

УДК 547.913:581.13:582.71

ВЗАИМОСВЯЗЬ МИКРОЭЛЕМЕНТНОГО СТАТУСА И КОМПОНЕНТНОГО СОСТАВА ЭФИРНОГО МАСЛА РАСТЕНИЙ РОДА ЛАБАЗНИК

© Д.С. Круглов^{1*}, М.Ю. Круглова¹, Д.Н. Оленников²

¹ Новосибирский государственный медицинский университет, Красный проспект, 52, Новосибирск, 630091 (Россия), e-mail: kruglov_ds@mail.ru

² Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, ул. Сахьяновой, 6, Улан-Удэ, 670047 (Россия)

В работе было проведено исследование взаимосвязи микроэлементного статуса и компонентного состава эфирного масла на примере растений рода *Filipendula*. Объектами исследования служили растения рода лабазник (*F. angustiloba* Maxim., *F. camtschatica* Maxim., *F. denudata* Fritsch., *F. glaberrima* Nakai, *F. intermedia* Juz., *F. palmata* Maxim., *F. picbaueri* Smejkal, *F. ulmaria* Maxim., *F. vulgaris* Moench.), произрастающие в Евразии. Методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой было определено содержание 59 микроэлементов. Компонентный состав эфирного масла из исследуемых растений определялся методом газовой хроматографии с масс-спектрометрическим анализом. В результате было установлено, что компонентный профиль летучих компонентов эфирного масла представлен 19 соединениями фенольной и терпеноидной природы. Для анализа полученных результатов был использован кластерный анализ и построены дендрограммы распределения исследуемых растений по кластерам по их микроэлементному статусу и компонентному составу эфирных масел. В результате было установлено, что и микроэлементный статус, и компонентный состав эфирного масла хорошо коррелируют между собой и с систематическим положением исследуемых видов по общепринятым в систематике морфологическим признакам. Таким образом, микроэлементный статус растения и компонентный состав продуцируемого им эфирного масла являются взаимозависимыми и видоспецифичными.

Ключевые слова: микроэлементы, эфирное масло, кластерный анализ, виды рода *Filipendula*.

Введение

Микроэлементы необходимы растительному организму в качестве или прямых катализаторов и инициаторов начального этапа биосинтеза различных метаболитов или в качестве простетических компонентов различных ферментов, регулирующих такой биосинтез [1, 2]. В свою очередь, биологически активные вещества, продуцируемые растительным организмом в процессе метаболизма, следует разделять на соединения первичного, или основного, и видоспецифичного (вторичного) метаболизма [3]. Если вещества основного метаболизма обеспечивают собственно рост и развитие растительного организма и являются универсальными для всех растительных организмов, то вещества видоспецифичного метаболизма суть индивидуальны для каждого вида и определяют приспособляемость вида к условиям произрастания. Поглощение микроэлементов из почвы в основном происходит активным путем по симпласту с использованием различных белков-переносчиков элементов через плазмолемму [4]. По апопласту путем пассивной диффузии за счет капиллярного эффекта поглощается не более 5% элементного состава [5]. В свою очередь, состав белков-переносчиков и их активность определяются естественно тоже генотипом вида [6]. В работе [7] было пока-

Круглов Дмитрий Семенович – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой фармакогнозии и ботаники, e-mail: kruglov_ds@mail.ru

Круглова Мария Юрьевна – кандидат фармацевтических наук, доцент кафедры фармакогнозии и ботаники, e-mail: kruglov_ds@mail.ru

Оленников Даниил Николаевич – доктор фармацевтических наук, ведущий научный сотрудник, e-mail: kruglov_ds@mail.ru

зано, что элементный состав растений рода *Boraginaceae*, собранных на территории Африки и Евразии и произрастающих на почвах с заведомо различными характеристиками, зависит, главным образом, от генотипа вида. Таким образом, можно с высокой степенью вероятности сделать предположение о некоем гомеостазе микроэлементного

* Автор, с которым следует вести переписку.

состава [8], который следует характеризовать термином «микроэлементный статус» и который определяется генотипом вида и обуславливает его адаптивную способность к почвенным условиям произрастания.

