаметром 0,32 мм и толщиной пленки неподвижной фазы 0,25 мкм.

Расчет процентного состава эфирного масла производили по площадям газо-хроматографических пиков без использования корректирующих коэффициентов. Качественный анализ основан на сравнении полных масс-спектров с соответствующими данными компонентов и данными библиотеки масс-спектрометрических данных NIST и Wiley [19, 20].

Обсуждение результатов

В ходе работы из надземной части *Th. marschallianus* и *Th. pallasianus* выделены эфирные масла прозрачного темно-желтого цвета с приятным специфическим запахом. Выход масла из надземной части тимьяна Маршалла составил $0,914 \pm 0,128\%$, что немного меньше, чем у этого вида в Волгоградской области (1,59%) [10, 14] и в Казахстане (1,55–2,26%) [21]. В тимьяне Палласа содержание эфирного масла составляет $1,09 \pm 0,128\%$, что сопоставимо с количеством масла у этого вида в Волгоградском регионе (0,7–1,24%) [10, 14]. Методом хромато-масс-спектрометрии идентифицирована и количественно определена большая часть компонентов эфирных масел обоих видов. Результаты анализа приведены в таблице.

В эфирном масле тимьяна Маршалла обнаружено 23 индивидуальных компонента, 22 из которых идентифицированы, содержание соединения неизвестной структуры составляет 2,65%.

Основными компонентами эфирного масла *Th. marschallianus* являются ароматические монотерпены: *n*-цимен (20,99%) и тимол (54,61%) на фоне очень малого количества карвакрола (2,92%), следовательно, эфирное масло тимьяна Маршалла можно отнести к фенольному типу. Суммарная доля основных компонентов в масле составила 75,60%. Относительно базовых компонентов эфирное масло тимьяна Маршалла сходно по химическому составу с эфирным маслом тимьяна обыкновенного и тимьяна ползучего, основными веществами эфирных масел которых являются тимол, карвакрол, *n*-цимен. Аналогичное содержание тимола в эфирном масле тимьяна Маршалла Волгоградской области (49–55%), хотя и с меньшим содержанием *n*-цимена (7–9%) [10, 14], в эфирном масле *Th. marschallianus*, произрастающего в Казахстане, тимола содержится 42,47–70,91%, при этом карвакрол, *n*-цимен не обнаруживаются [21]. Также достаточно высокое содержание тимола (46,9%) обнаруживается у тимьяна гобийского, произрастающего в Монголии [22].

В эфирном масле тимьяна Палласа обнаружено 20 индивидуальных компонентов, из них идентифицировано 19, содержание соединения неизвестной структуры составляет 3,4%.

Основными компонентами эфирного масла *Th. pallasianus* являются моноциклические монотерпены: α -терпиненил ацетат (48,5%) и *транс*- α -терпинеол (32,8%), в связи с этим масло тимьяна Палласа можно отнести к нефенольному типу. Суммарная доля доминирующих компонентов в масле составила 81,3%. Высокое содержание монотерпеновых спиртов может отвечать за антисептическое действие эфирного масла *Th. pallasianus* [23]. В малых количествах содержатся тимол (0,40%) и карвакрол (0,10%). Низкое содержание ароматических монотерпенов обнаруживается в сырье *Th. pallasianus* Волгоградской области [10, 14], *Th. talijevii*, произрастающего на территории Республики Коми [24], *Th. petraeus* из Республики Хакасии [23].

Для обоих видов тимьяна, изученных нами, характерно небольшое содержание сесквитерпеноидов, из которых общим компонентом является спатуленол (табл.). Из монотерпеновой фракции и в тимьяне Маршалла, и в тимьяне Палласа встречается линалоол, содержание которого в *Th. pallasianus* в 6 раз больше, чем в другом виде.

