

УДК 581.135.51:581.54

И.Д. Зыкова, А.А. Ефремов

ВЛИЯНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА СОСТАВ ЭФИРНОГО МАСЛА СОЦВЕТИЙ ЛАБАЗНИКА ВЯЗОЛИСТНОГО (*FILIPENDULA ULMARIA* (L.) MAXIM), ПРОИЗРАСТАЮЩЕГО В СИБИРСКОМ РЕГИОНЕ

В статье представлены данные по компонентному составу эфирного масла соцветий лабазника вязолистного, полученные с 2009 по 2014 г. Исследовано влияние температурно-влажностных условий произрастания растения на содержание масла и его компонентный состав. Отмечено увеличение содержания кислородсодержащих соединений как отклик на недостаток влаги в процессе вегетации лабазника вязолистного.

Ключевые слова: *Filipendula ulmaria* (L.) Maxim, эфирное масло, компонентный состав, гидротермический коэффициент экстремальности.

I.D. Zyкова, A.A. Efremov

THE METEOROLOGICAL FACTOR INFLUENCE ON THE ESSENTIAL OIL COMPOSITION FROM INFLORESCENCES OF MEADOWSWEET (*FILIPENDULA ULMARIA* (L.) MAXIM) GROWING IN THE SIBERIAN REGION

The data on the component composition of the essential oil from inflorescences of meadowsweet received from 2009 to 2014 are presented in the article. The influence of the plant growth temperature-moist conditions on the content of oil and its component structure is researched. The increase in the contents of oxygen-containing compounds as a response to the lack of moisture in the meadowsweet vegetation course is noted.

Key words: *Filipendula ulmaria* (L.) Maxim, essential oil, component composition, hydrothermal coefficient of extremeness.

Введение. Лабазник вязолистный (*Filipendula ulmaria* (L.) Maxim) имеет значительный ресурсный потенциал на территории Красноярского края и издавна используется в официальной и народной медицине для лечения широкого спектра заболеваний. Действие препаратов, полученных из лабазника вязолистного, не в последнюю очередь связано с присутствием в них салициловой кислоты и ее эфиров. В цветках *F. ulmaria* содержится 0,2–1,25 % эфирного масла, компонентный состав которого зависит от места произрастания растения, исследуемого органа, фазы вегетации [1, 2].

Известно также, что рост и развитие растений определяются количеством осадков и температурой местообитания [3, 4], причем эти факторы играют значительную роль в формировании химических веществ в растении. Изменение погодных условий в разные годы находит отражение как на компонентном составе эфирного масла – увеличение содержания гермакрена у видов рода *Galatella* Cass. [5], так и на содержании эфирного масла – его снижении у видов рода *Schizonepeta* (Benth) Briq. [6]. В работе [7] отмечается изменчивость состава эфирного масла багульников в зависимости от конкретных эколого-географических и генетических факторов. Исследования изменений количественного и качественного состава эфирных масел рода *Artemisia* L., произрастающих в Якутии, в зависимости от экстремальности погодных условий показало, что увеличение степени экстремальности приводит к увеличению количественного содержания эфирных масел и способствует расширению структурного разнообразия биологически активных веществ [8]. Приспособление видов семейства губоцветных к неблагоприятным условиям (недостаток влаги, высокие или низкие температуры, повышенная солнечная радиация) идет по линии увеличения содержания эфирных масел [9].

Резко континентальный характер климата Красноярского края, для которого характерны сильные колебания температур воздуха в течение года и неравномерное распределение осадков по месяцам, а также накопленный в течение 6 лет экспериментальный материал по исследованию состава эфирного масла соцветий *F. Ulmaria*, определили тему данного исследования.

Цель исследований. Изучение влияния температурно-влажностных условий произрастания на накопление эфирного масла в соцветиях *F. ulmaria* и содержание основных его компонентов в течение шести лет.

Материалы и методы исследований. Исследования проводились каждый год в июне с 2009 по 2014 г. в естественных популяциях *F. ulmaria* окрестностей г. Красноярск. Опытный материал (соцветия лабазника вязолистного) собирали в июле в сухую погоду в фазу цветения растения. Собранные образцы сушили на воздухе в подвешенном состоянии при температуре окружающей среды в затененном месте.