С другой стороны, растениям необходим определенный микроэлементный статус, который позволяет синтезировать органические видоспецифичные метаболиты, обеспечивающие приспособляемость растений к другим факторам мест произрастания [9, 10]. Весьма интересны в этом плане такие видоспецифичные метаболиты, как эфирные масла, представляющие многокомпонентные смеси летучих индивидуальных соединений главным образом изопреноидной природы. Компонентный состав эфирного масла широко используется для хемосистематики эфирно-масличных растений в первую очередь по доминантным компонентам [11, 12].

Цель данной работы – исследование взаимосвязи микроэлементного статуса и компонентного состава эфирного масла на примере растений рода *Filipendula*, которые используются в фитотерапии различных заболеваний.

Экспериментальная часть

В качестве объектов исследования были использованы верхушечные побеги растений рода лабазник, собранные в фазе цветения (табл. 1). Собранное сырье высушивалось и измельчалось. В дальнейшем образцы сырья для анализа подвергались разложению смесью кислот с использованием систем микроволновой пробоподготовки [13]. Содержание микроэлементов (табл. 2) определялось методом масс-спектропии с индуктивно связанной плазмой на приборе «ELAN-DRC» [14].

С целью получения наиболее адекватной информации о компонентном составе эфирных масел в качестве метода экстракции летучих компонентов был выбран метод твердофазной экстракции на проволоке-адсорбенте [15]. Преимуществом данного метода является полное устранение явления термогидролитического разрушения терпеновых и фенольных соединений, а также образования артефактных соединений. Газовую хроматографию, совмещенную с масс-спектрометрическим анализом, проводили с использованием хромато-масс-спектрометра 6890N, соединенного с МС-квадрольным детектором 5973N [16]. Для идентификации использовались библиотеки масс-спектров, а также проводилось сравнение времени удерживания с таковыми для стандартных образцов.

В результате было установлено, что компонентный профиль летучих компонентов, образующих эфирное масло цветков видов *Filipendula*, представлен четырьмя основными группами органических соединений, в том числе фенолы, моно- и сесквитерпены и алифатические соединения, что хорошо согласуется с приведенными данными в [17, 18]. Доминантные компоненты группы фенолов – это метилсалицилат и салициловый альдегид, на долю которых приходится более 50% массы эфирного масла. Учитывая, что алифатические соединения являются компонентами основных метаболитов, которые «a priori» не обладают видоспецифичными свойствами и близки для различных видов одного рода, в расчет принимались соединения видоспецифичного метаболизма. Относительные содержания соединений фенольной и изопреноидной природы приведены в таблице 3.

Таблица 1. Объекты исследования

№ пп	Вид растения	Место сбора	LAT	LON
1	<i>F. angustiloba Maxim</i>	Забайкальский край, Шилкинский район, окрестности г. Шилка, опушка листовенного леса	51°81'71"	116°07'47"
2	<i>F. camtschatica Maxim.</i>	Камчатский край, окрестности г. Елизово, заливной луг	53°13'29"	158°49'81"
3	<i>F. denudata Fritsch.</i>	Ленинградская область, Гатчинский район, окрестности д. Кремено, заболоченный луг	59°35'81"	30°29'21"
4	<i>F. glaberrima Nakai</i>	Приморский край, окрестности пос. Горные Ключи, листовенный лес	45°23'72"	133°50'93"
5	<i>F. intermedia Juz.</i>	Забайкальский край, окрестности г. Нерчинск, остепененный луг	51°90'53"	116°56'52"
6	<i>F. palmata Maxim.</i>	Республика Бурятия, окрестности г. Северобайкальска, заливной луг	55°60'78"	109°34'17"
7	<i>F. picbaueri Smejkal.</i>	Новосибирской область, Сузунский район, окрестности пос. Сузун, степь	53°77'08"	82°28'07"
8	<i>F. ulmaria Maxim.</i>	Новосибирская область, Тогучинский район, окрестности пос. Плотниково, заливной луг	55°23'65"	84°36'92"
9	<i>F. vulgaris Moench.</i>	Новосибирская область, Тогучинский район, окрестности пос. Горный, остепененный луг	55°08'69"	83°87'38"

Таблица 2. Содержание микроэлементов в исследуемых растениях (мкг/г), в пересчете на а.с.с.