Состав образцов эфирного масла тимьяна Маршалла и тимьяна Палласа

№ п/п	Название компонента	Время удерживания, мин	Содержание компонента в % от суммы цельного эфирного масла	
			Тимьян Маршалла	Тимьян Палласа
1.	α -терпиненил ацетат	2,50	–	48,50
2.	<i>n</i> -цимен	6,46	20,99	–
3.	<i>цис</i> - α -терпинеол	6,56	–	2,50
4.	α -терпинен	7,44	3,83	–
5.	камфора	8,25	–	0,40
6.	линалоол	9,30	1,04	6,50
7.	борнеол	11,56	1,91	–
8.	терпинеол-4	11,77	2,33	–
9.	вещество А неизвестной структуры	12,11	–	3,40
10.	<i>n</i> -мент-1-ен-8-ол	12,36	0,42	–
11.	Вещество Б (C ₁₂ H ₂₂ O)	13,37	2,65	–
12.	<i>транс</i> - α -терпинеол	16,15	–	32,8
13.	<i>z</i> -муролен	16,30	–	0,70
14.	Е-цитраль	16,66	–	0,70
15.	гераниол	16,96	0,99	1,30
16.	геранил ацетат	17,30	–	0,90
17.	ацетилтимол	17,47	0,12	–
18.	α -копаен	18,31	0,10	–
19.	нерол	18,44	–	0,20
20.	гераниола ацетат	18,49	0,19	–
21.	<i>транс</i> -карвеол	19,29	–	0,07
22.	кариофиллен	19,81	1,25	–
23.	2-хлоро-4,6-ди(2-тиазолил)-пиримидин	20,43	0,63	–
24.	тимол	21,46	54,61	0,40
25.	τ -муролен	21,62	0,41	–
26.	карвакрол	21,81	2,92	0,10
27.	гермакрен-Д	21,84	0,18	–
28.	леден	22,13	0,50	–
29.	кариофиллена оксид	22,52	–	0,10
30.	β -бизаболен	22,64	1,58	–
31.	β -кадинен	22,88	0,21	–
32.	δ -кадинен	22,99	0,56	–
33.	гумулен	23,64	0,34	–
34.	неролидол	24,06	–	0,85
35.	хедикариол	24,74	–	0,10
36.	спатуленол	25,60	0,71	0,20
37.	τ -кадинол	26,52	–	0,10
38.	ледена оксид	29,92	–	0,05

Выявленные различия в химическом составе эфирных масел изучаемых нами тимьянов могут быть обусловлены как генетическими особенностями видов [25], так и экологическими условиями произрастания этих растений [10]. Известно, что тимьян Маршалла произрастает в степях, на сухих полянах и опушках, а тимьян Палласа – в черноземной зоне на приречных песках, в песчаных степях [15, 16]. В Волгоградской области тимьян Маршалла встречен на супесчаных почвах [10], тимьян Палласа – на песках, по склонам степных балок и пр. [10]. В Саратовской области *Th. marschallianus* встречается на разных типах почв, в частности материал для нашего исследования собран на каштановых почвах в окрестностях с. Узморье Энгельсского района. Сырье *Th. pallasianus* нами заготовлено на песчаных обнажениях в окрестностях с. Поповка Саратовского района. В дальнейшем необходимо продолжить изучение качественного и количественного составов эфирного масла тимьяна Маршалла и тимьяна Палласа Саратовского региона, собранных в разные фазы вегетации, а также динамику накопления эфирного масла в ЛРС этих видов.

Эфирные масла исследуемых нами видов близки по составу с эфирными маслами официальных видов тимьянов, что требует более детального исследования фармакологических свойств ЛРС тимьяна Маршалла и тимьяна Палласа и открывает перспективу применения этих растений в фармацевтической отрасли.

Выводы

1. Выход масла из надземной части тимьяна Маршалла в фазе цветения составил $0,91 \pm 0,13\%$, для эфирного масла тимьяна Палласа – $1,09 \pm 0,13\%$.

2. В составе эфирного масла тимьяна Маршалла идентифицировано 20 компонентов, составляющих 95,82%. Основными компонентами эфирного масла являются: *n*-цимен (20,99%) и тимол (54,61%).

3. В составе эфирного масла тимьяна Палласа идентифицировано 19 компонентов с общей концентрацией 96,47%. В исследованном образце преобладают монотерпеновые соединения: α -терпиненил ацетат (48,5%), *транс*- α -терпинеол (32,8%), поэтому эфирное масло можно отнести к нефенольному типу.