Эфирное масло из соцветий *F. ulmaria* получали методом исчерпывающей гидропародистилляции из воздушно-сухого сырья в течение не менее 9 ч до прекращения выделения эфирного масла. Загрузка сырья составляла 1200 г.

Хромато-масс-спектрометрический анализ проводился на хроматографе Agilent Technologies 7890 А с квадрупольным масс-спектрометром MSD 5975 С в качестве детектора с использованием 30-метровой кварцевой колонки HP-5 (5 %-дифенил – 95 %-диметилсилоксан) с внутренним диаметром 0,25 мм. Температура испарителя 280°C, температура источника ионов 173°C, газ-носитель – гелий – 1 мл/мин. Температура колонки 50°C (2 мин), программируемый нагрев 50–270°C со скоростью 4°C в 1 мин, изотермический режим при 270°C в течение 10 мин.

Содержание отдельных компонентов оценивали по площадям пиков, а их идентификацию производили на основе сравнения линейных индексов удерживания и полных масс-спектров с соответствующими данными компонентов эталонных масел и чистых соединений. Для идентификации также использовали данные библиотеки масс-спектров Wiley275 (275 тыс. масс-спектров) [10] и атласа масс-спектров и линейных индексов удерживания [11].

Результаты исследований и их обсуждение. Эфирное масло из соцветий *F. ulmaria* представляет собой легкоподвижную жидкость тяжелее воды желто-коричневого либо синего цвета (в зависимости от присутствия в составе масла хамазулена), застывающую при комнатной температуре.

Хромато-масс-спектрометрический анализ образцов эфирного масла *F. ulmaria* позволил установить наличие более 100 компонентов, 42 из которых присутствуют в количествах, превышающих 0,2 % от суммы всех компонентов. Тридцать компонентов, присутствующие в масле вне зависимости от года сбора сырья, являются известными соединениями и нами идентифицированы (табл. 1). Их содержание в масле составляет 65,7–98,4 %. Затруднения в идентификации минорных компонентов были вызваны наличием большого числа соединений с близкими индексами удерживания и низким содержанием их в масле (0,2 % и ниже).

Установлено, что мажорными компонентами эфирного масла соцветий *F. ulmaria* являются метилсалицилат (28,2–34,1 %), салициловый альдегид (1,3–11,2 %), ионол (3,0-4,2 %), *n*-трикозан (8,1–10 %), линалоол (5,0–6,0 %) и хотриенол (6,0–8,1 %) (табл. 1). Особенностью компонентного состава масла является отсутствие монотерпеновых соединений.

Таблица 1

Содержание основных компонентов эфирного масла в зависимости от года сбора соцветий *F. ulmaria*

Линейные индексы удерживания	Компонент	Содержание компонента, % от цельного масла					
		2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.
1	2	3	4	5	6	7	8
Углеводороды							
1500	<i>n</i> -пентадекан	0,3	0,3	0,2	0,3	0,2	0,2
1600	<i>n</i> -гексадекан	0,5	0,6	0,5	0,3	0,6	0,5
1700	<i>n</i> -гептадекан	0,6	0,4	0,4	0,2	0,3	0,2
1900	<i>n</i> -нонадекан	0,7	0,6	0,3	0,6	0,4	0,4
1730	хамазулен	–	0,7	0,6	1,6	1,2	1,0
2100	<i>n</i> -хенэйкозан	1,0	1,4	1,4	1,5	1,0	1,2
2300	<i>n</i> -трикозан	8,3	10,0	9,8	10,0	8,1	8,3
Всего		11,4	14,0	13,2	14,5	11,8	11,8
Сесквитерпены							
1422	кариофиллен	0,7	0,8	1,2	1,0	0,7	0,7
1510	(<i>e,e</i>)- α -фарнезен	0,8	0,6	0,6	1,2	0,6	0,8
Всего		1,5	1,4	1,8	2,2	1,3	1,5