Элемент	Вид растения								
	<i>F. camschatica</i>	<i>F. glaberrima</i>	<i>F. palmata</i>	<i>F. angustiloba</i>	<i>F. intermedia</i>	<i>F. denudata</i>	<i>F. picbaueri</i>	<i>F. ulmaria</i>	<i>F. vulgaris</i>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Li	0.58	2.31	3.9	1.02	1.43	1.59	6.83	20.0	2.78
Be	0.0037	0.0023	0.001	0.0068	0.00996	0.001	0.0084	0.001	0.001
B	28.5	24.4	21.0	49.5	73.3	33.6	39.3	27.0	43.8
Na	648.0	349.3	21.0	1195.6	1673.6	10.2	39.0	16.0	32.8
Mg	6139.0	5528.5	5251.0	11919.1	15944.2	4073.0	3400.0	2587.0	4251.0
P	3776.0	3777.2	3960.0	6452.9	9521.4	4110.0	3886.0	2513.0	3985.0
K	17609.0	16032.2	17082.0	35574.7	40903.3	15893.0	16119.0	18699.0	16484.0
Ca	9216.0	7015.6	5949.0	19204.6	21377.5	6880.0	5568.0	6138.0	4850.0
Ti	1.82	1.86	2.2	3.72	4.29	2.26	3.88	1.5	7.42
V	0.16	1.63	2.9	0.33	0.44	0.4	0.71	2.5	0.34
Cr	2.16	2.61	2.8	4.91	5.72	3.17	4.04	1.8	2.48
Mn	121.0	277.5	466.0	223.6	307.6	117.0	52.7	466.0	57.3
Fe	93.0	119.8	157.0	190.1	211.2	90.4	97.4	96.0	133.0
Co	0.36	0.58	0.76	0.78	0.91	0.17	0.14	0.07	0.18
Ni	1.38	3.57	6.20	2.85	3.7	5.13	5.94	0.87	9.05
Cu	8.4	7.2	6.0	15.5	19.8	9.2	7.6	7.7	6.8
Zn	30.3	27.9	24.0	56.1	75.4	33.7	24.8	24.0	31.0
Ga	0.043	0.064	0.096	0.078	0.118	0.035	0.04	0.024	0.046
Ge	0.008	0.006	0.003	0.014	0.019	0.006	0.003	0.001	0.003
As	0.18	1.12	2.1	0.35	0.44	0.26	0.47	1.0	0.28
Se	0.49	0.41	0.38	0.89	1.31	0.004	0.23	0.36	0.16
Br	49.3	50.2	58.0	100.3	114.3	2.9	5.0	24.0	32.2
Rb	32.2	45.9	59.0	67.6	76.7	14.4	37.0	3.2	24.5
Sr	34.6	36.0	33.0	79.4	77.3	5.1	12.2	20.0	2.6
Y	0.05	0.028	0.013	0.102	0.123	0.013	0.018	0.01	0.035
Zr	0.023	0.04	0.061	0.051	0.06	0.15	0.084	0.031	0.16
Nb	0.011	0.009	0.009	0.018	0.025	0.005	0.007	0.009	0.016
Mo	0.46	0.48	0.54	0.95	1.15	1.15	0.21	1.2	0.95
Ag	0.039	0.021	0.004	0.082	0.095	0.0078	0.0061	0.008	0.0001
Cd	0.034	0.037	0.045	0.076	0.079	0.063	0.03	0.012	0.049
Sn	0.11	0.46	0.78	0.24	0.25	0.02	0.02	0.81	0.003
Sb	0.025	0.014	0.004	0.055	0.06	0.008	0.009	0.018	0.015
I	0.13	0.082	0.041	0.24	0.33	0.01	0.012	0.17	0.01
Cs	0.4	0.24	0.067	0.73	1.03	0.007	0.041	0.007	0.015
Ba	25.1	41.2	54.0	51.0	58.2	24.3	18.5	37.0	4.3
La	0.070	0.054	0.046	0.13	0.18	0.027	0.023	0.024	0.048
Ce	0.036	0.059	0.088	0.062	0.079	0.035	0.048	0.053	0.086
Pr	0.009	0.008	0.007	0.02	0.023	0.005	0.005	0.005	0.011
Nd	0.033	0.03	0.028	0.058	0.076	0.016	0.017	0.02	0.037
Sm	0.009	0.005	0.002	0.016	0.022	0.003	0.004	0.004	0.006
Eu	0.001	0.005	0.008	0.002	0.003	0.0001	0.001	0.006	0.002
Gd	0.009	0.015	0.02	0.017	0.023	0.003	0.004	0.02	0.01
Tb	0.005	0.003	0.001	0.012	0.014	0.001	0.001	0.005	0.001
Dy	0.005	0.008	0.01	0.010	0.012	0.002	0.003	0.01	0.006
Ho	0.001	0.003	0.005	0.002	0.003	0.001	0.001	0.005	0.001
Er	0.002	0.005	0.008	0.004	0.005	0.001	0.002	0.008	0.003
Tm	0.0023	0.0025	0.003	0.0052	0.0053	0.0003	0.0002	0.003	0.0005
Yb	0.0004	0.0052	0.01	0.0008	0.001	0.0008	0.0009	0.01	0.002
Lu	0.0004	0.0025	0.01	0.0008	0.001	0.0002	0.0003	0.005	0.0005
Hf	0.0004	0.0031	0.006	0.0009	0.001	0.0021	0.0013	0.006	0.0013
Ta	0.0081	0.0074	0.006	0.015	0.019	0.0002	0.0004	0.006	0.0009
W	0.8	0.41	0.01	1.66	2.02	0.025	0.0054	0.058	0.026
Au	0.02	0.011	0.0001	0.041	0.056	0.005	0.005	0.003	0.005