Список литературы

1. Thyme: The genus *Thymus*. London ; New York, 2002. 330 p.
2. Ismaili H., Sosa S., Brkic D. et al. Topical anti-inflammatory activity of extracts and compounds from *Thymus broussonetii* // J. Pharmacy Pharmacology. 2002. Vol. 54, N8. Pp. 137–140.
3. Miura K., Kikuzaki H., Nakatani N. Antioxidant activity of chemical components from sage (*Salvia officinalis* L.) and thyme (*Thymus vulgaris* L.) measured by the oil stability index method // J. Agric Food Chem. 2002. Vol. 50, N7. Pp. 1845–1851.
4. Kulisic T., Dragovic-Uzelac V., Milos M. Antioxidant activity of aqueous tea infusions prepared from Oregano, Thyme and Wild Thyme // Food Technol. Biotechnol. 2006. Vol. 44, N4. Pp. 485–492.
5. Wang M., Kikuzaki H., Lin C.-C. et al. Acetophenone glycosides from thyme (*Thymus vulgaris* L.) // J. Agr. Food Chem. 1999. Vol. 47, N5. Pp. 1911–1914.
6. Broucke C.O., Lemli J.A. Spasmolytic activity of the flavonoids from *Thymus vulgaris* // Pharmacy World Science. 1983. Vol. 5, N1. Pp. 9–14.
7. Korayem M., Hasabo S., Ameen H. Effects and mode of action of some plant extracts on certain plant parasitic nematodes // J. Pest. Science. 1999. Vol. 66, N2. Pp. 32–36.
8. Couladis M., Tzakou O., Kujundzic S., Sokovic M., Mimica N. Chemical analysis and antifungal activity of *Thymus striatus* // Phytother. Research. 2004. Vol. 18, N1. Pp. 40–42.
9. Kahkonen M.P., Hopia A.I., Vuorela H.J. et al. Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic // J. Agric. Food Chem. 1999. N47. Pp. 3954–3962.
10. Кулакова Ю.Ю. Ботанико-ресурсоведческая характеристика рода *Thymus* L. на территории Нижнего Поволжья : автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2011. 24 с.
11. Жигжитжапова С.В., Рабжаева А.Н., Звонцов И.В., Раднаева Л.Д. Химический состав эфирного масла тимьяна Байкальского *Thymus baicalensis* Serg., произрастающего в Забайкалье // Химия растительного сырья. 2008. №1. С. 73–76.
12. Моцкуте Д., Бернотене Г. Эфирное масло *Thymus pulegioides* L. с лимонным запахом из окрестностей Вильнюса // Растительные ресурсы. 1998. Т. 34, вып. 1. С. 131–134.
13. Банаева Ю.А., Покровский Л.М., Ткачев А.В. Исследование химического состава эфирных масел представителей рода *Thymus* L., произрастающих на Алтае // Химия растительного сырья. 1999. №3. С. 41–48.
14. Кулакова Ю.Ю., Зайко Л.Н., Дмитриев Л.Б., Дмитриева В.Л. Обзор рода *Thymus* L. на территории Нижнего Поволжья: экология, ресурсы, фитохимия сырья // Аграрная Россия. 2009. №1. С. 48–50.
15. Еленевский А.Г., Буланый Ю.И., Радыгина В.И. Конспект флоры Саратовской области. Саратов. 2008. 232 с.
16. Маевский П.Ф. Флора средней полосы европейской части России. 10-е изд. М., 2006. С. 440–441.
17. Ковалева Л.В. Определение химического состава эфирного масла травы тимьяна Маршалла и тимьяна Палласа // Материалы 73-й студенческой научно-практической конференции в рамках 1-й Всероссийской недели с международным участием, посвященной Дню российской науки «Молодые ученые – здравоохранению». Саратов, 2012. С. 331–332.
18. Ковалева Л.В., Райкова С.В. Изучение антимикробной активности действия эфирных масел тимьяна Маршалла и тимьяна Палласа // Материалы 72-й межрегиональной научно-практической конференции студентов и молодых ученых с международным участием. Саратов, 2011. С. 488–489.
19. Eight Peak Index of Mass Spectra; Royal Society of Chemistry: University of Notingham, England, Third Edition, 1983. Vol. 1–2.
20. McLafferty F.W., Stauffer D.B. The Wiley/ NBS Registry of Mass Spectral Data; Wiley-Interscience. 1989. Vol. 1–7.
21. Suleimenov E.M., Machmudah S., Ishmuratova M.Yu., Sasaki M., Goto M. Investigation of Kazakhstani flora. I. GC/MS analysis of *Thymus marschallianus* Willd essential oil obtained by supercritical CO₂ extraction // Химия растительного сырья. 2010. №1. С. 161–163.
22. Рабжаева А.Н. Особенности накопления биологически активных веществ *Thymus baicalensis* Serg. в зависимости от экологических факторов : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Улан-Удэ, 2011. 24 с.
23. Мяделец М.А., Домрачев Д.В., Водолазов С.В. Исследование химического состава эфирных масел *Nepeta Sibirica* L., *Thymus Petraeus* L., *Schizonepeta Multifida* L., произрастающих на территории Республики Хакасия // Химия растительного сырья. 2012. №4. С. 119–124.
24. Алексеева Л.И., Груздев И.В. Полиморфизм эфирных масел тимьянов Европейского Северо-Востока России и Урала // Физиология растений. 2012. Т. 59, №6. С. 771–780.
25. Thompson J.D., Chalchat J.- C., Michet A., Linhart Y. B., Ehlers B. Qualitative and quantitative variation in monoterpene co-occurrence and composition in the essential oil of *Thymus vulgaris* chemotypes // Journal of Chemical Ecology. 2003. Vol. 29, N4. Pp. 859–880.