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8
Кислородсодержащие соединения							
1033	Бензиловый спирт	0,8	1,0	1,4	1,0	0,8	0,8
1073	<i>транс</i> -фуранолиналоол оксид	0,5	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
1089	<i>цис</i> -фуранолиналоол оксид	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,3
1155	нерол оксид	0,2	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3
1100	линалоол	4,9	5,2	6,0	6,2	5,0	5,2
1105	хотриенол	6,2	6,4	6,2	8,1	6,4	6,0
1144	<i>цис</i> - β -терпинеол	0,3	0,5	0,5	0,5	0,2	0,3
1191	α -терпинеол	2,1	2,3	2,0	3,5	1,8	1,5
1215	<i>пара</i> -мент-1-ен-9-ол	0,5	0,5	0,5	0,8	0,5	0,5
1217	<i>пара</i> -мент-1-ен-9-ол (изомер)	0,5	0,5	0,3	0,7	0,5	0,5
1255	гераниол	0,3	0,5	0,6	0,8	0,6	0,5
1514	ионол	3,1	4,0	4,0	4,2	3,2	3,0
1565	(<i>e</i>)- неролидол	0,5	0,6	0,7	1,0	0,7	1,0
1633	δ -эвдесмол	0,4	0,4	0,4	0,6	0,4	0,4
1649	δ -кадинол	0,4	0,3	0,5	0,8	0,5	0,3
1658	α -кадинол	0,7	0,5	0,6	1,1	0,6	0,5
1041	салициловый альдегид	2,8	3,5	3,8	11,2	4,0	1,3
958	бензальдегид	0,3	0,3	0,2	0,5	0,5	0,2
1193	метилсалицилат	28,2	34,1	29,4	38,6	30,0	28,5
1870	бензилсалицилат	0,3	0,3	0,3	0,6	0,3	0,2
1385	β -(<i>e</i>)-дамасценон	1,1	1,0	0,5	0,8	0,8	0,5
Всего		54,4	62,7	54,8	81,7	57,7	52,4

Выход и количественное содержание основных компонентов эфирного масла зависят не только от фазы развития растения, но и подвержены колебаниям в зависимости от экологических факторов – температуры и осадков. С целью количественной оценки погодных условий в разные годы нами был вычислен гидротермический коэффициент экстремальности ($k_{\text{экстр}}$) (табл. 2), который представляет собой отношение средней температуры (t °C) месяцев вегетации до сбора (май-август) к среднему количеству осадков, выпавших в эти месяцы (мм) (табл. 2):

$$k_{\text{экстр}} = \frac{\text{Среднемесячная температура за май+июнь+июль+август.}}{\text{Сумма осадков за май+июнь+июль+август}}$$

Таблица 2

Зависимость выхода эфирного масла из соцветий *F. ulmaria* от гидротермического коэффициента экстремальности

Год сбора	Средняя температура с мая по август, °C	Среднее количество выпавших осадков с мая по август, мм	Гидротермический коэффициент экстремальности, $k_{\text{экстр}}$.	Выход эфирного масла в расчете на воздушно-сухое сырье, %
2009	14,75	80,0	0,18	0,28
2010	14,80	55,5	0,27	0,42
2011	15,65	62,5	0,25	0,38
2012	16,28	44,5	0,37	0,54
2013	14,40	85,75	0,17	0,25
2014	14,60	96,5	0,15	0,23

Сравнение выхода эфирного масла соцветий *F. ulmaria* при сборе сырья в одно и то же время в одной и той же популяции в течение шести лет показывает, что с увеличением коэффициента экстремальности выход эфирного масла возрастает (рис. 1).