Окончание таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Hg	0.042	0.021	0.0001	0.091	0.092	0.001	0.002	0.003	0.001
Tl	0.0064	0.013	0.019	0.0126	0.017	0.0011	0.0015	0.001	0.001
Pb	0.22	0.19	0.17	0.39	0.53	0.044	0.22	0.34	0.23
Bi	0.011	0.0069	0.003	0.023	0.029	0.0024	0.0018	0.004	0.002
Th	0.0018	0.0054	0.01	0.0031	0.0046	0.0034	0.0063	0.003	0.011
U	0.012	0.0079	0.005	0.023	0.03	0.001	0.0025	0.002	0.0025

Таблица 3. Нормированное содержание компонентов в эфирном масле исследуемых видов, %

Соединение	Линейный индекс удерживания, RI	Вид растения								
		<i>F. camtschatica</i>	<i>F. glaberrima</i>	<i>F. palmata</i>	<i>F. angustiloba</i>	<i>F. intermedia</i>	<i>F. denudata</i>	<i>F. picbaueri</i>	<i>F. ulmaria</i>	<i>F. vulgaris</i>
Бензальдегид	956	0.93	0.96	1.38	1.17	1.26	3.62	4.22	2.93	2.39
Бензиловый спирт	1031	0.52	0.21	0.32	0.35	0.69	3.39	3.2	1.78	0.53
Салициловый альдегид	1043	9.35	13.07	12.45	38.38	40.23	51.86	37.41	45.48	70.08
Линалоол	1098	0.21	0.21	0.32	0.94	1.03	2.49	8.3	2.93	5.72
Этилбензоат	1170	0.31	0.21	0	0.7	0.34	0.9	1.31	0.38	0.4
α -терпинеол	1190	0.31	0.21	0.21	0.82	0.34	1.24	1.31	2.8	1.06
Метилсалицилат	1192	76.74	71.09	69.47	41.55	43.31	23.39	20.67	23.44	2.39
<i>n</i> -мент-1-ен-9-ол	1212	0.1	0.11	0	0.35	0.57	1.02	1.31	0.38	0.53
Гераниол	1252	0.1	0.11	0.11	0.12	0.11	0.56	1.89	0.38	0.27
Этилсалицилат	1386	5.4	6.48	9.89	9.62	6.17	2.71	0.44	1.4	1.2
Ванилин	1400	0	0	0	0.35	0.57	0.34	8.59	1.15	0.4
β -кариофиллен	1429	0.42	0.96	1.17	0.47	1.03	1.69	2.77	2.04	0.8
Гумулен	1455	0.21	0.11	0.32	0.59	0.57	1.47	1.6	1.15	0.4
Гермакрен D	1483	0.21	0.11	0.43	0.47	0.8	1.02	1.75	1.53	0.13
β -ионон	1489	0.21	0.32	0.53	1.06	0.69	2.15	3.93	2.93	1.99
Δ -аморфен	1510	0.31	0.53	0.32	0.35	0.11	0.45	0.44	0.51	0.53
Кариофиллен оксид	1587	0	0	0	0	0.34	0.11	0	0	0
α -азарон	1686	0.1	0.11	0	0.35	0.34	0.23	0.44	0.76	4.26
Бензилсалицилат	1872	4.57	5.21	3.09	2.35	1.49	1.36	0.44	8.03	6.91