Поступило в редакцию 24 апреля 2013 г.

После переработки 24 октября 2013 г.

Durnova N.A., Romanteeva Y.V.* , Kovtun A.N. THE CHEMICAL COMPOSITION OF THE ESSENTIAL OIL OF *THYMUS MARSHALLIANUS* WILLD. AND *THYMUS PALLASIANUS* H. BR., GROWING IN THE SARATOV REGION

Saratov State Medical University named after V. I. Razumovsky, Bolshaya Kazachia st., 112, Saratov (Russia),
e-mail: yuliyarom81@mail.ru

The qualitative and quantitative composition of essential oil of *Thymus marschallianus* Willd. and *Th. pallasianus* H.Br., from Saratov region was studied. The maximum yield of *Th. marschallianus* essential oil was 1,38%, *Th. pallasianus* – 1,2%. In the *Th. marschallianus* essential oil 23 components were found, 22 of them were identified. In the *Th. pallasianus* essential oil 20 individual components were revealed, with 19 of them identified. The essential oil of *Th. marschallianus* was labeled as phenolic subtype (contents 54,61% of thymol); the essential oil of *Th. pallasianus* – as nonphenolic subtype (contents 48,5% of γ -terpinenil acetate, 32,8% of trans- α -terpineol).

Keywords: essential oil, *Thymus marschallianus* Willd., *Thymus pallasianus* H. Br.