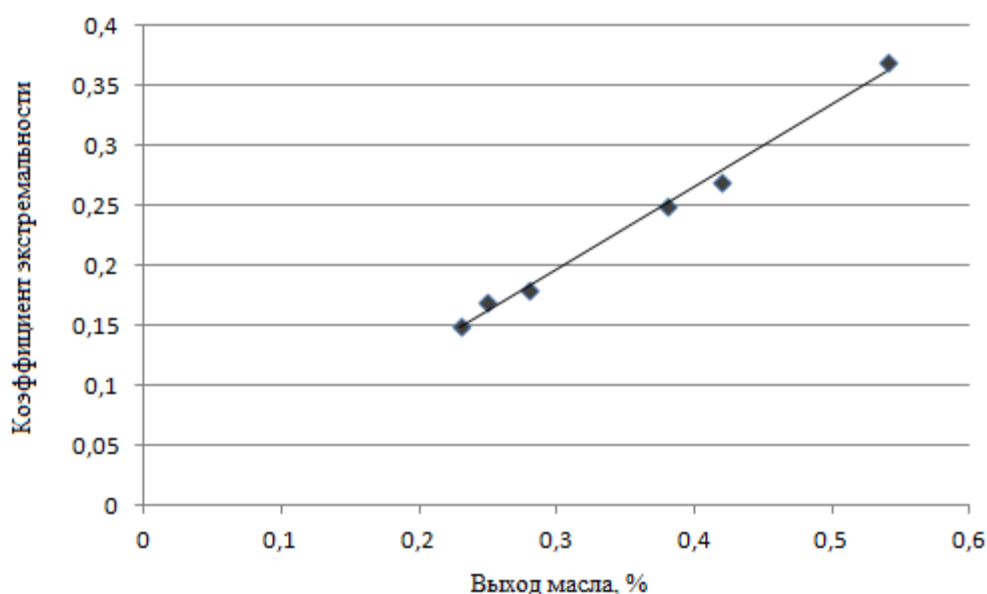


Рис. 1. Зависимость выхода эфирного масла от коэффициента экстремальности

Анализ данных, представленных в табл. 1, подтверждает зависимость компонентного состава от года сбора, а учитывая индивидуальные для каждого года температурно-влажностные характеристики, позволяет сделать вывод о зависимости состава от метеорологических факторов места произрастания растения (рис. 2).

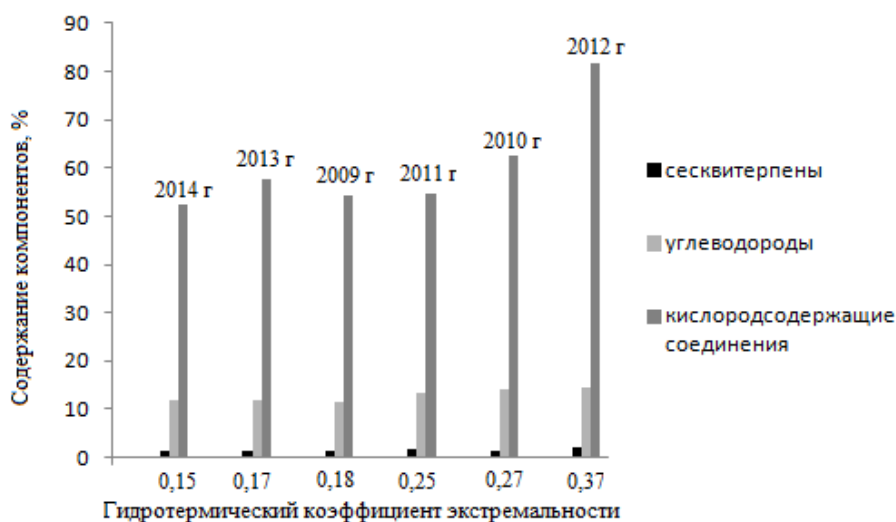


Рис. 2. Изменение состава эфирного масла соцветий *F. ulmaria* в зависимости от метеорологических факторов за период эксперимента

Качественный состав основных составляющих эфирного масла *F. ulmaria* в разные годы вне зависимости от изменения экологических факторов остается постоянным, хотя и изменяется их количественное содержание. По мере усиления экстремальности погодных условий содержание углеводов и особенно

кислородсодержащих соединений возрастает, а содержание сесквитерпенов остается практически на прежнем уровне.

В то же время в составе эфирного масла имеются соединения (салициловый альдегид, метилсалицилат), содержание которых подвержено заметным колебаниям в зависимости от изменения метеорологических факторов (рис. 3). Видимо это обусловлено не только влиянием температуры и количеством осадков, но и сложными биохимическими процессами взаимных превращений указанных соединений.