Кластерный анализ микроэлементных статусов проводили с использованием пакета прикладных программ «Statistica-8» [19], причем кластеры считались обоснованно различными, если относительное расстояние между ними в *N*-мерном пространстве превышало 20% – т.е. превышало изменчивость содержания микроэлементов по заросли, определенную ранее в размере 15% [14]. Полученное в результате кластерного анализа микроэлементного статуса иерархическое дерево приведено на рисунке 1.

Аналогично был проведен кластерный анализ результатов определения компонентного состава эфирных масел. Построенное иерархическое дерево приведено на рисунке 2.

Обсуждение результатов

В результате анализа дендрограммы на рисунке 1 можно сделать вывод о том, что по микроэлементному статусу исследуемые виды рода *Filipendula* объединены в три кластера:

1 – *F. camtschatica*, *F. glaberrima*, *F. palmata*, *F. angustiloba* и *F. intermedia*

2 – *F. ulmaria*, *F. denudata*, *F. picbaueri*

3 – *F. vulgaris*

Полученное распределение полностью коррелирует с систематическим положением исследуемых видов [20] – они в этом же объеме распределены по под родам – *Aceraria*, *Ulmaria* и *Filipendula* соответственно по общепринятым в классической систематике морфологическим признакам.

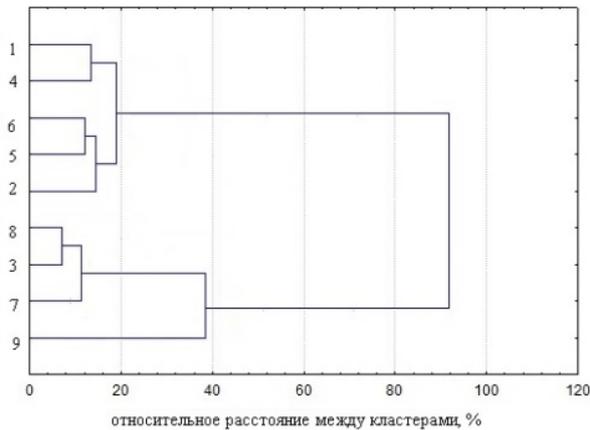


Рис 1. Дендрограмма видов рода *Filipendula* по микроэлементному статусу

1 – *F.angustiloba*; 2 – *F. camtschatica*; 3 – *F. denudata*; 4 – *F.glaberrima*; 5 – *F.intermedia*; 6 – *F. palmata*; 7 – *F. picbaueri*; 8 – *F. ulmaria*; 9 – *F.vulgaris*

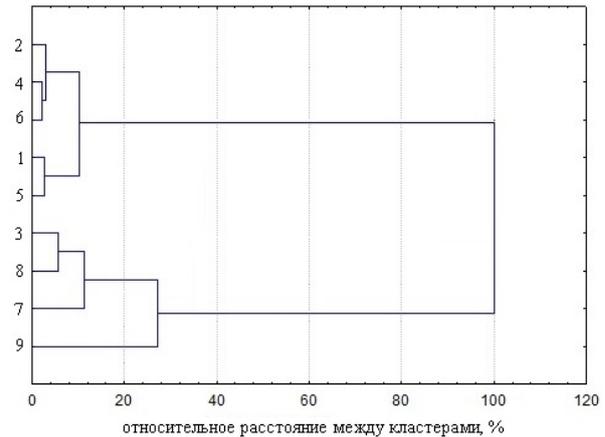


Рис 2 Дендрограмма видов рода *Filipendula* по компонентному составу эфирного масла

1 – *F.angustiloba*; 2 – *F. camtschatica*; 3 – *F. denudata*; 4 – *F.glaberrima*; 5 – *F.intermedia*; 6 – *F. palmata*; 7 – *F. picbaueri*; 8 – *F. ulmaria*; 9 – *F.vulgaris*