References

1. Thyme: The genus *Thymus*. London, New York, 2002. 330 p.
2. Ismaili H., Sosa S., Brkic D. et al. *J. Pharmacy Pharmacology*, 2002, vol. 54, no. 8, pp. 137–140.
3. Miura K., Kikuzaki H., Nakatani N. *J. Agric Food Chem.*, 2002, vol. 50, no. 7, pp. 1845–1851.
4. Kulisic T., Dragovic-Uzelac V., Milos M. *Food Technol. Biotechnol.*, 2006, vol. 44, no. 4, pp. 485–492.
5. Wang M., Kikuzaki H., Lin C.-C. et al. *J. Agr. Food Chem.*, 1999, vol. 47, no. 5, pp. 1911–1914.
6. Broucke C.O., Lemli J.A. *Pharmacy World Science*, 1983, vol. 5, no. 1, pp. 9–14.
7. Korayem M., Hasabo S., Ameen H. *J. Pest. Science*, 1999, vol. 66, no. 2, pp. 32–36.
8. Couladis M., Tzakou O., Kujundzic S., Sokovic M., Mimica N. *Phytother. Research*, 2004, vol. 18, no. 1, pp. 40–42.
9. Kahkonen M.P., Hopia A.I., Vuorela H.J. et al. *J. Agric. Food Chem.*, 1999, no. 47, pp. 3954–3962.
10. Kulakova Iu.Iu. *Botaniko-resursovedcheskaia kharakteristika roda Thymus L. na territorii Nizhnego Povolzh'ia : avtoref. dis. ... kand. biol. nauk.* [Botanical and resursovedcheskaya characteristic kind of *Thymus L.* in the territory of the Lower Volga region: the dissertation author's Ph.D. in Biology]. Moscow, 2011, 24 p. (in Russ.).
11. Zhigzhitzhapova S.V., Rabzhaeva A.N., Zvontsov I.V., Radnaeva L.D. *Khimiia rastitel'nogo syr'ia*, 2008, no. 1, pp. 73–76. (in Russ.).
12. Motskute D., Bernotene G. *Rastitel'nye resursy*, 1998, vol. 34, no. 1, pp. 131–134. (in Russ.).
13. Banaeva Iu.A., Pokrovskii L.M., Tkachev A.V. *Khimiia rastitel'nogo syr'ia*, 1999, no. 3, pp. 41–48. (in Russ.).
14. Kulakova Iu.Iu., Zaiko L.N., Dmitriev L.B., Dmitrieva V.L. *Agrarnaia Rossiia*, 2009, no. 1, pp. 48–50. (in Russ.).
15. Elenevskii A.G., Bulanyi Iu.I., Radygina V.I. *Konspekt flory Saratovskoi oblasti*. [Synopsis of the flora of the Saratov region]. Saratov, 2008, 232 p. (in Russ.).
16. Maevskii P.F. *Flora srednei polosy evropeiskoi chasti Rossii*. [Flora of the middle belt of the European part of Russia]. Moscow, 2006, pp. 440–441. (in Russ.).
17. Kovaleva L.V. *Materialy 73-i studencheskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii v ramkakh 1-oi Vserossiiskoi nedeli s mezhdunarodnym uchastiem posviashchennykh dniu rossiiskoi nauki «Molodye uchenye – zdavoookhraneniuiu»*. [Proceedings of the 73rd student scientific conference in the framework of the 1st All-Russian Week with international participation on the Day of Russian Science «Young scientists – Health Care»]. Saratov, 2012, pp. 331–332. (in Russ.).
18. Kovaleva L.V., Raikova S.V. *Materialy 72-i mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii studentov i molodykh uchenykh s mezhdunarodnym uchastiem*. [Proceedings of the 72th inter-regional scientific-practical conference of students and young scientists with international participation]. Saratov, 2011, pp. 488–489. (in Russ.).
19. Eight Peak Index of Mass Spectra; Royal Society of Chemistry: University of Notinham, England, Third Edition, 1983, vol. 1–2.
20. McLafferty F.W., Stauffer D.B. *The Wiley/ NBS Registry of Mass Spectral Data*; Wiley-Interscience. 1989, vol. 1–7.
21. Suleimenov E.M., Machmudah S., Ishmuratova M.Yu., Sasaki M., Goto M. *Khimiia rastitel'nogo syr'ia*, 2010, no. 1, pp. 161–163.
22. Rabzhaeva A.N. *Osobennosti nakopleniia biologicheskii aktivnykh veshchestv Thymus baicalensis Serg. v zavisimosti ot ekologicheskikh faktorov : avtoref. dis. ... kand. biol. nauk.* [Features of accumulation of biologically active substances *Thymus baicalensis* Serg. depending on environmental factors: the dissertation author's Ph.D. in Biology]. Ulan-Ude, 2011, 24 p. (in Russ.).
23. Miadelets M.A., Domrachev D.V., Vodolazov S.V. *Khimiia rastitel'nogo syr'ia*, 2012, no. 4, pp. 119–124. (in Russ.).
24. Alekseeva L. I., Gruzdev I. V. *Fiziologiya rastenii*, 2012, vol. 59, no. 6, pp. 771–780. (in Russ.).
25. Thompson J.D., Chalchat J.-C., Michet A., Linhart Y. B., Ehlers B. *Journal of Chemical Ecology*, 2003, vol. 29, no. 4, pp. 859–880.

Received April 24, 2013

Revised October 24, 2013

* Corresponding author.