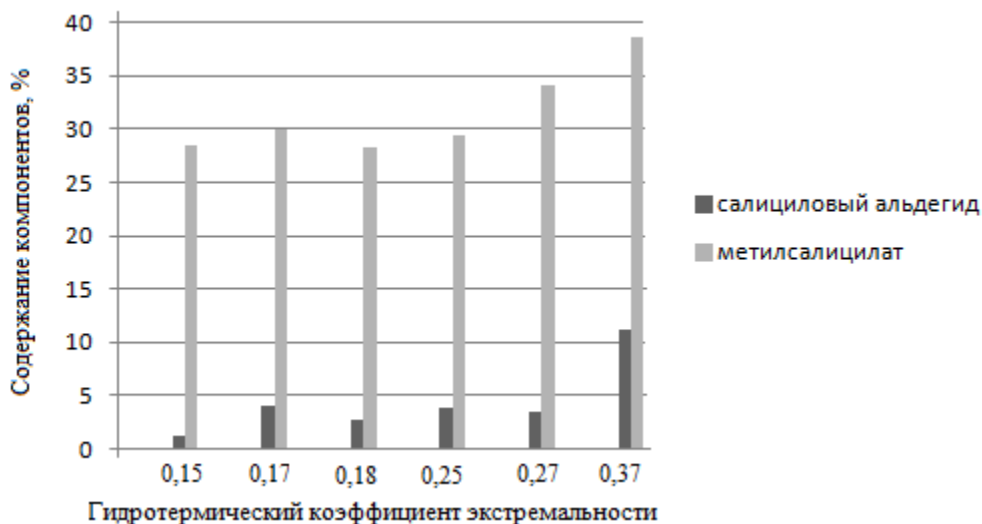


Рис. 3. Влияние метеорологических факторов на содержание салицилового альдегида и метилсалицилата

Для территории Красноярского края летний период 2012 года был жарким и сухим, в это время содержание кислородсодержащих соединений в эфирном масле составило 81 %. Скорее всего эти изменения носят приспособительный характер к условиям недостатка влаги за счет усиления биологической активности эфирного масла. В данный период отмечено высокое содержание салицилового альдегида и метилсалицилата, компонентов, обладающих противовоспалительной активностью.

Заключение. Таким образом, по мере роста экстремальности погодных условий происходит увеличение выхода эфирного масла, выделенного из соцветий *F. ulmaria*. Недостаток влаги в летний период способствует окислительным процессам, о чем свидетельствует увеличение содержания в эфирном масле кислородсодержащих соединений. С недостатком влаги авторы склонны связать увеличение содержания в масле хамазулена.

Литература

1. Зыкова И.Д., Ефремов А.А. Компонентный состав эфирного масла стеблей, листьев и соцветий *Filipendula Ulmaria* (L.) Maxim // Химия растительного сырья. – 2011. – № 4. – С. 99–102.
2. Зыкова И.Д., Ефремов А.А. Состав эфирного масла надземной части *Filipendula Ulmaria* (Rosaceae) в разных фазах развития растения // Растительные ресурсы. – 2012. – № 3. – С. 368–374.
3. Фотосинтез и продукционный процесс. – М.: Наука, 1948. – 420 с.
4. Савчук Л.П. Эфирномасличные культуры и климат. – Л.: Гидрометеоиздат, 1977. – 102 с.
5. Королюк Е.А., Покровский Л.М., Ткачев А.В. Химический состав эфирного масла представителей рода *Gallatella* Cass. (Asteraceae Dumont) из Западной Сибири // Химия растительного сырья. – 2002. – № 1. – С. 5–18.
6. Королюк Е.А., Ткачев А.В. Эфирное масло из двух видов *Schizonepeta*, произрастающих в Горном Алтае // Химия растительного сырья. – 2002. – № 1. – С. 53–56.
7. Белоусова Н.И., Хан В.А., Ткачев А.В. Химический состав эфирного масла багульников // Химия растительного сырья. – 1999. – № 3. – С. 5–38.