Анализ дендрогаммы, построенной по компонентному составу эфирных масел (рис. 2), свидетельствуют о том, что исследованные виды по близости также делятся на три аналогичные группы и, более того, внутри группы 1 наблюдается четкое деление видов согласно систематическому положению: подгруппа 1 (*F. camtschatica*, *F.glaberrima*, *F. palmata*) – секция *Schalameya*, подгруппа 2 (*F.angustiloba* и *F.intermedia*) – секция *Albicoma* [2]. Данные результаты также свидетельствуют о правильности систематической картины рода, основанной на компонентном профиле эфирных масел. Сравнивая две дендрогаммы, можно сделать вывод, что и микроэлементный статус, и компонентный состав эфирного масла хорошо коррелируют между собой и с общепринятым в ботанике систематическим положением исследуемых видов.

Вывод

Таким образом, микроэлементный статус растения и компонентный состав продуцируемого им эфирного масла являются взаимозависимыми и видоспецифичными. Большая чувствительность (на уровне более низкого таксона) дендрогаммы, построенной по результатам кластерного анализа компонентного состава эфирного масла свидетельствует о вкладе в биосинтез видоспецифичных метаболитов и иных, помимо состава почвы, факторов произрастания, при этом, конечно, доминантным фактором очевидно остается состав почвы.

Список литературы

1. Медведев С.С. Физиология растений. СПб., 2013. 512 с.
2. Niu X.-x., Chen X.-w., Su H., Egrinya Enejí A., Guo Y.-h., Dong X.-h. Changes of Secondary Metabolites and Trace Elements in *Gentiana macrophylla* Flowers: A Potential Medicinal Plant Part // *Chinese Herbal Medicines*. Vol. 6. N2. 2014. Pp.145–151.
3. Круглов Д.С. Биогенетическая классификация растительных биологически-активных соединений // Материалы VII Всероссийской конференции «Новые достижения в химии и химической технологии растительного сырья». Барнаул, 2017. С. 278–280.
4. *Plant Physiology*, eds. L. Taiz, E. Zeiger. 4th Edition Sunderland. Massachusetts, 2006. 705 p.
5. Schmidt W. Iron solution: acquisition strategies and signaling patch-ways in plants // *Trends in Plant Science*. 2003. Vol. 8. Pp. 188–193.
6. Lebaudy A., Very A-A., Sentenac H. K⁺ channel activity in plants: Genes, regulations and functions // *FEBS Letters*. 2007. Vol. 581. Pp. 2357–2366.
7. Круглов Д.С., Овчинникова С.В. Элементный состав растений семейства Boraginaceae // *Растительный мир Азиатской России*. 2012. №1(9). С. 77–95.
8. Kruglov D.S. The estimation of factors defining the trace element structure of plants // *Book of Abstracts 61st International Congress and Annual Meeting of the Society for Medicinal Plant and Natural Product Research in Planta Medica*. 2013. Vol. 79. P. 1357. DOI: 10.1055/s-0033.

9. 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.
10. Зыкова И.Д., Ефремов А.А. Влияние метеорологических факторов на состав эфирного масла соцветий лабазника вязолистного (*Filipendula Ulmaria* (L.) Maxim), произрастающего в Сибирском регионе // Вестник КрасГУ. 2015. №5. С. 45–49.
11. Изотов Д.В. Эфирные масла и водомасляные продукты видов рода *Ledum* L., произрастающих на Дальнем Востоке: автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Хабаровск, 2009. 25 с.
12. Ткачев А.В., Королук Е.А., Юсубов М.С., Гурьев А.М. Изменение состава эфирного масла при разных сроках хранения сырья // Химия растительного сырья. 2002. №1. С. 19–30.
13. МУК 4.1.1483-03. Определение содержания химических элементов в диагностируемых биосубстратах, препаратах и биологически активных добавках методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной аргонной плазмой: методические указания. М., 2003. 36 с.
14. Круглов Д.С. Индивидуальная изменчивость элементного состава надземной части *Pulmonaria mollis* Horn. // Химия растительного сырья. 2010. №1. С. 131–136.
15. Круглова М.Ю. Фитохимическое исследование видов рода *Filipendula* Mill. (Rosaceae), произрастающих в России: автореф. дисс. ... канд. фарм. наук. Улан-Удэ, 2014. 22 с.
16. Оленников Д.Н., Дударева Л.В., Осипенко С.Н., Пензина Т.А. Химический состав эфирных масел *Rhododendron dauricum* L. и *Aureum* L. // Химия природных соединений. 2009. №3. С. 380–381.
17. Grazia Valle M., Nano G.M., Tira S. Das ätherische Öl aus *Filipendula ulmaria* // *Planta Medica*. 1988. Vol. 54(2). Pp. 181–182. DOI: 10.1055/s-2006-962390.
18. Bijttebier S., Van der Auwera A., Voorspoels S., Noten B., Hermans N., Pieters L., Apers S. A First Step in the Quest for the Active Constituents in *Filipendula ulmaria* (Meadowsweet): Comprehensive Phytochemical Identification by Liquid Chromatography Coupled to Quadrupole-Orbitrap Mass Spectrometry // *Planta Medica*. 2016. Vol. 8(6). Pp. 559–572. DOI: 10.1055/s-0042-101943.
19. Круглов Д.С. Кластерный анализ элементного состава растительных объектов // Вестник Уральской медицинской академической науки. 2011. №3/1. С. 65–66.
20. Камелин Р.В. Род *Filipendula* Mill.: Флора Восточной Европы. СПб., 2001. Т. X. С. 314–317.

Поступила в редакцию 23 августа 2018 г.

После переработки 26 сентября 2018 г.

Принята к публикации 11 октября 2018 г.

Для цитирования: Круглов Д.С., Круглова М.Ю., Оленников Д.Н. Взаимосвязь микроэлементного статуса и компонентного состава эфирного масла растений рода лабазник // Химия растительного сырья. 2019. №1. С. 201–207. DOI: 10.14258/jcrpm.2019014335.

Kruglov D.S.^{1*}, Kruglova M.Ju.¹, Olennikov D.N.² INTERRELATION OF THE MICROELEMENT STATUS AND COMPONENT COMPOSITION OF ESSENTIAL OIL TAKEN FROM PLANTS OF FILIPENDULA GENUS

¹ Novosibirsk state medical university, Krasny prospekt, 52, Novosibirsk, 630091 (Russia), e-mail: kruglov_ds@mail.ru

² Institute of Sociology and Experimental Biology Siberian Branch Russian Acad Sci, ul. Sahyanova, 6, Ulan-Ude, 670047 (Russia)

The research of interrelation of the microelement compound of the most widespread species of *Filipendula* (meadow-sweet) genus and component composition of essential oil taken from their has been conducted in present work. Such plants as *F. angustiloba* Maxim., *F. camtschatica* Maxim., *F. denudata* Fritsch., *F. glaberrime* Nakai, *F. intermedia* Juz., *F. palmata* Maxim., *F. picbaueri* Smejkal., *F. ulmaria* Maxim., *F. vulgaris* Moench, growing on Eurasia, were objects of research. The aerial parts of these plants were collected during flowering stage. The content of 59 trace elements was defined by means inductively coupled plasma mass spectroscopy. The component composition of essential oil was determined by method of a gas chromatography with the mass spectrometry. As a result, was established that the component composition of essential oil taken from investigated plants is presented by 19 compounds of the phenolic and isoprene structure. The obtained data was analyzed with using cluster analysis. As a result has been shown that the microelement status and component composition of essential oil well correlate among themselves and with the systematic position of the investigated species which had been determined earlier in classic botany with using the morphological indications. Thus, the microelement status of a plant and component composition of the essential oil produced by it, are interdependent and typical for each species of plant.

Keywords: trace elements, essential oil, cluster analysis, species of *Filipendula* genus.