8. Филлипова Г.В. Роль экологических факторов в накоплении биологически активных веществ растениями Якутии: дис. ... канд. биол. наук. – Якутск, 2003. – 180 с.
9. Гуськова И.Н. Губоцветные Горного Алтая как источник получения эфирных масел. – Томск, 1970. – 22 с.
10. McLafferty F.W. The Wiley. NBS Registry of Mass Spectral Data; Wiley. – London, 1989.
11. Ткачев А.В. Исследование летучих веществ растений. – Новосибирск: Наука, 2008.



УДК 504.3.054

Л.В. Уфимцева, Н.С. Антипова, Е.Е. Кольцова

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НАНОЧАСТИЦ ПЫЛИ В ВОЗДУХЕ СЕЛИТЕБНОЙ ТЕРРИТОРИИ ХАБАРОВСКА ПОД ВЛИЯНИЕМ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ

В статье приведены результаты распределения наночастиц пыли по размерам в зависимости от уровня техногенной нагрузки селитебной территории города Хабаровска с применением фотонно-корреляционного анализа на анализаторе размеров частиц «Nanotrac-151». Представлены результаты оценки средних диаметров частиц через двое и четырнадцать суток после осадков. Выявлены тенденции распределения наночастиц под влиянием атмосферных осадков.

Ключевые слова: наночастицы, мелкодисперсные фракции, фотонно корреляционная спектроскопия, атмосферные осадки, анализатор размеров частиц «Nanotrac-151».

L.V. Ufimtseva, N.S. Antipova, E.E. Koltsova

THE DUST NANOPARTICLE DISTRIBUTION IN THE AIR OF KHABAROVSK RESIDENTIAL TERRITORY UNDER THE ATMOSPHERIC PRECIPITATION INFLUENCE

The results of the dust nanoparticle distribution according to the size depending on the anthropogenic load level of Khabarovsk city residential territory with the application of the photon-correlation analysis in the particlesizeanalyzer "Nanotrac-151" are given in the article. The assessment results of the average particle diameter in two and fourteen days after the precipitation are presented in the article. The trends in the nanoparticle distribution under the atmospheric precipitation influence are identified.

Key words: nanoparticles, fine-dispersed fractions, photon-correlation spectroscopy, atmospheric precipitation, particle size analyzer «Nanotrac-151».

Введение. Вопросы запыленности городской среды тесно связаны с проблемами состояния здоровья жителей крупных мегаполисов и преимущественно рассматриваются во взаимосвязи с вопросами влияния различных производств на состояние урбоэкосистем промышленных зон [1, 2, 3]. Анализ литературных данных показал, что вопросы фракционного состава городской пыли, распределения мелкодисперсных фракций в воздухе селитебных и рекреационных зон изучаются недостаточно. Тем не менее для крупных городов эти проблемы актуальны в связи большой концентрацией жителей именно в этих зонах [1, 2, 4, 5, 6, 7].

Серьезную опасность для здоровья горожан представляют мелкодисперсные фракции пыли городской среды в связи с высокой способностью адсорбировать органические и неорганические высокотоксичные соединения и, прежде всего, бенз(а)пирен, являющийся потенциальным канцерогеном [1, 4, 8]. Проникая в легкие человека, мелкодисперсные частицы пыли способны вызывать такие заболевания, как бронхиальная астма, пылевые бронхиты, пневмокониозы [1]. Характер воздействия пыли зависит от таких факторов, как форма пылинок, ее дисперсность, химический состав. Дисперсность играет большую роль при гигиенической оценке пыли. Размер пыльных частиц существенно влияет на длительность пребывания их во взвешенном состоянии в воздухе, глубину проникновения в дыхательные пути, физико-химическую активность и другие свойства. В спокойном воздухе значительно быстрее оседают пылинки размером 10 мкм и более. Пылинки размером менее 10 мкм оседают медленно и вместе с вдыхаемым воздухом попадают на слизистую оболочку дыхательных путей и частично оседают там. А пылинки размером менее 5 мкм легко попадают в легкие [1, 2, 4, 5].