References

1. Medvedev S.S. *Fiziologiya rasteniy*. [Plant physiology]. St. Petersburg, 2013, 512 p. (in Russ.).
2. Niu X.-x., Chen X.-w., Su H., Egrinya Eneji A., Guo Y.-h., Dong X.-h. *Chinese Herbal Medicines*, vol. 6, no. 2, 2014, pp.145–151.
3. Kruglov D.S. *Materialy VII Vserossiyskoy konferentsii «Novyye dostizheniya v khimii i khimicheskoy tekhnologii rastitel'nogo syr'ya»*. [Materials of the VIIth All-Russian Conference "New advances in chemistry and chemical technology of plant materials"]. Barnaul, 2017, pp. 278–280. (in Russ.).
4. *Plant Physiology*, eds. L. Taiz, E. Zeiger. 4th Edition Sunderland. Massachusetts, 2006, 705 p.
5. Schmidt W. *Trends in Plant Science*, 2003, vol. 8, pp. 188–193.
6. Lebaudy A., Very A.-A., Sentenac H. *FEBS Letters*, 2007, vol. 581, pp. 2357–2366.
7. Kruglov D.S., Ovchinnikova S.V. *Rastitel'nyy mir Aziatskoy Rossii*, 2012, no. 1(9), pp. 77–95. (in Russ.).
8. Kruglov D.S. *Book of Abstracts 61st International Congress and Annual Meeting of the Society for Medicinal Plant and Natural Product Research in Planta Medica*, 2013, vol. 79, p. 1357, DOI: 10.1055/s-0033.
9. Zykova I.D., Yefremov A.A. *Rastitel'nyye resursy*, 2012, no. 3, pp. 368–374. (in Russ.).
10. Zykova I.D., Yefremov A.A. *Vestnik KrasGU*, 2015, no. 5, pp. 45–49. (in Russ.).
11. Izotov D.V. *Efirnyye masla i vodomaslyanyye produkty vidov roda Ledum L., proizrastayushchikh na Dal'nem Vostoke: avtoref. diss. ... kand. biol. nauk*. [Essential oils and water-oil products of species of the genus *Ledum L.*, growing in the Far East: Author. diss. ... Cand. biol. sciences]. Khabarovsk, 2009, 25 p. (in Russ.).
12. Tkachev A.V., Korolyuk Ye.A., Yusubov M.S., Gur'yev A.M. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2002, no. 1, pp. 19–30. (in Russ.).
13. MUK 4.1.1483-03. *Opredeleniye soderzhaniya khimicheskikh elementov v diagnostiruyemykh biosubstratakh, preparatakh i biologicheskii aktivnykh dobavkakh metodom mass-spektrometrii s induktivno-svyazannoy argonovoy plazmoy: metodicheskkiye ukazaniya*. [MUK 4.1.1483-03. Determination of the content of chemical elements in diagnosable bio-substrates, preparations, and biologically active additives by inductively coupled argon plasma mass spectrometry: guidelines]. Moscow, 2003, 36 p. (in Russ.).
14. Kruglov D.S. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2010, no. 1, pp. 131–136. (in Russ.).
15. Kruglova M.Yu. *Fitokhimicheskoye issledovaniye vidov roda Filipendula Mill. (Rosaceae), proizrastayushchikh v Rossii: avtoref. diss. ... kand. farm. nauk*. [Phytochemical study of the species of the genus *Filipendula Mill. (Rosaceae)* growing in Russia: Author. diss. ... Cand. farm. sciences]. Ulan-Ude, 2014, 22 p. (in Russ.).
16. Olennikov D.N., Dudareva L.V., Osipenko S.N., Penzina T.A. *Khimiya prirodnikh soyedineniy*, 2009, no. 3, pp. 380–381. (in Russ.).
17. Grazia Valle M., Nano G.M., Tira S. *Planta Medica*, 1988, vol. 54(2), pp. 181–182, DOI: 10.1055/s-2006-962390
18. Bijttebier S., Van der Auwera A., Voorspoels S., Noten B., Hermans N., Pieters L., Apers S. *Planta Medica*, 2016, vol. 8(6), pp. 559–572, DOI: 10.1055/s-0042-101943
19. Kruglov D.S. *Vestnik Ural'skoy meditsinskoy akademicheskoy nauki*, 2011, no. 3/1, pp. 65–66. (in Russ.).
20. Kamelin R.V. *Rod Filipendula Mill.: Flora Vostochnoy Yevropy*. [Genus *Filipendula Mill.: Flora of Eastern Europe*]. St. Petersburg, 2001, vol. X, pp. 314–317. (in Russ.).

Received August 23, 2018

Revised September 26, 2018

Accepted October 11, 2018

For citing: Kruglov D.S., Kruglova M.Ju., Olennikov D.N. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2019, no. 1, pp. 201–207. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcpm.2019014335.

* Corresponding author.

